Automatiske anlæg

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord 3
Direktiver og standarder 5
Relæteknik 9
Styre- og føleorganer 85
PLC systemstruktur 141
PLC digitale input/output 153
PLC analoge input/output 169
PLC logiske kredsløb 177
PLC tids- og tællerfunktioner 201
PLC flip-flop funktioner 211
PLC sekvensteknik 215
Regulering 241
Frekvensomformere 263
Softstartere 281
Maskinens sikkerhedsrelaterede styresystem 289
Projektering 297
Dokumentation 311
EMC 357
Transformere 373
Vekselstrømsmaskiner 391
Jævnstrømsmaskiner 507
Pneumatik 525
Hydraulik 555
Stikordsregister 565

 © EVU

Forord

Automatiske Anlæg er en elteknisk grundbog i styring og regulering, som anvendes i erhvervsuddannelsen og efteruddannelsen af elektrikere. Vores erfaring viser, at også beslægtede elfaglige uddannelser med stort udbytte kan anvende den, som opslagsbog.

Bogen er derfor opdelt i afsnit med afgrænsede tekniske emner, hvor hovedvægten er lagt på gennemgang af PLC-området, men også projektering, dokumentation, EMC, pneumatik og hydraulik behandles indgående. Et veludbygget stikordsregister sikrer læseren en hurtig adgang til specifikke emner, som han/hun ønsker at vide mere om.

Automatiske Anlæg udkom første gang i slutningen af 70´erne, og er siden blevet revideret og opdateret, for at den kan stå mål med moderne undervisning og den tekniske udvikling og lovgivning på området.

Revisionen af 8. udgave er venligst udført af elfaglærerne Erik Arvesen, Erik Kristiansen, Henning Nør, Peter Wittendorff og Per Byskov. Herudover har Per Juul, Funktionssikre - maskiner Aps, kvalisikret bogen i forhold til de direktiver og standarder, som gælder for maskinanlæg.

Korrekturlæsning og brugerkorrektur er venligst udført af Lars Jørgen Olsen, Tim Callesen, Kristian Halkjær, Mouloud Boufercha, Jacob Nielsen og Anton Leisgaard.

Med venlig hilsen
EVU

© EVU

FORORD

 © EVU

Inden man begynder at designe et automatisk anlæg, er der en del overvejelser, man skal gøre. Et automatisk anlæg, som det er omfattet af denne håndbog, er et maskinanlæg eller en del af et maskinanlæg.

Dermed er det fastslået, at de regelsæt, der gælder for maskinanlæg træder i kraft.

I skrivende stund er det 37/98/EF der er det gældende Maskindirektiv, og fra 29. dec. 2009 er det 42/2006/EF, der er gældende.

Maskindirektivet

Om det er det ene eller det andet direktiv, der er gældende, betyder ikke det store. Der bliver godt nok i disse dage sagt og skrevet en del om de omvæltninger, som er i vente, men i det store og hele har de to direktiver den samme betydning: At iværksætte kravene i Bilag 1 om de væsentlige sundheds- og sikkerhedsmæssige krav til maskiner.

Maskindirektivet i såvel ny som gammel udgave fylder ikke alverden og er let læselig for folk, som beskæftiger sig med maskinfabrikation og dermed tekniske dokumenter med videre. Så der er ikke nogen undskyldning: Så lær det dog!

Hvis man ikke forstår Maskindirektivet har man ingen chance for at anvende og forstå de harmoniserede, europæiske standarder - og da slet ikke de europæiske og internationale standarder, som ikke er harmoniseret.

Produktansvarsdirektivet

Produktansvarsdirektivet blev dansk lov i 1985, og erfaringerne har vist, at alle de maskiner, som er produceret og markedsført siden 1985, er omfattet af direktivet - uanset fraskrivelse af ansvar i leveringsbetingelserne - uanset udløb af garanti - uanset udløb af produktansvar.

Det betyder, at alle de fejl, som vi har begået siden, ligger i "sparekassebogen" og venter på, at en ulykke skal ske.

© EVU

De internationale standarder

De internationale kan groft deles op i to grupper:

- De internationale ISO-standarder og IEC-standarder
- De europæiske EN-standarder fra CEN og CENELEC

Gældende for begge typer:

- De er godkendte aftalegrundlag for en handel mellem to parter over en landegrænse.
- De er udtryk for state of the art (tidens tekniske udviklingsniveau)

De harmoniserede standarder

De harmoniserede, europæiske standarder er europæiske standarder, som har opnået harmonisering i forhold til et bestemt direktiv. I denne håndbog betyder harmoniseret standard herefter en standard, som har opnået harmonisering under Maskindirektivet.

I visse situationer kan der være behov for standarder, som er harmoniseret under EMC-direktivet og ATEX direktivet, men så er det nævnt.

Når en standard er harmoniseret under Maskindirektivet betyder det, at dele af standarden sætter brugeren i stand til at overholde dele af Maskindirektivet. I visse standarder kan man direkte læse i et anneks, hvilke dele af Maskindirektivet som er overholdt, men det er ikke muligt at læse, hvilke dele af standarden som skal anvendes for at overholde disse dele af Maskindirektivet.

Valg, fravalg og modificering.

Det betyder, at man er nødt til et kende Maskindirektivet så godt, at man er i stand til at vælge og fravælge i standardens indhold og endda være i stand til at foretage modificeringer i indholdet, hvis der ikke findes løsninger på alle de problemsæt, man har gang i.

© EVU

Standarderne som aftalegrundlag

De internationale standarder er godkendte aftalegrundlag. Det betyder, at hvis der i en handel betingelsesløst er henvist til en given standard, så er alt det i standarden, som kunne være relevant for en given maskine, omhandlet af aftalen. Det er derfor meget vigtigt at foretage de valg og fravalg, som er relevante i forhold til opgaven for ikke senere at komme til at hænge på mangler i forhold til leverancen.

© EVU

 © EVU

Relæteknik

I dette afsnit behandles virkemåde, dimensionering samt mærkning efter gældende standarder for typiske komponenter af typerne:

Kontaktorer
Motorbeskyttelsesrelæer
Hjælperelæer
Tidsrelæer
Specielle relæer
Solid state relæer

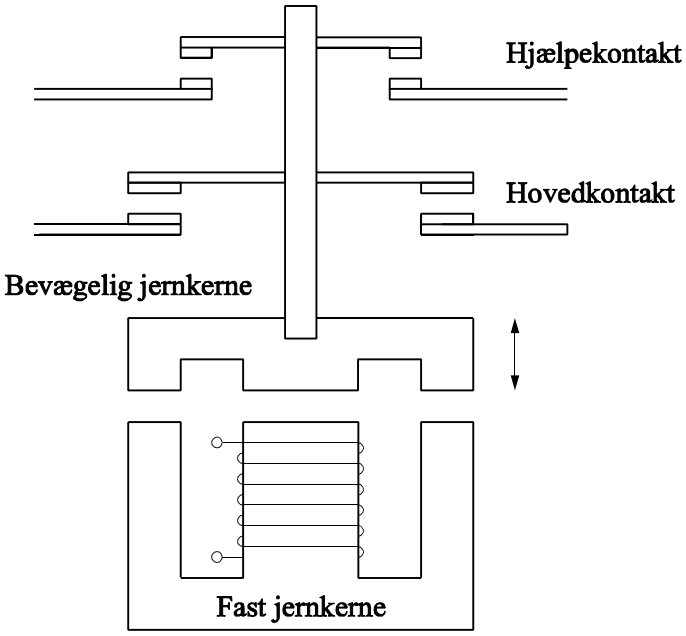
Endvidere gives der nogle eksempler på anvendelse af disse komponenter i forskellige sammenhænge.

Opbygning og virkemåde

En kontaktor er et elektromagnetisk relæ, hvis opgave er at virke som afbryder. Desuden kan kontaktoren betragtes som et forstærkerelement. Ved hjælp af en relativ lille styrestrøm er det muligt at tilkoble en mange gange større arbejdsstrøm.

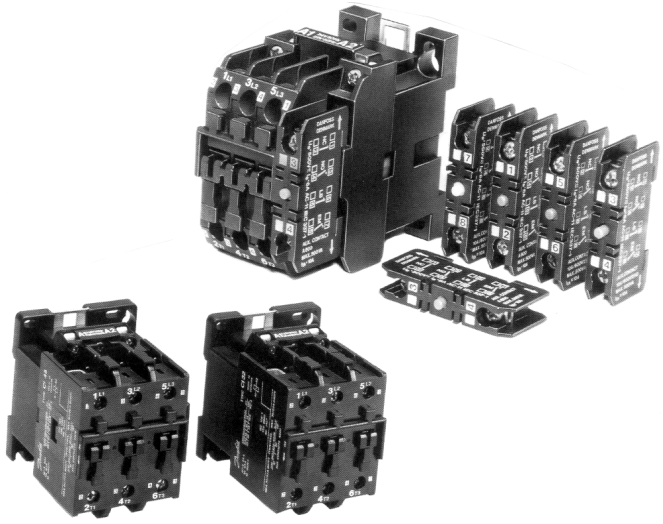
Alle kontaktorer består af to jernkerner, en fast kerne og en bevægelig kerne.

Til den bevægelige kerne er der fastgjort en eller flere kontakter, som er elektrisk isoleret fra kernen og hinanden.



© EVU

I nogle tilfælde er hjælpekontakter en del af en kontaktor, og i andre tilfælde fås kontaktorsystemet med løse hjælpekontakter, som med en fjederanordning kan monteres på den egentlige kontaktor. Dette giver en god fleksibilitet, når man kan montere det antal og den art af kontakter, man har brug for. Det i eksemplet viste kontaktorsystem er fremstillet med hjælpekontakter i blokke, på ét sæt kontakter. Mange systemer har også specialfunktioner i hjælpekontakterne.



Tvangsførte kontaktorer

Kontaktorer skal først og fremmest dimensioneres og udvælges, så de kan løse den aktuelle elektriske opgave. Dette gøres bedst i overensstemmelse med DS/EN 60204-1:2006 samt tilhørende håndbøger.

Hvis den pågældende kontaktor udgør en del af maskinens sikkerhedsrelaterede styresystem, er der forøgede krav til den (se den sikkerhedsrelaterede del af styresystemet).

Kontaktorer i den sikkerhedsrelaterede del af styresystemet skal have tvangsførte kontaktsæt, d.v.s. at der skal være interlockning mellem alle kontaktsættene i en kontaktor eller et relæ. Tvangsføring indebærer, at alle kontaktsæt følger hinanden, således at alle sluttefunktioner slutter samtidigt, og alle brydefunktioner bryder samtidigt. Hvis der skulle ske en svejsning i ét

© EVU

kontaktsæt, må de øvrige kontaktsæt ikke kunne aktiveres af spolen.

Stiksokkelrelæer med denne funktion findes kun i meget begrænset omfang (se også stiksokkelrelæers isolationsniveau).

Løse kontaktblokke til kontaktorer kan være i besiddelse af disse egenskaber, men der findes forskellige varianter. Nogle er tvangsførte i den ene retning og andre i den anden, og efterhånden er der også en del, der er tvangsført i begge retninger - men der er ingen selvfølgeligheder forbundet med disse komponenter. Læs leverandørens datablad grundigt - her gælder om nogen steder kravet om at følge leverandørens datablad. Hvis dette medfører, at komponenten ikke lever op til opgaven, så må der vælges en anden.

Disse begreber må absolut ikke forveksles med begrebet tvangsbrydning, som er gældende for de anvendte tvangsførte endestopkontakter.

Isolationsniveauet

I DS/EN 60204-1:2006 afsnit 6.4.1 c

Det er beskrevet, at kravet til adskillelsen mellem en PELV kreds og andre kredse skal være lige så god som adskillelsen mellem primærsiden og sekundærsiden i en sikkerhedstransformer.

Dette krav gælder specifikt for PELV-kredse, men det gælder så sandelig også sammenblanding af andre typer af kredse.

Mange har lært på den kostbare måde, at et stiksokkelrelæ ikke magter denne opgave. Hvis man fx har en 230 volt kreds igennem ét kontaktsæt i et stiksokkelrelæ, frarådes det på det kraftigste at anvende andre kontaktsæt i samme relæ til andre formål. Slukkegnisten fra 230 voltkredsen kan sagtens nå de andre kontaktsæt og ødelægge eventuelle målekredse (kostbare erfaringer fra forfatterens side).

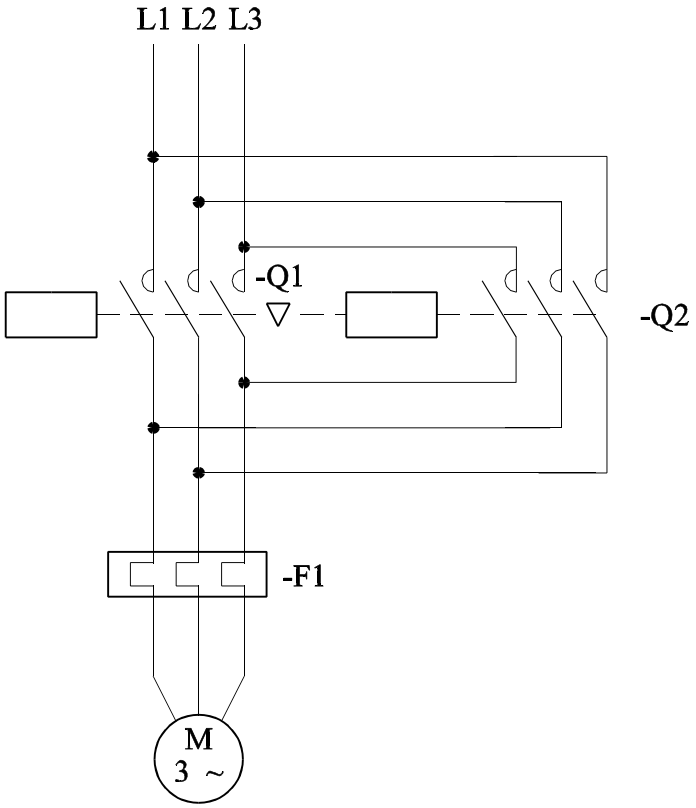
© EVU

Stiksokler kan i almindelighed ikke adskille noget som helst. Alene ved at åbne en stiksokkel kan man se, hvor tæt de uisolerede forbindelser til terminalerne ligger.

Når dette er sagt, så findes der også undtagelser. Visse leverandører har overdragerelæer til PLC'er, som kan adskille PLC-signalet fra signalet gennem relækontakten, men hvis overdragerelæet er flerpolet, så er det meget sjældent, at isolationsniveauet mellem kontaktsættene er højt nok.

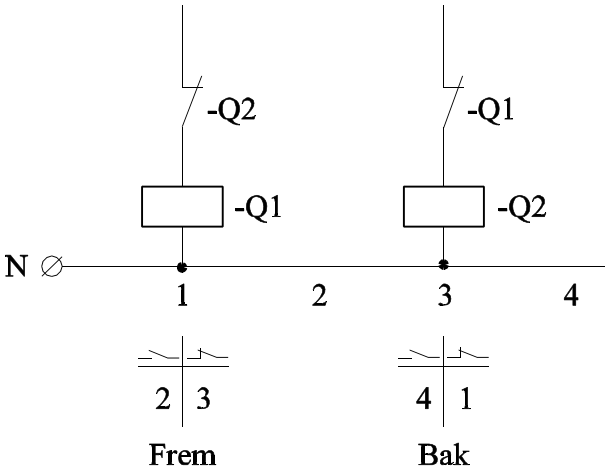
Ved en reverseringsstyring, hvor det er ubetinget nødvendigt, at kun en af de to kontaktorer er indkoblet, kan man foruden den elektriske spærring også lave en gensidig mekanisk spærring.

Reversering

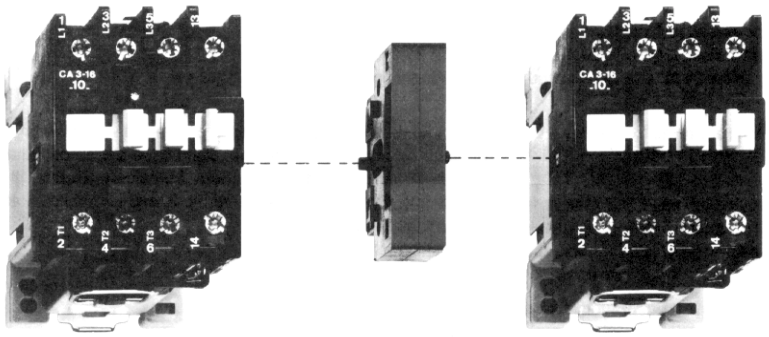


© EVU

Den gensidige elektriske spærring laves ved at indsætte en brydekontakt fra det modsatte relæ foran relæspolen. Dette bevirker, at spolen ikke kan påvirkes, når den modsatte kontaktor er trukket.



Eksemplet viser to kontaktorer med en blok, som sammenspændes med de to kontaktorer og danner en mekanisk gensidig spærring.



© EVU

Interlockning af funktioner

Med udgivelse af DS/EN 60204-1:2006 blev et nyt ord indført i det danske sprog : ***Interlockning***.

Begrebet er indgående beskrevet i håndbogen ***Elektrisk udstyr på maskiner***

Om den elektriske spærring (interlockning) skal suppleres med en mekanisk spærring (interlockning) afhænger af risikoniveauet. Denne kombination tilfredsstiller kravet om diversitet i et enkeltfejltolerant styresystem vedrørende den gensidige spærring.

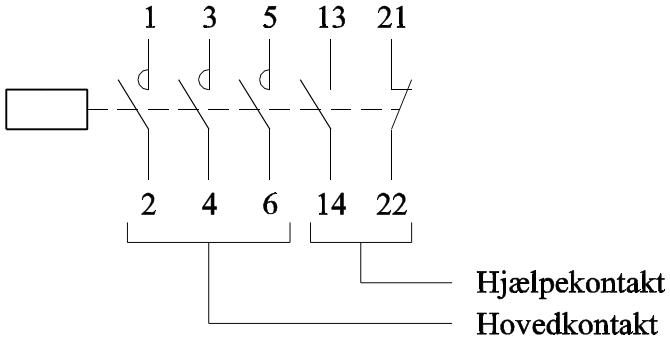
Hovedkontakter og hjælpekontakter

I de fleste tilfælde er en kontaktor udformet med to typer kontakter:

1. Hovedstrømskontakter
2. Hjælpekontakter

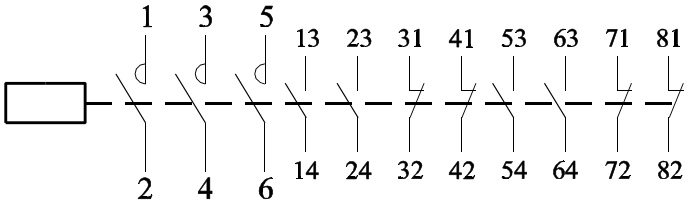
Som navnet antyder, anvendes hovedkontakterne til at slutte hovedstrømmen med. Hovedkontakterne er normalt større og kraftigere end hjælpekontakterne, da disse kun anvendes til styringsformål og derfor kun gennemløbes af styrestrøm.

Nedenstående er vist en kontaktor og to hjælpekontakter.



 © EVU

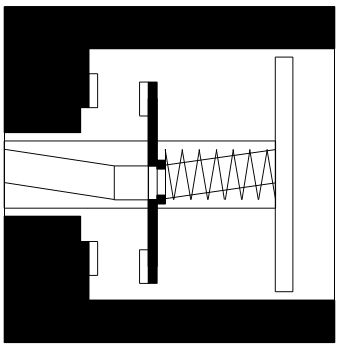
En kontaktor kan være fremstillet med flere eller færre hjælpekontakter, som vist.

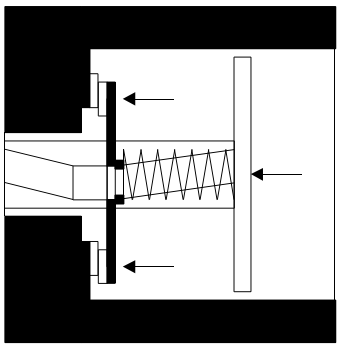


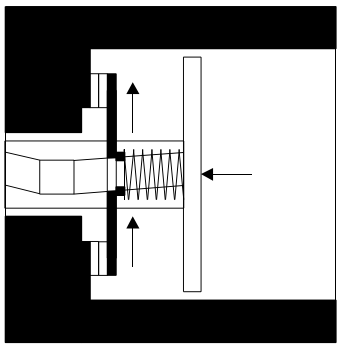
Selvrensende kontakter

Da en kontaktors hjælpekontakter primært bliver anvendt til at slutte og bryde styrestrømme, bliver disse kontakter ofte snavsede på grund af den lille strøm gennem kontakten. Denne tilsmudsning giver en høj overgangsmodstand i kontaktsættet med mulighed for fejlfunktion til følge.

For at undgå dette kan kontaktorer udføres med selvrensende hjælpekontakter.







Som det fremgår af ovenstående skitse, renses kontakterne ved, at de flyttes sideværts, samtidig med at de trykkes mod hinanden.

Kontaktorer kan udføres med både selvrensende hoved- og hjælpekontakter.

© EVU

Tidsrelæer

Et tidsrelæ er et relæ, der er således konstrueret, at dets kontakter arbejder med tidsforsinkelse enten ved tiltræk eller frafald.

Der findes grundlæggende to typer tidsrelæer, mekaniske og elektroniske, hvor de elektroniske efterhånden bliver de mest anvendte.

Mekaniske tidsrelæer er normalt forsynet med en slutte- og en brydekontakt, som begge er tidsforsinkede, men de kan også samtidig være forsynet med momentane kontakter.

Denne type tidsrelæ er ofte opbygget enten som et urværk eller pneumatisk, som er det mest almindelige.

Det pneumatiske tidsrelæ virker ved, at et luftkammer presses sammen. Justeringen af tiden sker ved, at der justeres på den dyse, hvor luften slippes ud. Tidsområdet går normalt fra nul sekunder til nogle få minutter.

Da temperatur, fugt og støv i luften er faktorer, som kan have indflydelse på tidsudmålingen, er gentagelsesnøjagtigheden ca. ± 10%. Pneumatiske tidsblokke anvendes derfor ikke, hvor der kræves stor nøjagtighed af den indstillede tid.

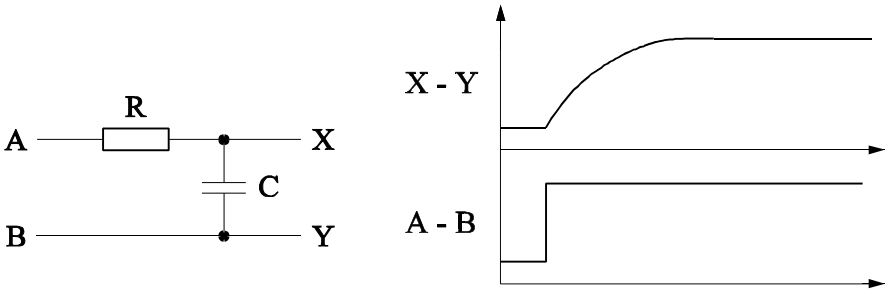
Kræves der større gentagelsesnøjagtighed, end det er muligt at opnå med pneumatik, eller kræves der længere tidsudmåling end nogle få minutter, anvendes elektroniske tidsrelæer.

Elektroniske tidsrelæer anvender to hovedprincipper ved tidsudmåling:

1. RC-led
2. Impulstæller

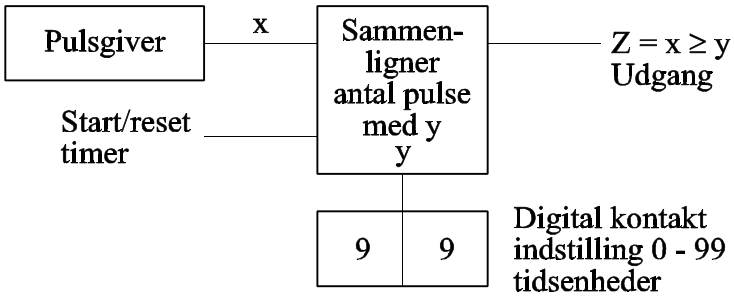
Tidsrelæer, der anvender RC-led virker ved at en kondensator oplades gennem en modstand. Herved vil spændingen over kondensatoren langsomt stige, eftersom kondensatoren bliver ladet op. Der benyttes så et kredsløb, der tænder en udgang, når spændingen når et vist niveau, og herved fås en tidsforsinkelse.

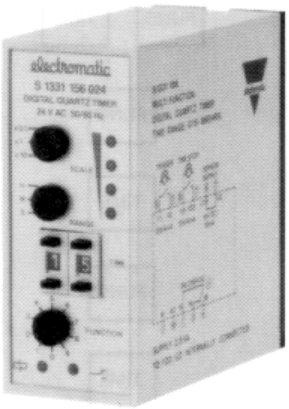
© EVU



For at justere tiden er modstanden ofte udført som et potentiometer. En mindre værdi af R giver således en hurtigere opladning af kondensatoren og dermed en kortere tid.

Tidsrelæer, der anvender impulstællere, er de mest nøjagtige, der findes, idet gentagelsesnøjagtigheden er så godt som konstant. Disse tidsrelæer er typisk bygget op omkring et krystal, der afgiver et antal pulse pr. sekund med meget stor nøjagtighed.



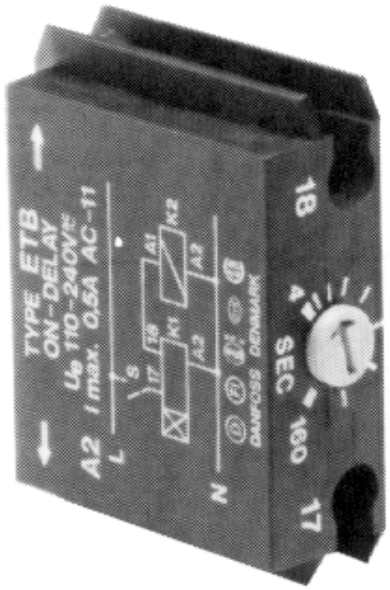


Tidsudmålingen sker så ved, at der anvendes en tællekreds, der tænder, når den har talt til det forindstillede tal. Indstillingen foregår typisk med kontakter efter det binære talsystem. Disse tidsrelæer kaldes også digitale timere.

Elektroniske tidsrelæer kan indeholde forskellige udgangstrin. Det mest simple er en potentialfri relæudgang. Hvis tidsrelæet har denne udgang, er man frit stillet med hensyn til spænding. Tidsrelæet kan fx styres af 24 V samtidigt med, at det styrer med 230 V. Relæudgangen har også den fordel, at den kan kobles parallelt med andre kontakter i styringen.

© EVU

Af ulemper kan nævnes, at relæet indeholder bevægelige dele, der slides, samt at et mekanisk relæ har en begrænset koblingshastighed. Er tidsrelæet derimod forsynet med en thyristor, ved AC, eller en transistor, ved DC, er koblingshastigheden næsten uendelig stor samtidig med, at der ingen bevægelige dele er, som kan slides. Denne type tidsrelæ arbejder typisk med samme styrespænding og udgangsspænding. Tidsrelæet skal anvendes efter fabrikantens monteringsanvisning for at opnå den ønskede funktion, og det kan normalt ikke parallelkobles med andre kontakter.



Tidsrelæer med forskellige spændinger på forsyningsklemmer og relæklemmer

Nedsatte styrespændinger er ofte omfattet af kravene til PELV forsyninger. Dette indebærer, at isolationen mellem de forskellige styrespændinger i tidsrelæerne (og alle andre relæer) skal være lige så god som isolationen mellem primær- og sekundærviklingen på en sikkerhedstransformer. En stor del af de markedsførte relæer og tilhørende sokler tilfredsstiller ikke dette krav.

© EVU

Tidsrelæer i sikkerhedsrelaterede styrefunktioner

Når et tidsrelæ har en sikkerhedsrelateret funktion, fx afmåling af tiden for bremsestrøm til en rundsav, er der ekstra krav, som skal opfyldes. Disse krav kan udledes af ISO 13849-1:2007 og ISO 13849-2:2003 og består i hovedtrækkene af:

Elektroniske komponenter kan ikke betragtes som velafprøvede.

Dette indebærer, at de ikke kan anvendes i kategori 1 i overensstemmelse med EN 954-1:1999 og ISO 13849-1:2007. (Dog er der nogle muligheder med tidsrelæer, der fungerer ved afladning af en bestemt mængde energi fra en kondensator).

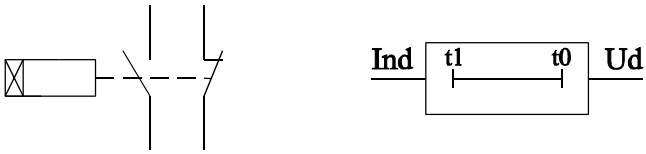
De kan anvendes i kategori 2 i overensstemmelse med EN 954-1:1999 eller ISO 13849-1:2007, hvis diagnosedækningsgraden er over 60 %, eller hvis det samlede system kan tilfredsstille dette krav.

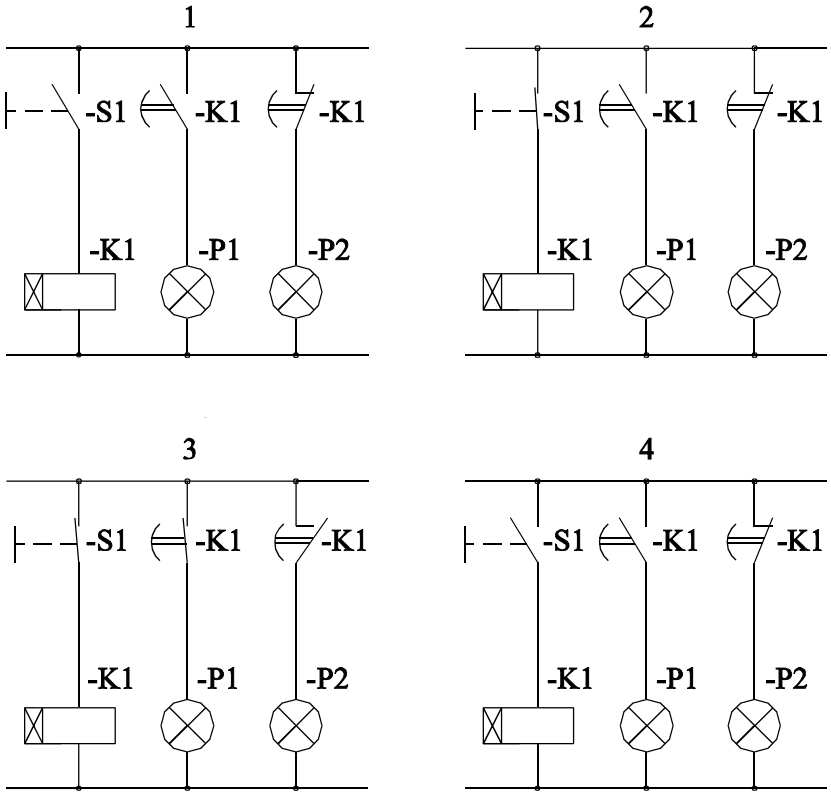
Fabrikanterne skal oplyse om relæernes MTTFd, og værdien skal være høj nok til at tilfredsstille det pågældende krav til Performance Level eller SIL-niveau.

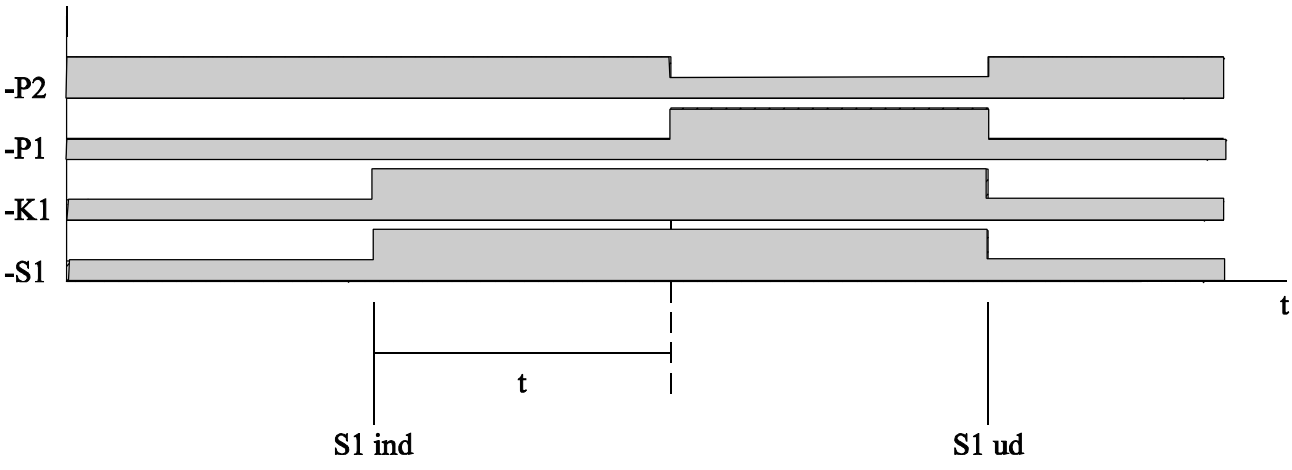
© EVU

Forsinket kontaktfunktion ved indkobling (indkoblingsforsinket: On-delay)

Ved indkoblingsforsinkelse forstås, at kontaktfunktionen skifter, når den indstillede tid er udløbet, efter at spolen er aktiveret. Udkobling sker samtidig med spolen.





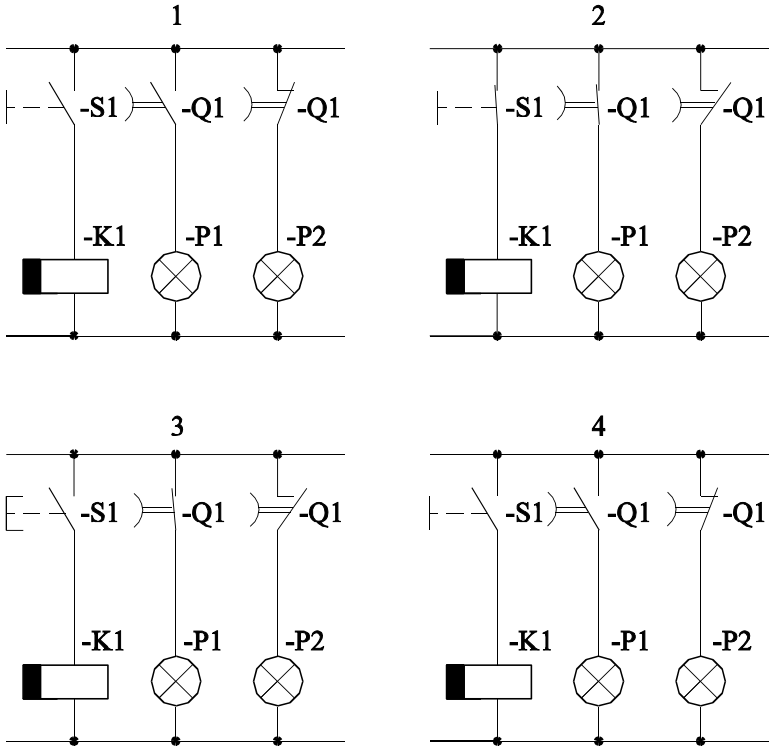


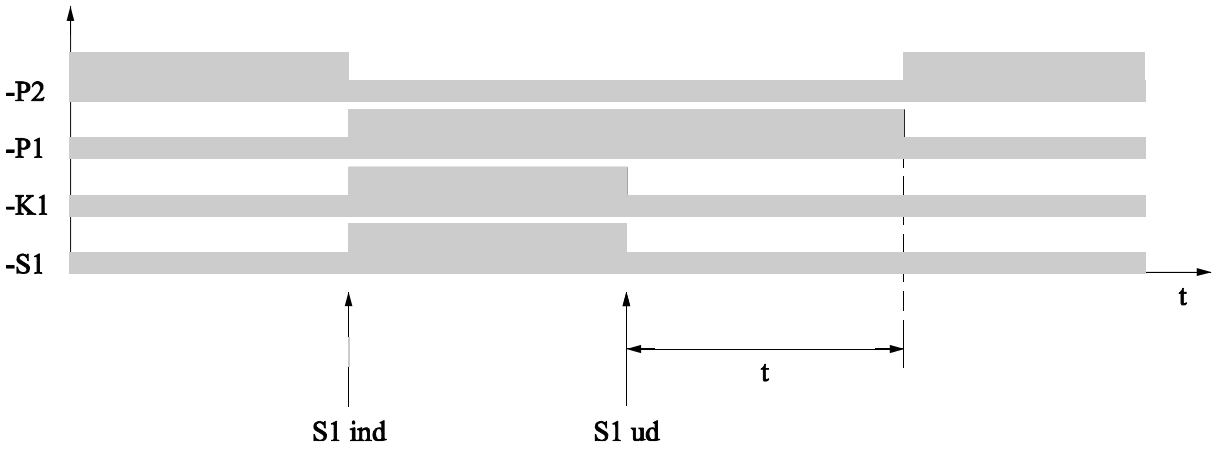
© EVU

Forsinket kontaktfunktion ved udkobling (udkoblings-forsinket: Off-delay)

Ved udkoblingsforsinkelse forstås, at kontaktfunktionen skifter, når den indstillede tid er udløbet, efter at spolen er gjort spændingsløs. Indkobling sker samtidig med spolen.



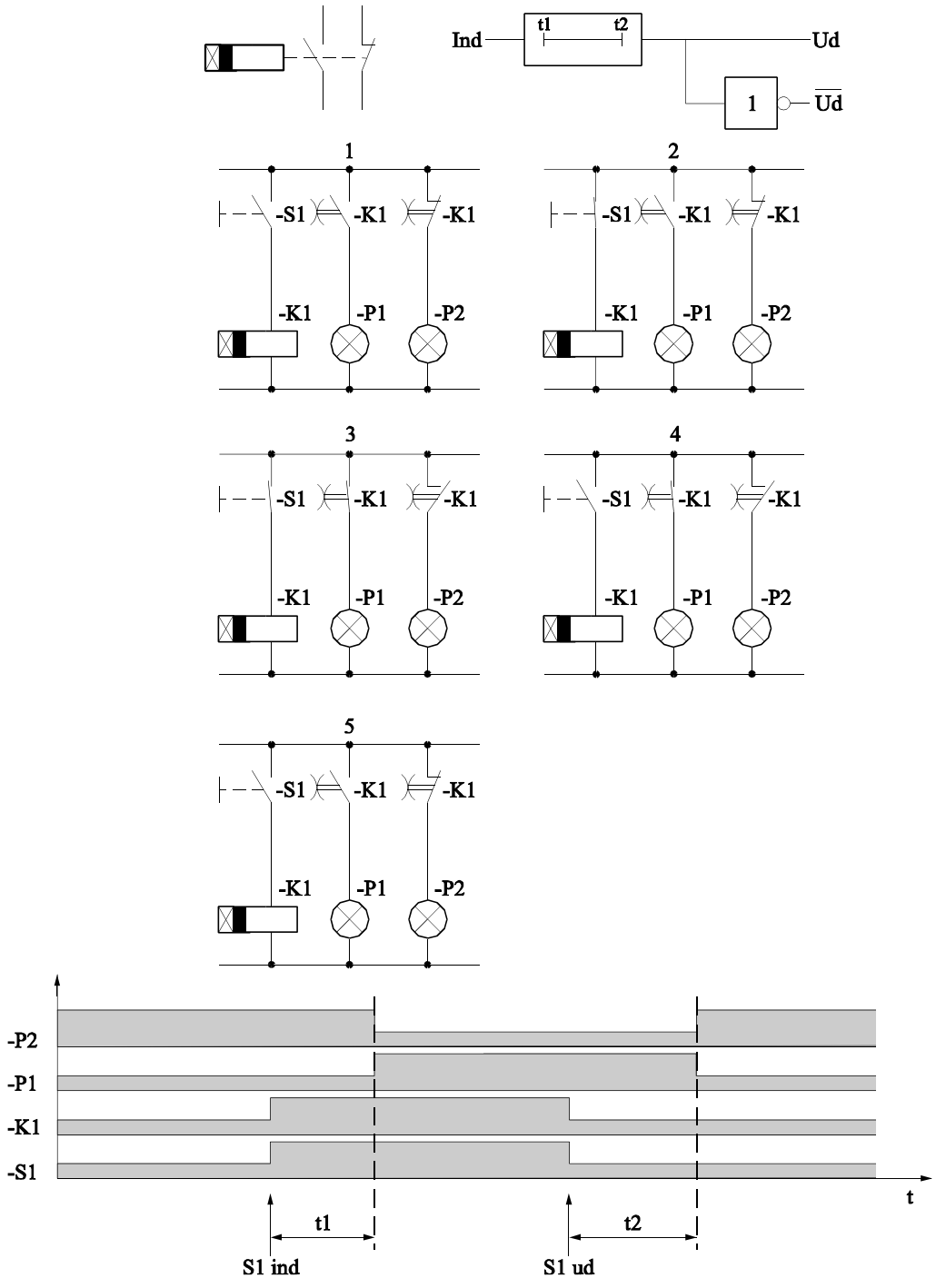




© EVU

Forsinket kontaktfunktion ved ind- og udkobling

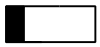
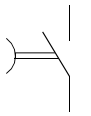
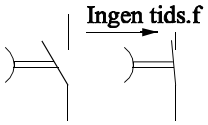
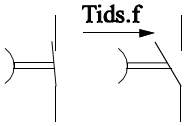
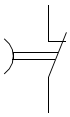
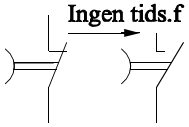
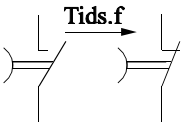
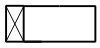
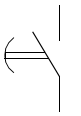
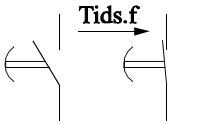
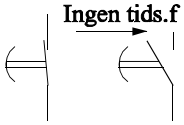
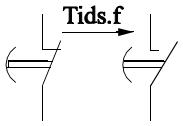
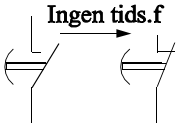
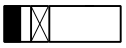
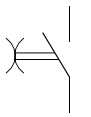
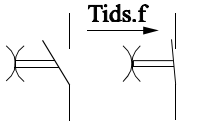
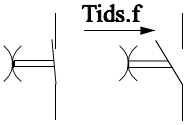
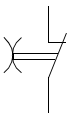
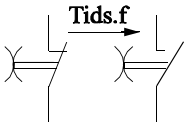
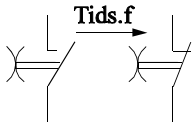
Ved ind- og udkoblingsforsinkelse forstås, at kontaktfunktionen skifter, når den indstillede tid til indkoblingsforsinkelse er udløbet, efter at spolen er aktiveret. Udkobling af kontaktfunktionen sker, når tiden for udkoblingsforsinkelse er udløbet. Denne tidsudmåling starter, når spolen gøres spændingsløs.



© EVU

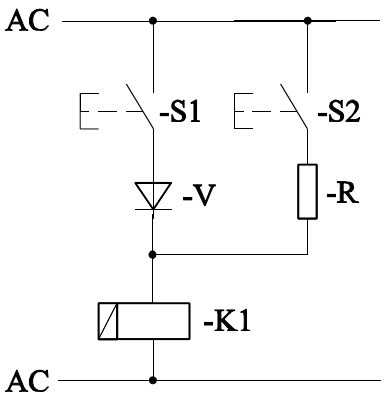
Tidsforsinkelse

Oversigt over relætyperne "udkoblingsforsinket", "indkoblingsforsinket" og "ind- og udkoblingsforsinket".

Symbol	Relæ spændingsløs	Relæ arkiveres forsinkelse	Relæ gøres spændingsløst forsinkelse	
Udkoblings-forsinket 				Momentan ind Forsinket ud
				Momentan ud Forsinket ind
Indkoblings-forsinket 				Forsinket ind Momentan ud
				Forsinket ud Momentan ind
Ind -og udkoblings-forsinket 				Forsinket ind Forsinket ud
				Forsinket ud Forsinket ind

 © EVU

Remanensrelæ



Et remanensrelæ er et relæ, som ind- og udkobles med korte spændingsimpulser.

Indkobling: Spolen påtrykkes en jævnspændingsimpuls. Relæet forbliver derefter aktiveret efter impulsens ophør, idet remanensen (restmagnetismen) i kernen er tilstrækkelig til at holde kontaktsystemet lukket.

Udkobling: Spolen påtrykkes kortvarigt en vekselstrømsimpuls, hvorved kernen afmagnetiseres, og relæet udkobler.

Relæet udkobler ikke ved spændingssvigt og anvendes derfor som "hukommelse" i relæstyringer. Dette kan være nødvendigt i fx en sekvensstyring.

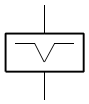
Remanensrelæet fremstilles i forskellige udførelser og kan have indbygget diode og modstand.

Nedenstående tabel angiver nogle karakteristiske data for remanensrelæer:

Spolespænding	24 V AC - 220 V AC
	12 V DC - 110 V AC
Kontaktorer	5 A - 10 A
Magnetiseringsimpuls	Ca. 30 ms
Afmagnetiseringsimpuls	Ca. 25 ms
Koblingshyppighed max.	3000/time

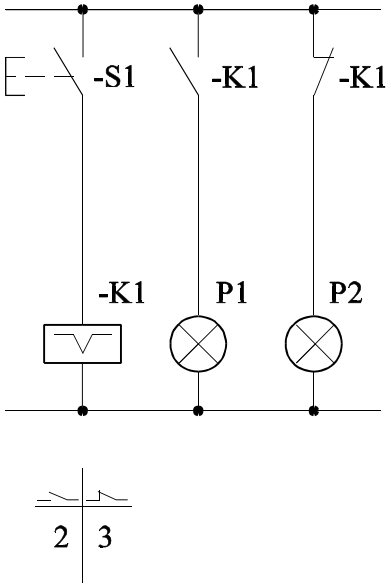
© EVU

Kiprelæ

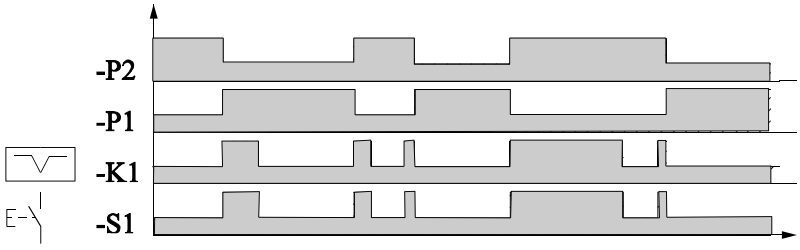


Symbol

Et kiprelæ er et relæ med ankerspærre, som det også kaldes. Det er et mekanisk relæ, der kan være både aktiveret og ikke aktiveret i spændingsløs tilstand. Et kiprelæ er et bistabilt relæ.



Funktionen af relæet fremgår af nedenstående tidssekvensdiagram, som er tegnet efter det viste styrestrømsskema.



Hver gang spolen i relæet får spænding, skifter kontaktoren stilling og bliver der, til spolen igen får spænding.

I dag findes både 1-, 2- og 3-polede kiprelæer, så man kan styre tre adskilte strømkredse.

© EVU

Kiprelæer findes til fastspænding på bundplade og til DIN-skinnemontage. De fremstilles med flere forskellige spolespændinger, fx 12 V, 24 V, 48 V, 230 V m.fl., hvorfor kiprelæer ofte anvendes i forbindelse med svagstrømsinstallationer. Kiprelæet anvendes mest til lysstyring. I andre styringer ses det ikke så ofte.

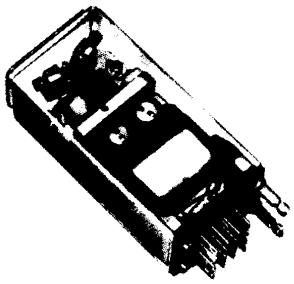
1. For at dette kan lade sig gøre, skal man sikre sig, at isolationsniveauet er tilstrækkeligt mellem de forskellige kontaktsæt og spolen. Vær især opmærksom på stiksokler, som kun meget sjældent tilfredsstiller dette krav. Hvis der er involveret PELV-kredse i (fx styrespændingen) sammenblandingen, skal isolationsniveauet mellem de forskellige kredse være lige så højt som isolationsniveauet mellem primærsiden og sekundærsiden i en sikkerhedstransformer.

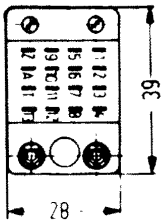
© EVU

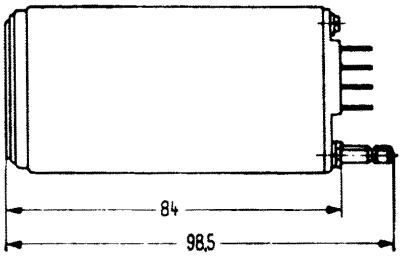
Polariseret relæ

Et polariseret relæ er et styrerelæ, som forsynes med en DC-spænding. Ved at polarisere denne DC-spænding kan man bestemme, hvilken stilling relæet skal indtage. Nedenstående er vist et eksempel på et polariseret relæ.

Small Polarized Relay — **V 23063 ...V 23067**







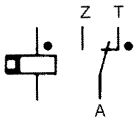
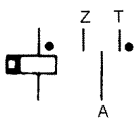
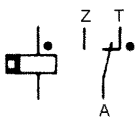
V23063- + ★★★★ **to V23067-** + ★★★★
for dc operation, polarized, monostable and bistable, plug-in.
Approx. weight 170 g

For accessories refer to page 1.68

Packaging unit: 1 item

Dimensions in mm

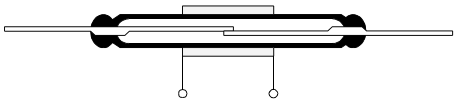
Pin configuration

Relay type	V23063-...	V23065-...	V23067-...
Description	bistable with high contact force	monostable, with center "off" position	monostable
Symbols with base connections[1])			

[1]) Circuit symbols drawn in "off" position.
If a positive potential is applied to the coil start, the relay assumes the switching position marked with a dot (●).

© EVU

Reed-relæ



Et reed-relæ er en reed-kontakt, hvorom der er anbragt en spole.

Reed-kontakten består af et gasfyldt glasrør med indsmeltede kontaktfjedre. Kontaktfjedrene er udført af ferromagnetisk materiale og kan derfor aktiveres af et magnetfelt i nærheden af glasrøret.

Reed-kontakter udføres med slutte-, bryde- eller omskifterfunktioner.

Gasfyldningen i røret undertrykker eventuelle gnistdannelser ved kontakterne og forhindrer dermed forbrænding af disse.

Påtrykkes spolen en jævnspænding, vil der opstå et magnetfelt i spolen, hvorved reed-kontakterne aktiveres.

Tabellen angiver nogle karakteristiske data for reed-relæer.

Spolespænding	3 V DC - 48 V DC
Spolemodstand	75 Ω - 12 k Ω
Kontakter	Max. brydeeffekt DC/AC
	4 W/4 VA - 100 W/100 VA

Reed-relæer udføres i meget små dimensioner og ofte til printmontering.

Af fordele ved reed-relæer kan nævnes: helkapslet (rene kontaktflader), ingen forbrænding af kontakter, små ydre mål, lang levetid og høj arbejdshastighed.

Kontakternes levetid er blandt andet bestemt af omgivelsernes klimatiske forhold som fx høje og lave temperaturer, store temperatursvingninger, stor relativ fugtighed, luftforurening, forringet lufttryk i store højder og for dårlig luftcirkulation ved for tæt pakkede relæer.

Ved styrerelæer skelnes der mellem styreeffekt (spolens eget forbrug) og koblingseffekten (kontaktbelastningen).

© EVU

Styreeffekten er som regel lille og afhænger af relæstørrelsen.

Koblingseffekten afhænger af relæets kontaktsystem og af kontakttrykket. Som kontaktmateriale anvendes ofte sølv eller sølvlegeringer.

Reed kontakter i sikkerhedsrelaterede kredse

Når pladsen er knap anvendes reed-kontakter sammen med tilhørende magneter som positionskontakter på maskindele. Hvis disse funktioner er sikkerhedsrelaterede, skal kravene i de sikkerhedsrelaterede standarder være opfyldt. Vær især opmærksom på DS/EN 1088, hvor det er beskrevet, at ikke tvangsførte kontakter ikke kan anvendes alene. Der skal altså udføres en enkeltfejltolerant styrefunktion, og helst med diversitet, således at der ikke kan opstå en dobbeltfejl på grund af én årsag (common cause failure).

Thermistorrelæ

Thermistor-relæet anvendes i forbindelse med termisk beskyttelse af motorer, idet relæet beskytter mod ødelæggelse af motorens viklinger som følge af overophedning.

Thermistor-relæet måler temperaturen direkte i motorens viklinger (i modsætning til et termisk relæ af bimetaltypen, der måler overstrømmen i motorens tilledninger), således, at den deraf opnåede varmeudvikling i bimetallet forårsager en relæfunktion.

Thermistor-relæets følende organ består af en temperaturafhængig modstand, PTC-modstand, der af motorfabrikanten indbygges i motorens viklinger, en i hver fasevikling. De tre indbyggede PTC-modstande serieforbindes internt, de to ender føres ud og tilsluttes thermistor-relæet.

© EVU

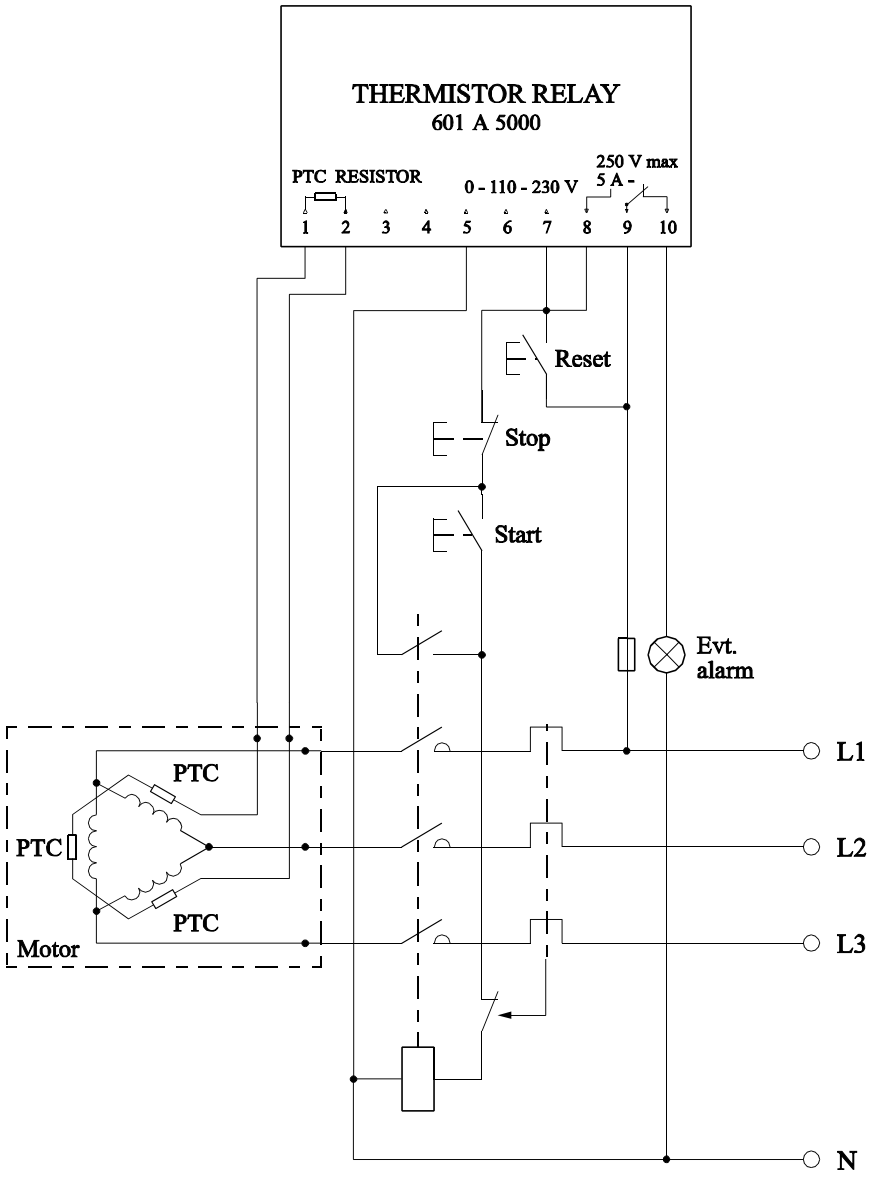
Tabellen angiver data for et fabrikat af thermistor-relæ:

Spændingsforsyning	110 V AC eller 230 V AC 50 Hz
Max. spændingsændring	± 15 %
Omgivelsestemperatur	min -20°C - max 70°C
Relækontakt	max 250 V/5 A AC
Thermistorkabel	2-leder, uskærmet max. 100 m
Eget forbrug	ca. 2 VA
Relæet falder ud når	2 k Ω < E < 4 k Ω
Relæet tilbagestilles når	1 k Ω < E < 2 k Ω

1. Ved meget små strømme er guldbelagte eller massive kontakter eneste helt pålidelige metode.

2. Når termistor-relæer anvendes til motorbeskyttelse uden supplement af andre metoder, skal man være opmærksom på beskyttelsen af kablet til motoren. Hvis motoren står koldt, og dele af dens forsyningskabel går gennem et varmt område, kan der opstå en farlig situation, idet intet måler strømmen i kablet. Dette er ikke gangbart.

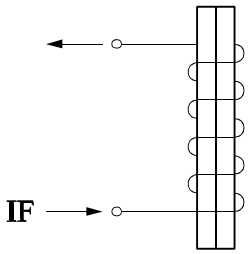
© EVU



Det viste eksempel er medtaget for at vise en klassisk brøler. Der må som en undtagelse fra reglen om styretransformere anvendes netspænding til styring af en simpel start - stop styring i overensstemmelse med DS/EN 60204-1:2006. Det viste eksempel er ikke en sådan undtagelse, bl. a. fordi det elektroniske relæ ikke er designet til at overleve kortslutningseffekten direkte fra nettet. Det viste eksempel kræver en styre-strømstransformer for at opfylde kravene i DS/EN 60204-1.

© EVU

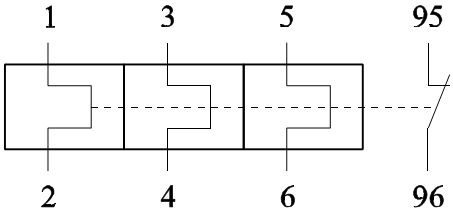
Motorværn



For at beskytte motorer imod overbelastning anvendes dertil beregnede motorværn. Motorværnet er designet til at beskytte motorer mod overbelastning i fejlfrie installationer. De fleste motorværn er derudover forsynet med en egenskab, der gør dem i stand til at give et styresignal ved skæv belastning, fx ved en sprungen sikring eller andre former for fasesvigt.

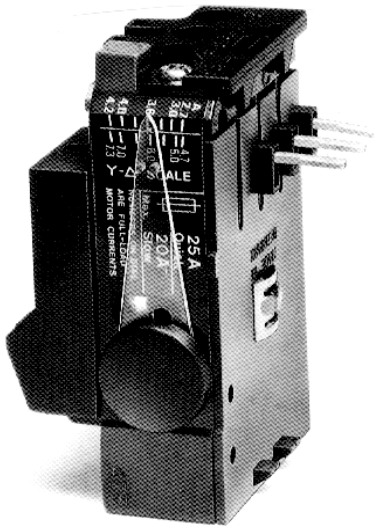
Motorværn er udført således, at en motors faseledninger løber gennem motorværnet. Normalt gennemløber fasestrømmen i et motorværn nogle varmelegemer. Disse varmelegemer er placeret, med en god termisk forbindelse, til hver sit bimetal. Ved strømmens gennemløb af varmelegemet opvarmes bimetallet.

Bimetallet er to sammenvalsede metalblade, som har hver sin temperaturudvidelseskoefficient. Herved opnås, at bimetallet bøjer ud til den ene side og kan således påvirke en kontakt eller en mekanisk udløsemekanisme.



Da funktionen er baseret på en temperaturændring, kaldes den også for en termisk udløser.

Motorens fasestrøm gennemløber termoudløserens klemmer 1-2, 3-4 og 5-6. Ved overbelastning i en eller flere faser vil bimetallerne på grund af varmeudviklingen, mekanisk påvirke styrestrømskontakten 95-96, således at styrespændingen afbrydes.



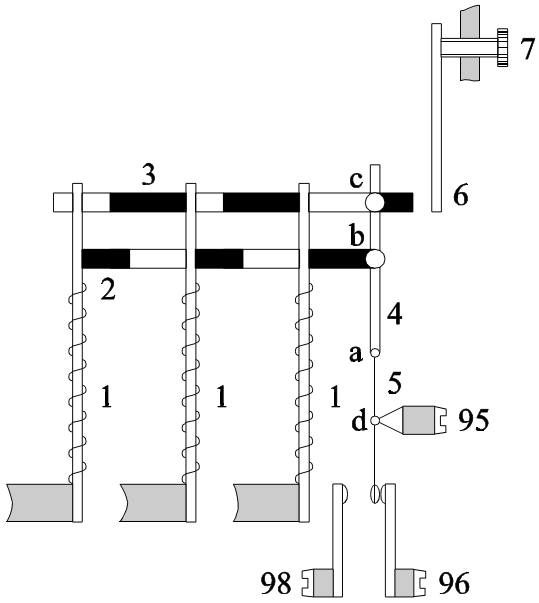
Termoudløseren anvendes som bekendt til beskyttelse af 1- og 3-fasede vekselstrømsmotorer. Termoudløsere fremstilles i mange forskellige strømområder. Endvidere fremstilles de med manuel eller automatisk reset samt forskellige muligheder for tilslutning af kontrollamper.

Termoudløsere fremstilles i dag hovedsageligt med differentialudløsning, hvilket vil sige, at en uens belastning i bimetallerne vil give en udkobling, selvom ingen af bimetallerne er belastet over det tilladte.

© EVU

Det efterfølgende viser en termoudløser i fire forskellige drifttilstande.

Det første eksempel viser termoudløseren i kold tilstand samt giver en oversigt over indholdet af enkeltdele.



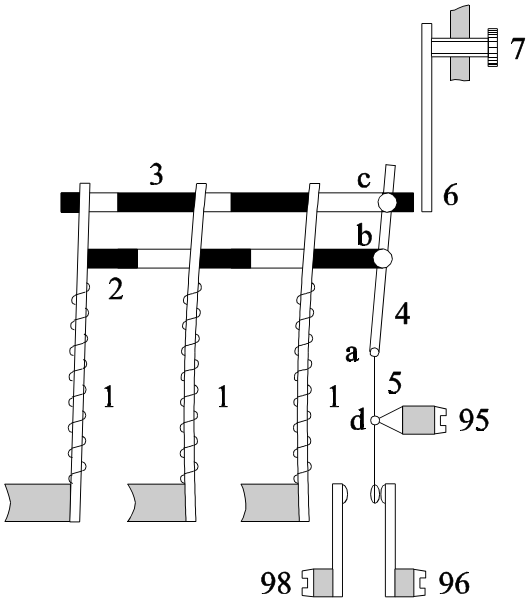
1. 3 stk. bimetal med varmevikling
2. Trykplade
3. Trækplade
4. Aktiveringsarm
5. Kontaktfjeder
6. Anslag (bimetal, for at gøre udløseren temperaturneutral)
7. Indstillingsskrue

a-b-c-d: omdrejningspunkter

95-96-98: tilslutningsklemmer for styrestrøm

© EVU

Eksemplet viser termoudløseren efter indkobling af en motor via en kontaktor. Der løber til enhver tid samme strøm gennem bimetallernes varmevikling som gennem motoren. Bimetallerne bøjer som følge af den indirekte varmepåvirkning et stykke til højre.

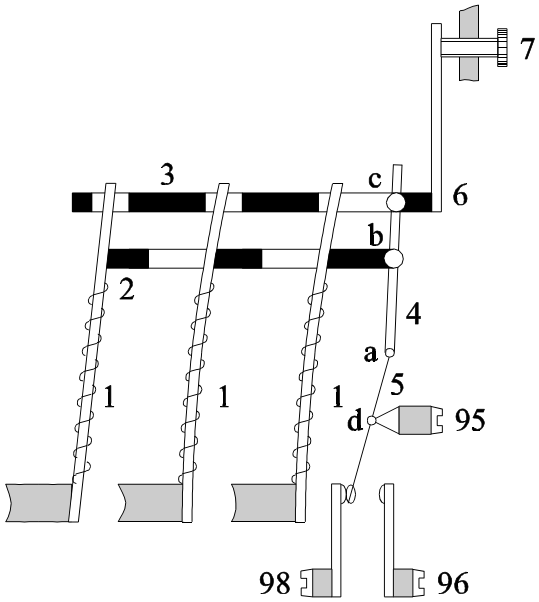


Ved udbøjningen føres trykpladen (2) mod højre og aktiveringsarmen (4) drejes om punktet (a). Aktiveringsarmen (4) er stiv og lejret i punkterne (a-b) og (c).

Føres punkt (b) mod højre, føres punkt (c) og trækpladen også mod højre.

Overbelastes motoren med en 3-faset overbelastning, stiger strømmen i bimetalviklingerne. Der udvikles mere varme, og bimetallerne bøjer endnu mere mod højre. Når trækpladen (3) støder mod anslaget (6), flyttes aktiveringsarmens omdrejningspunkt fra (a) til (c).

© EVU



En fortsat udbøjning af bimetallerne bevirker, at punkt (a) føres mod højre, så kontaktfjederen aktiveres, og kontakten skifter.

Kontakt 95-96 brydes, og kontakt 95-98 sluttes. Herved kobles motoren ud. En evt. tilsluttet klokke eller lampe kobles ind over kontakt 98.

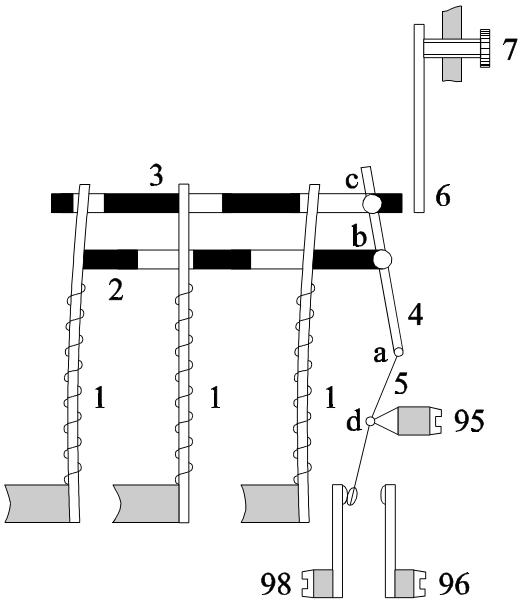
Stilles der på skruen (7), flyttes anslaget (6), og trækpladens mulige vandring ændres. Det betyder, at der skal en ændret varmeudvikling til for at bringe systemet til udkobling.

Da varmeudviklingen er proportional med strømmen i anden potens, kan man opnå den rigtige udløsefunktion inden for et bestemt strømområde. Det gøres ved at ændre på termoudløserens indstilling.

Starter motoren på kun to faser, forbliver det ene bimetal i kold tilstand, og trækpladen (3) fastlåses i neutralstilling. Når trykpladen nu bevæges mod højre af de to opvarmede bimetaller, vil aktiveringsarmen straks dreje om punkt (c), hvorefter udkobling hurtigt finder sted. Kører motoren på alle tre faser, og sker der et fasebrud, vil det ene bimetal køle af og føre trækpladen tilbage mod venstre.

© EVU

I de øvrige bimetaller vil der derimod, på grund af strømstigningen, ske en kraftigere udbøjning mod højre. Ved denne kombination af pladebevægelserne flyttes aktiveringsarmens omdrejningspunkt fra (a) til (b), og en udkobling finder ekstra hurtigt sted i forhold til udkobling ved tofaset start.

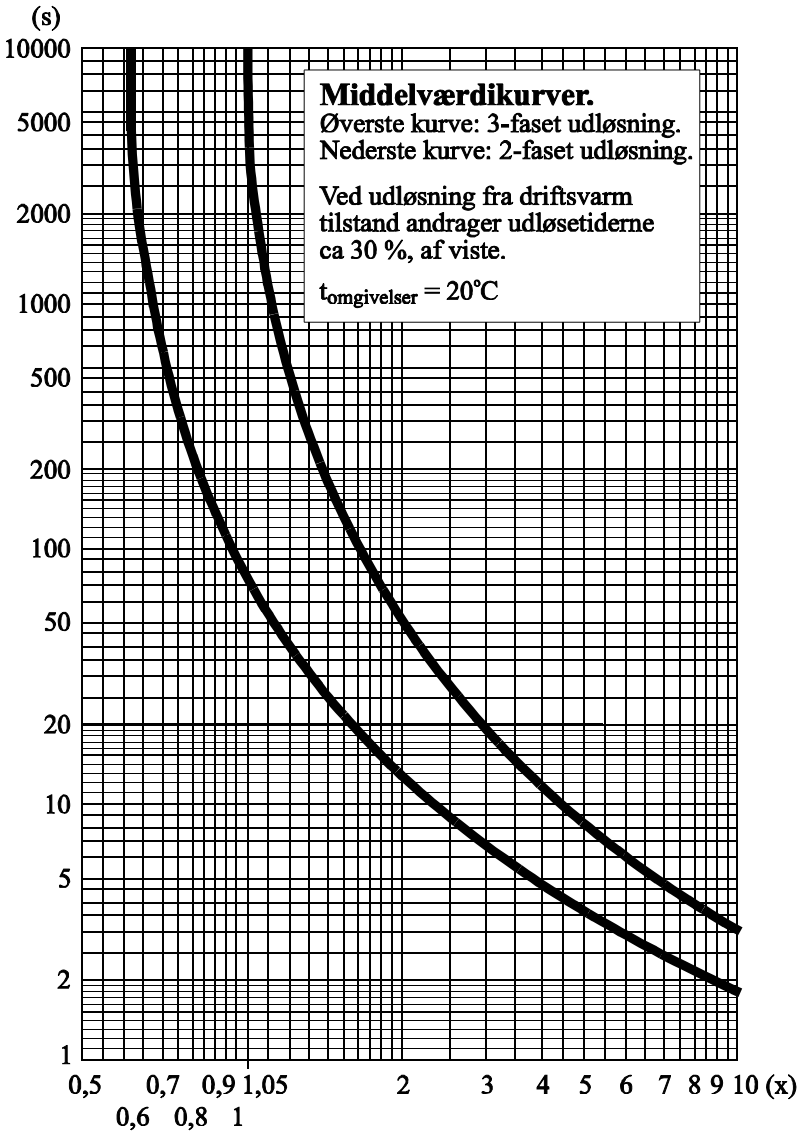


Dette udløseprincip, hvor bevægelseshastigheden af aktiveringsarmens punkt (a) er afhængig af forskellen mellem trykpladens og trækpladens hastigheder, kaldes differentialudløsning, et udløseprincip der har stor betydning, når det drejer sig om beskyttelse af trekantforbundne motorer.

© EVU

Kurveblad over termoudløser

Det efterfølgende kurveblad viser udløsekarakteristikken for et fabrikat af termoudløsere. Da kurvebladet dækker flere forskellige størrelser, er det ikke den aktuelle strøm, der er afsat på X-aksen, men derimod en faktor, der skal ganges med den indstillede strøm.



Eksempel på, hvordan kurvebladet bruges.

Der vælges en motor med en fuldlaststrøm på 1 A, startstrømmen sættes til 6 x fuldlaststrømmen, starttid sættes til 4 sek.

Ud fra fabrikantens tabeller kan der vælges en termoudløser med skala 0,85-1,3 A, som indstilles på 1 A.

© EVU

Det første, man må kontrollere, er, om termoudløseren kan klare startstrømmen. Startstrømmen er 6 A, og starttiden er 4 sek. Man går nu ind på kurvebladet ved tallet 6 på X-aksen (dette tal er 6 x den indstillede strøm), herefter går man op til øverste kurve, der gælder for trefaset belastning. Ved at gå ud på Y-aksen kan udløsetiden nu aflæses. I dette tilfælde kan den aflæses til 5,5 sek. Da motorens starttid er mindre, kan den nå at starte, inden termoudløseren udkobler.

Hvis motoren bliver overbelastet med fx 2 A, stadig på alle tre faser, kan der udregnes en overbelastningsfaktor ved at beregne "målt strøm/motorens mærkestrøm". Med denne faktor kan man igen gå ind på X-aksen og finde udløsetiden på øverste kurve, som i foregående eksempel, i dette tilfælde ca. 55 sek.

Hvis der derimod sker fasebrud på en fase, vil motoren igen overbelastes i de to resterende faser. Vi kan igen vælge at sige, at strømmen bliver 2 A. Ved denne form for overbelastning er indstillingen af motorværnet uden interesse, da trækpladen ikke kommer i kontakt med indstillingsskruen. Trækpladen holdes tilbage af det bimetal, der afkøler, så overbelastningsfaktoren udregnes som "målt strøm/max. skala på termoudløser", i dette tilfælde giver den 1,54.

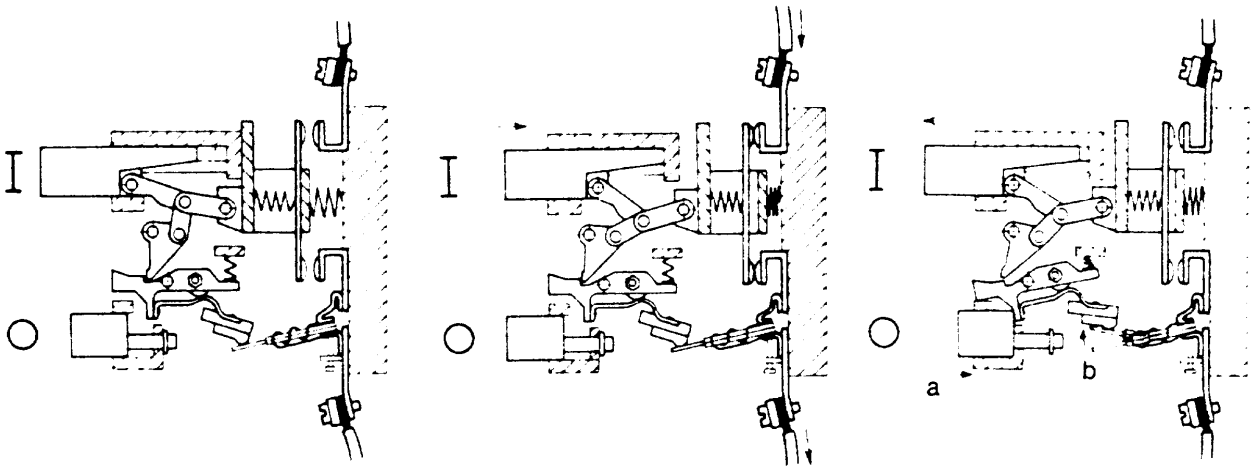
Man går igen ind på X-aksen på punktet 1,54. Herefter går man op til den nederste skala, som gælder for tofaset belastning, og man kan igen aflæse en udløsetid på Y-aksen, i dette tilfælde ca. 30 sek.

© EVU

Håndbetjent motorværn

Håndbetjente motorværn kan opdeles i tre kategorier.

1. Almindeligt håndbetjent motorværn.
2. Håndbetjent motorværn med kortslutningsudløsning. Kortslutningsudløseren medfører, at apparatets samlede kortslutningssikkerhed forøges væsentligt, og de maksimale forsikringsstørrelser kan hæves eller helt udelades. Denne type motorværn betegnes ofte som maksimalafbryder, hvis den overholder overensstemmelser med gældende IEC-standarder.
3. Håndbetjent motorværn med hurtigudløsning. Hurtigudløseren beskytter relæet mod termisk overbelastning, således at større forsikringer kan anvendes. Dette relæ må ikke forveksles med en maksimalafbryder, da det ikke kan afbryde en egentlig kortslutningsstrøm.



© EVU

Disse tre kategorier af motorværn bliver stående indkoblet, selv om spændingen varierer eller forsvinder og kan derfor med fordel anvendes:

a) hvor der ønskes én enkel og effektiv overbelastningsbeskyttelse af små motorer.

b) hvor der lægges vægt på, at driften opretholdes ved spændingsvariationer.

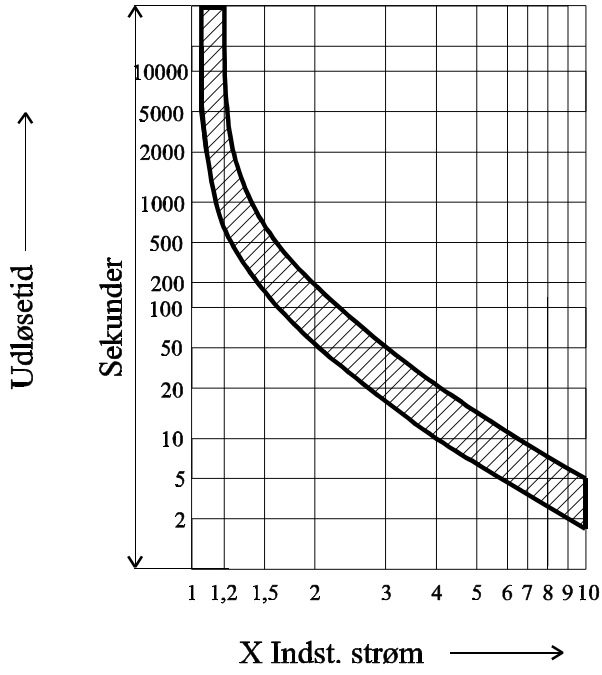
c) til overbelastningsbeskyttelse af ledninger. Herved gives der mulighed for at udnytte ledningens strømværdi helt op til grænsen, hvilket ikke altid er muligt med sikringer, da de leveres i bestemte størrelser.

Temperaturneutralitet

Håndbetjente motorværn er temperaturneutrale i et af fabrikanten nærmere specificeret område, hvilket betyder, at motorværnets bimetaller ikke påvirkes af omgivelsestemperaturen.

Kurveblad over håndbetjent motorværn

Kurvebladet ligner det for termoudløseren, og det bruges på samme måde.



© EVU

Hjælpefunktioner

Håndbetjente motorværn kan ofte forsynes med forskellige former for hjælpefunktioner, f.eks. ***slutte- og brydekontakter*** til signalgivning, ***underspændingsspole*** der udkobler relæet, hvis spændingen kommer under et vist niveau, ***fasespole*** der udkobler relæet hvis der forsvinder en eller flere faser.

Montage

Håndbetjente motorværn leveres som løse indsatse til montering i kapsling af forskellige tæthedsgrader, samt til montage på DIN-skinne og med stiksokkelforbindelse.

Standarderne 50005 til EN 50012

Disse standarder omhandler klemmemærkning for kontaktorer og styrerelæer.

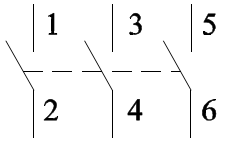
Efter disse standarder stilles der følgende tre krav til mærkningen:

Det skal af mærkningen fremgå, hvilke klemmer der er sammenhørende, og hvilken funktion kontakterne har.

For styrerelæer skal mærkningen, såfremt det er muligt, angive kontakternes placering i apparatet.

Styrerelæer og kontaktorer med samme kontaktbestykning skal, uanset fabrikat, have ensartet mærkning.

Hovedkontakter

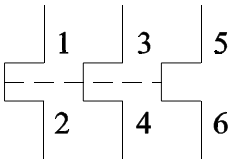


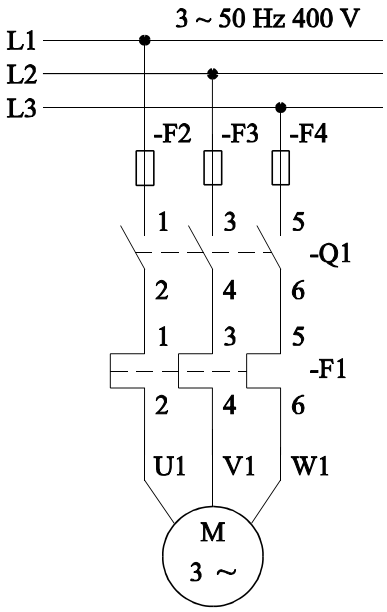
Mærkning af kontakter i hovedstrømskredse sker med encifrede tal.

Det anbefales, som vist i efterfølgende eksempel, at klemmerne med ulige cifre vendes mod forsyningen.

© EVU

Hjælpekontakter



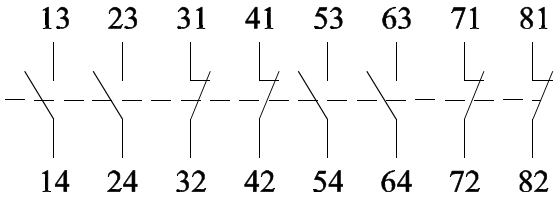


Hjælpekontakter er mærket med tocifrede tal.

Placeringsciffer

Det første ciffer er et placeringsciffer, som angiver kontaktens placering på relæet, normalt begyndende fra venstre med kontakt nr. 1.

For kontaktorer er der normeret følgende betegnelser for hjælpekontakter:



Pladscifrene 1, 2, 5 og 6 er forbeholdt sluttekontakter og pladscifrene 3, 4, 7 og 8 er forbeholdt brydekontakter.

Der er ingen norm for hjælpekontakternes fysiske placering i kontaktorerne.

For 4- og 8-polede styrerelæer med kendetallene 22, 31, 40, 44 og 62 har man normeret pladscifre til angivelse af slutte- og brydekontakter.

© EVU

For 8-polede styrerelæer med kendetallene 44 og 62, hvor kontakterne er anbragt i to etager, er den fysiske placering af slutte- og brydekontakter normeret.

I apparater med fire brydekontakter skal de placeres i den øverste etage, og for apparater med to brydekontakter skal de placeres midt i den øverste etage.

Funktionsciffer

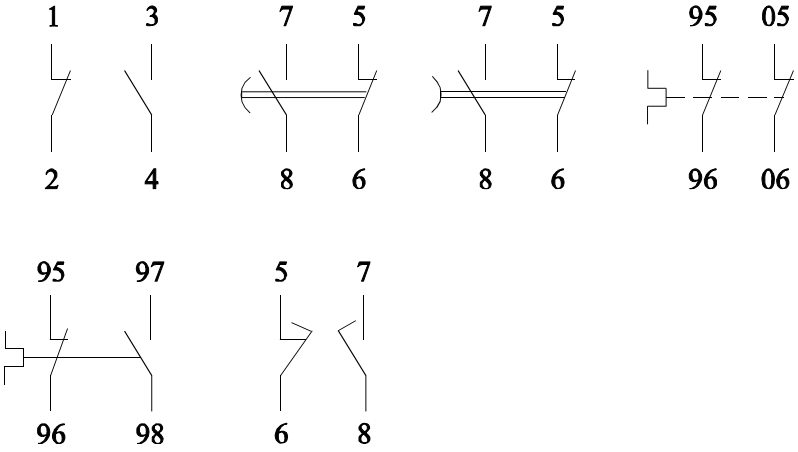
Det andet ciffer angiver kontaktens funktion på følgende måde:

1 og 2 brydekontakter

3 og 4 sluttekontakter

5 og 6 speciel brydekontakt, tidlig eller sen bryde, termokontakten i et motorværn eller brydekontakter på tidsrelæer.

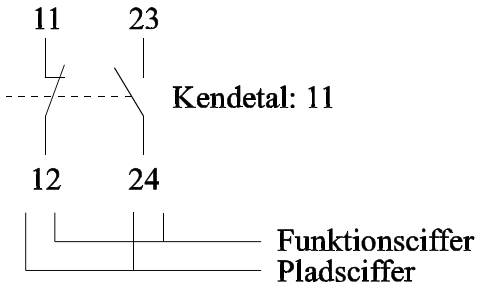
7 og 8 speciel sluttekontakt, tidlig eller sen slutte, sluttekontakter på tidsrelæer.

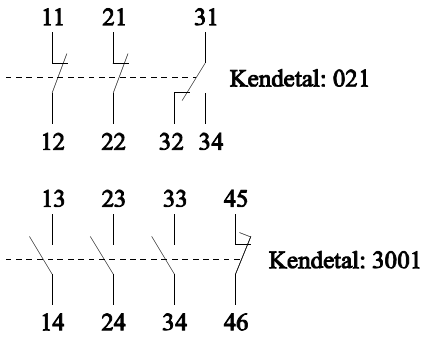


© EVU

Kendetal

Hjælperelæer og kontaktorer kan være forsynet med et kendetal, som angiver antallet af hjælpekontakter og deres type.





Kendetallet er opbygget af fire cifre med følgende betydning:

1. ciffer angiver antallet af sluttekontakter.

2. ciffer angiver antallet af brydekontakter.

3. ciffer angiver antallet af omskifterkontakter.

4. ciffer angiver antallet af specielle kontakter, det kan være specielle bryde- eller sluttekontakter. Bemærk, at 4. ciffer kun angiver antallet på de specielle kontakter og ikke, hvilken type kontakt der er tale om.

Er der ingen slutte- eller brydekontakter, er der anført et 0 på de pågældende pladser. Er der kun slutte- eller brydekontakter (ingen omskifter- eller specialkontakter), udelades 3. og 4. ciffer.

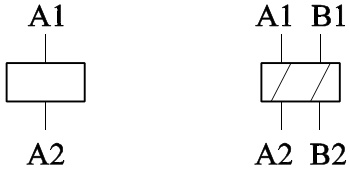
Kendetallets tværsum angiver antallet af hjælpekontakter.

Spoler

Mærkningen af en spoles klemmer er alfanumerisk.

Kontaktspole: A1 og A2 (A og B er stadig brugt på visse komponenter).

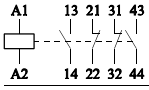
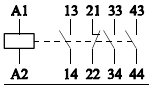
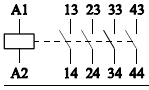
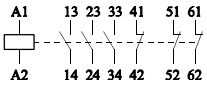
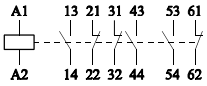
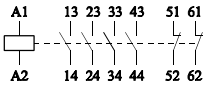
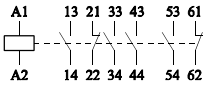
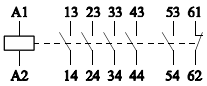
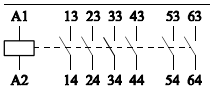
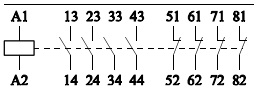
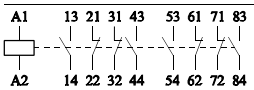
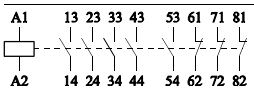
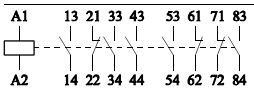
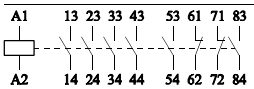
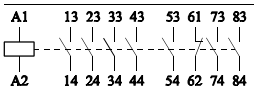
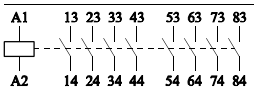
Dobbeltspoler: A1 og A2, B1 og B2.



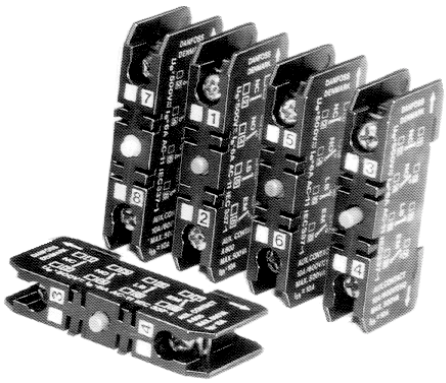
© EVU

Mærkning af styrerelæer

Efterfølgende er vist et firmaeksempel på en række styre- eller hjælperelæer med mærkning.

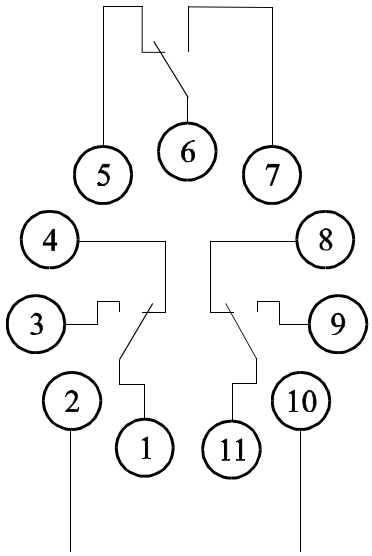
Styrerelæ CS 3 komplet 1) Foretrukne udførelser efter EN 50 011 Skema	Opbygning	EN kodetal	Antal kontakter	Antal	Antal
		22 E	4	2	2
		31 E	4	3	1
		40 E	4	4	0
	31 + 02	33 E	6	3	3
	22 E + 11	33 Y	6	3	3
	40 E + 02	42 E	6	4	2
	31 E + 11	42 Y	6	4	2
	40 E + 11	51 E	6	5	1
	40 E + 20	60 E	6	6	0
	40 E + 04	44 E	8	4	4
	22 E + 22	44 Y	8	4	4
	40 E + 13	53 E	8	5	3
	31 E + 22	53 Y	8	5	3
	40 E + 22	62 E	8	6	2
	40 E + 31	71 E	8	7	1
	40 E + 40	80 E	8	8	0

© EVU



I dag, hvor hjælpekontakter ofte påclipses relæerne efter behov, er det den virksomhed, der monterer en styring, der er ansvarlig for, at alle disse normer overholdes, hvis de ønskes overholdt. Løse hjælpekontakter er ofte fortrykt med et funktionsciffer, da placeringen jo ikke kendes. Der kan så være et blankt felt, hvor montøren selv kan skrive placeringscifferet.

Stikbensrelæ med 11 ben



Eksemplet viser et 11 bens relæ med tre omskifterkontakter.

Ben	*Funktion*
2 og 10	Spole (eller forsyning)
1 og 4	NC i omskifter med ben 1 som Common
1 og 3	NO i omskifter med ben 1 som Common
5 og 6	NC i omskifter med ben 6 som Common
6 og 7	NO i omskifter med ben 6 som Common
8 og 11	NC i omskifter med ben 11 som Common
9 og 11	NO i omskifter med ben 11 som Common

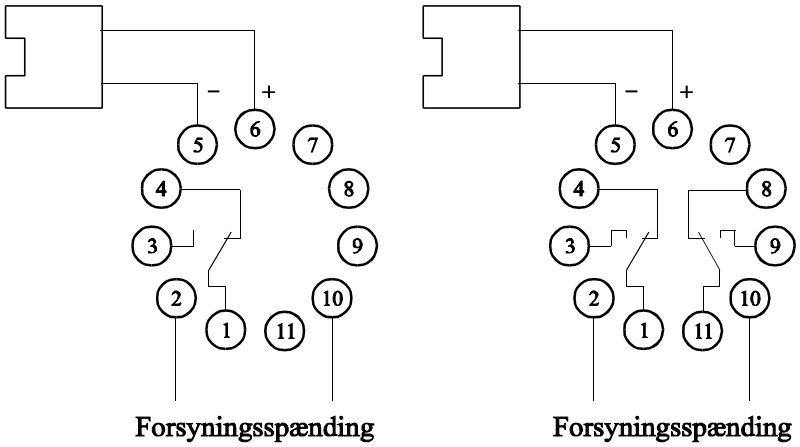
Den viste sokkel kan anvendes til forskellige styrespændinger, men ikke samtidig. Adskillelsen mellem de enkelte klemmer tilfredsstiller ikke kravene til adskillelse mellem forskellige spændinger.

De samme regler gælder for tilhørende relæer, og derudover gælder, at relæernes kontaktsæt ikke tvangsføres sammen, og derfor kan de ikke anvendes til sikkerhedsrelaterede formål, hvor der kræves tvangsføring.

© EVU

Modulsystemer

Ved modulsystemer for anbringelse i 11-bens sokkel (timere - følerforstærkere etc.) vil der normalt kun være tale om et eller to kontaktsæt, da terminalernes ben 5-6-7 er forbeholdt tilslutning af følere etc.



Konstruktionskrav til kontaktorer og relæer

Ved konstruktion af kontaktorer og relæer er der ifølge IEC 158-1 fire krav, som skal opfyldes:

1. Relæet skal indkoble effektivt ved en spolespænding mellem 0,85 og 1,1 gange mærkespændingen.
2. Relæet skal forblive effektivt indkoblet, selv om spændingen falder til 0,75 gange mærkespændingen.
3. Relæet skal udkoble, når spændingen er faldet til 0,1 gange mærkespændingen.
4. Kontroller de nævnte standarder.

Valg af styrespænding

Disse tre konstruktionskrav har stor betydning ved valg af styrespænding og må derfor tages med i overvejelserne inden det endelige valg. En relæspole til en given kontaktor har samme effekt, om den er dimensioneret til 24 V, 230 V eller andre spændinger. Effekten opgives i VA. Indkoblingseffekten er normalt ca. 6 gange større end holdeeffekten.

© EVU

Lave styrespændinger

Valg af lave styrespændinger kan medføre , at der under relæets indkobling kommer til at løbe store strømme i styrekredsen med deraf følgende problemer som:

- overbelastning af ledningsnettet.
- store spændingsfald under indkobling.
- svigtende indkobling og evt. utilsigtet udkobling af relæerne.
- "contact kissing", hvis relæet ikke kan koble effektivt pga. spændingsfald.
- eventuelt afbrændte spoler pga. underspænding.

For at undgå disse problemer må man nøje undersøge følgende:

Er der variationer på netspændingen? Det vil her være den laveste spænding, der skal tages hensyn til.

Der skal laves en aftale mellem køber og sælger i henhold til Anneks B i DS/EN 60204-1 om spændingens kvalitet.

Netspændingens stivhed og evt. spændingsdyk ved start af større motorer.

Ledningsnettet i styrekredsen. Er tværsnittet stort nok til at føre den forventede strøm uden for store spændingsfald? Har man valgt 24 volt til styrespænding? Har 2 volt spændingsfald større betydning end 2 volt spændingsfald vil have ved en styrespænding på 230 volt?

277 V er højest tilladelige styrespænding, når den leveres fra styrestrømstransformer.

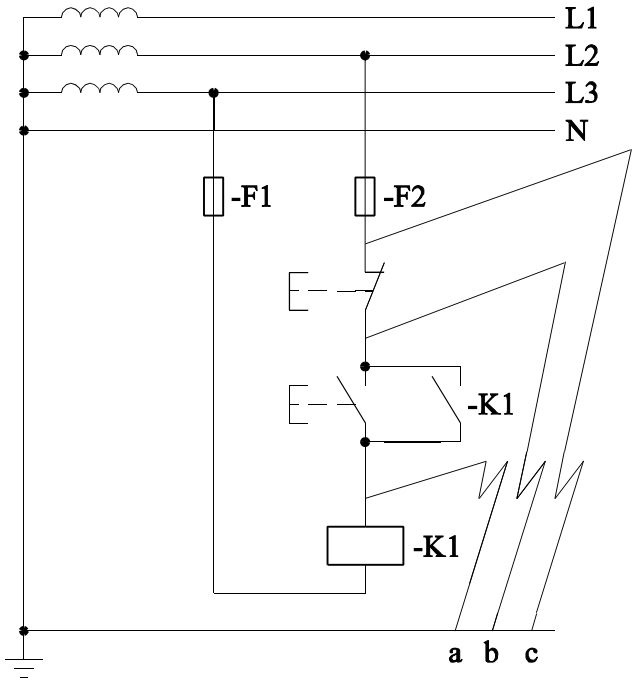
© EVU

Høje styrespændnger

Ved høje styrespændinger, fx 400 V mellem lederne, vil der kunne opstå problemer af en hel anden art end tidligere omtalt. Problemerne vil hovedsageligt være at finde inden for følgende områder:

a) Mulighed for fejlkobling pga. jordfejl i styrekredsen.

b) Svigtende udkobling pga. kapacitet i lange styreledninger.



Denne viste 400 V styring bør forsynes med 2-polede stop- og startkontakter til eliminering af efterfølgende beskrevne problemer. De i Maskindirektivet krævede risikovuderinger vil afsløre dette. Det er i det hele taget usikkert, om der på markedet findes styrestrømskontakter til 400 V styrespænding.

a) Mulighed for fejlkobling pga. jordfejl i styrekredsen.

Ved jordfejl (en ad gangen) i et af punkterne a, b eller c vil der ske følgende:

© EVU

1. Jordslutning ved a.

   Er K1 i udkoblet stand, vil spolen få påtrykt en spænding på 0,58 gange den nominelle værdi:

   $$\left(\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \textit{nom. værdi} \right)$$

   Denne spænding er dog ikke høj nok til at indkoble K1, men den vil medføre, at spolen brænder sammen som følge af kredsløbets lave impedans.

   Aktiveres startknappen, smelter sikringen F2, men spolen er fortsat påtrykt den farlige underspænding. Hvis der en vis modstand i jordslutningen, vil relæet muligvis nå at indkoble, inden sikringen smelter, og relæet vil muligvis forblive indkoblet, selvom sikringen smelter.

   Det vil herefter ikke være muligt at udkoble relæet med stopknappen.

   Er K1 indkoblet, smelter sikringen F2. Spændingen over spolen formindskes herved til 0,58 gange den nominelle værdi, men vil oftest være i stand til fortsat at holde K1 indkoblet. Er dette tilfældet, vil K1 ikke kunne udkobles ved aktivering af stopknappen, men kun ved fjernelse af sikringen F2. Er den formindskede spænding for lav til at holde kontaktoren indkoblet, udsættes spolen også i dette tilfælde for den farlige underspænding i udkoblet stand.

2. Jordslutning ved b.

   Sikringen F2 smelter omgående. Er K1 i udkoblet stand, får jordslutningen ingen betydning. Ved tryk på startknappen får spolen påtrykt den reducerede spænding, men den er for lav til at kunne aktivere K1, og da den forsvinder igen, når startknappen slippes, når spolen som regel ikke at tage skade. Er K1 indkoblet, når jordslutningen opstår, fås de samme forhold som i tilfælde a.

© EVU

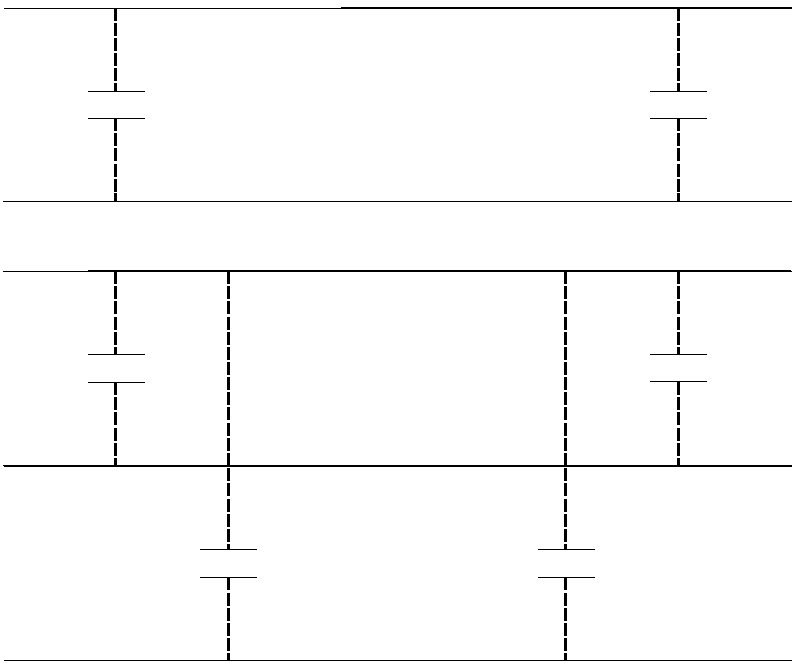
3. Jordslutning ved c.

   Sikringen F2 smelter omgående. Er K1 i udkoblet stand, får jordslutningen ingen betydning. Ved tryk på startknappen fås de samme forhold som i tilfælde b. Er K1 indkoblet, vil den reducerede spænding være i stand til at holde K1 indkoblet. Tryk på stopknappen medfører, at K1 udkobles. Herefter er indkobling umulig, idet den reducerede spænding ikke kan indkoble K1.

4. Kapacitet i for lange styreledninger.

   Da sammenhørende ledninger/kabler i styrekredse optræder som kondensatorer, skal man ved lange styreledninger/kabler være opmærksom på dette problem.

Kapaciteten i styrekredsen tiltager med ledningslængden og ledningstallet.

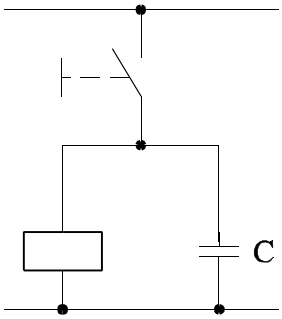


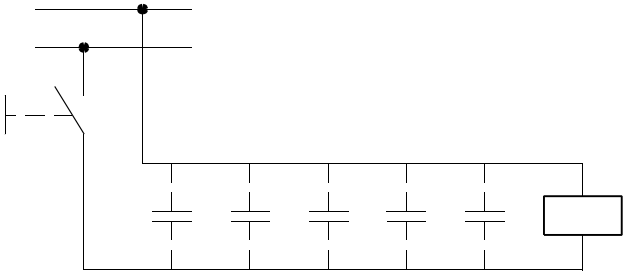
Som det ses, bliver den kapacitive virkning fordoblet ved treleder styrestrøm.

For at undgå problemet med kapacitet i styrelednin-

 © EVU

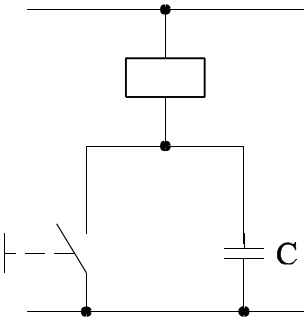
gerne kan styreorganet anbringes ved spændingskilden som vist i næste figur. Afbryderen vil her bryde både spolestrøm og kondensatorstrøm. Kondensatorstrømmen vil ikke få væsentlig indflydelse på driften. Der vil dog kunne opstå en lille tidsforsinkelse ved udkobling af spolen.

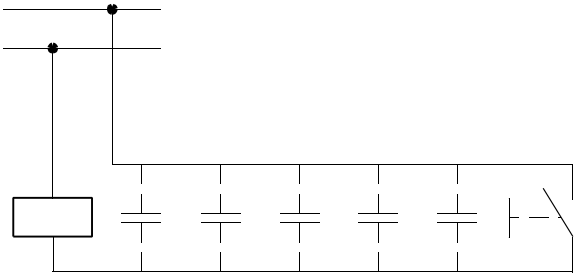




Opbygges anlægget derimod som vist i næste figur, vil der kunne opstå problemer, såsom manglende udkobling af relæet.

Afbryderen afbryder her kun spolestrømmen og ikke kondensatorstrømmen. Er kondensatorstrømmen på mere end ca. 40 % af spolestrømmen, vil der opstå problemer med klæbning af relæet.





© EVU

Definitioner

For at kunne dimensionere kontaktorer optimalt, dvs. at de mindst skal opfylde det af fabrikanten opgivne antal koblinger, med anvendelse af det billigste materiel, må en række begreber defineres:

(Dimensionering af de sikkerhedsrelaterede kontakter er beskrevet i ISO 13849-2:2003 bilag D, - typisk 100% overdimensionering)

Mærkespænding (Ue)

Ved en kontaktors mærkespænding (Ue) forstås størrelsen af den spænding som, kombineret med dens driftmærkestrøm, bestemmer kontaktorens anvendelse. Ved flerfasede kontaktorer refererer mærkespændingen til netspændingen. Kontaktorer er desuden mærket med styrekredsløbets mærkespænding.

Termisk mærkestrøm (Ith)

Ved termisk mærkestrøm (Ith) forstås størrelsen af den strøm, der svarer til den tilladelige temperaturstigning i hovedkredsløbet, når kontaktoren ikke åbner eller slutter. Kontaktoren skal være i stand til at føre denne strøm i 8 timer med sluttede hovedkontakter, uden at temperaturstigningen af dens forskellige dele overstiger bestemte grænser, der bl.a. afhænger af de anvendte isolationsmaterialer. Den termiske mærkestrøm kan variere med kapslingens art, og den er normalt baseret på en omgivelsestemperatur på 35 °C.

Omgivelsestemperaturer på 35 °C er i mange situationer meget lavt sat.

Med tidens store anvendelse af frekvensomformere er temperaturen i maskinstyretavler meget ofte højere. Der skal laves kritiske vurderinger i hvert enkelt tilfælde.

Driftmærkestrøm (Ie)

Ved driftmærkestrømmen (Ie) forstås en strøm, der er bestemt ud fra anvendelsesmåden. Den angives af fabrikanten uden hensyn til værdien af mærkespændingen, frekvensen, benyttelsesmåden, koblingskategorien samt den anvendte indkapsling.

(Mærkeindkoblings- og brydeevnen udtrykkes i al-

© EVU

mindelighed i relation til driftmærkestrømmen).

For kontaktorer i motorinstallationer kan udtrykket for driftmærkestrømmen erstattes med et udtryk for motorens mærkeeffekt, svarende til mærkespænding og driftmærkestrøm.

Brydestrøm (Ia)

Brydestrømmen er den strøm, som kontaktoren gennemløbes af på det tidspunkt, hvor afbrydelsen sker.

IEC 158-1

Af moderne kontaktorer konstrueres størsteparten i dag efter den internationale norm IEC 158-1, der i 1999 blev accepteret uden forbehold i 19 lande og med visse forbehold af 2 lande.

Normen specificerer blandt andet de fire AC-driftkategorier, som kontaktorerne skal kunne arbejde under og som følgelig danner grundlag for kontaktorens data.

© EVU

Kategori	Koblingsbetingelser		Belastning
	Slutte	Bryde	
AC 1	1 x le	1 x le	Ohmsk eller let induktiv belastning, fx elvarme, u/transformer Lysstofrør og metaldamplamper uden eller med seriekompensations-kondensatorer
AC 2	2,5 x le	2,5 x ke	100 % tipdrift og modstrømsbrems-ning af slæberingsmotorer.
AC 3	6,3 x le	1 x le	Direkte start, stjernetrekant start, reversering eller polomkobling af kortslutningsmaskiner. Start af slæ-beringsmotorer. Afbrydelse af lø-bende motor. Transformer med ohmsk belastning. Metaltråds glødelamper, lysstofrør og metaldamplamper med parallel-kompensationskondensator.
AC 4-10 % AC 4-50 % AC 4-100 % 	6,4 x le	10 % 6,3 x le 90 % 1 x le 50 % 6,3 x le 10 % 1 x le 100 % 6,3 x le	10-100 % tipdrift og modstrøms-bremsning af kortslutningsmotorer.

© EVU

Sikkerhedsrelæer

Markedet

Markedet er for tiden fyldt med komponenter, som under en bred hat kaldes sikkerhedsrelæer. Det kan være relæer som varetager tohåndsrelæfunktioner, nødstopsfunktioner, overvågning af låger med videre. Der findes relæer, som kan kombineres til løsning af mangeartede opgaver. Nogle har endog et element af programmerbare funktioner i sig.

Sikkerhedsrelæernes placering i hierarkiet

De to nye standarder for sikkerhedsrelaterede styresystemer ISO 13849-1:2006 og IEC 62061:2005 omtaler undersystemer og undersystemelementer. De omtalte sikkerhedsrelæer er netop eksempler på sådanne undersystemer. Det betyder, at sikkerhedsrelæerne kan anvendes som undersystemer i et sikkerhedsrelateret styresystem, som er designet og konstrueret i overensstemmelse med én af de to standarder eller begge standarder i kombination.

Kravene til konstruktøren af disse sikkerhedsrelaterede styresystemer er betydelige. Man skal være i stand til at vurdere hvilken af standarderne som er relevant i den givne situation, og man skal have et godt kendskab til mindst én af dem. Der sættes i begge standarder krav til undersystemerne om at overholde visse moderstandarder. Det betyder, at konstruktøren ud over kravet til sikkerhedsstandarderne skal have et vist kendskab til moderstandarderne for at være i stand til at implementere sikkerhedsrelæerne på en måde, som giver den nødvendige sikkerhed.

Håndbogen **Funktionssikre Maskiner *Hvad er meningen?*** som er udgivet på Dansk Standards forlag, giver et godt indblik i disse problemstillinger.

Valideringsopgaven

Som et led i design og konstruktion af sikkerhedsrelaterede styresystemer er den første opgave at fastsætte valideringsgrundlaget. Valideringen er den sidate handling, som foretages, inden CE-mærket sættes på maskinen. Valideringsgrundlaget er som et minimum

© EVU

Maskindirektivet og ISO 13849-2:2003 og måske nogle kravspecifikationer fra kunden, men i sikkerhedsrelæernes brugsanvisning kan der ligge nogle gemte valideringskrav, som brugeren af produktet måske ikke er i stand til at indfri.

Kravene til valideringen er, at den foretages af en uafhængig person, og kravene til den uafhængige person ligger i størrelsesordenen:

Performance Level a, b og c eller SIL 1:

En uafhængig person

Performance Level b eller SIL 2:

En uafhængig afdeling

Performance Level d eller SIL 3:

En uafhængig afdeling.

Sikkerhedsrelæet skal passe til opgaven

Leverandørerne af sikkerhedskomponenterne vil gerne fremhæve, hvor gode deres produkter er i forhold til de gamle kategorier og de nye Performance Levels og SIL-niveauer. Der kan sagtens opstå tilfælde, hvor et sikkerhedsrelæ mærket SIL 3 ikke er i stand til at løse en opgave i kategori 1 Performance Level c. Tingene skal passe sammen.

Sikkerhedsrelæernes og EN 60204-1:2006

Et væsentligt krav i DS/EN 60204-1:2006 er, at hvis ***sikkerhedsrelateret nedsatte styrespændinger*** (fx PELV) føres gennem relækontakter i relæer, som også fører ***ikke sikkerhedsrelateret nedsatte spændinger***, så skal isolationsniveauet mellem de enkelte kontaktsæt indbyrdes og mellem kontaktsættene og spoleklemmerne tilfredsstille isolationsniveauet i en sikkerhedstransformer.

Denne oplysning skal findes i sikkerhedsrelæernes dokumentation eller oplyses af leverandørerne.

© EVU

Standardkoblinger

Styringer opdeles i mindre enheder.

Disse enheder kaldes i ***de nye standarder for sikkerhedsrelaterede styresystemer*** for undersystemer og de enkelte dele af enheden for undersystemelementer.

Hvis et undersystem har del i maskinens sikkerhedsrelaterede funktioner som start, stop, logik og udgang til en bevægelig del, så skal de sikkerhedsrelaterede standarder tages i anvendelse.

Det er også muligt at opdele sin maskinstyring således, at de sikkerhedsrelaterede funktioner ligger i et separat afsnit.

Undersystemer i en maskinstyring kan (såvel sikkerhedsrelaterede som ikke sikkerhedsrelaterede) være følgende:

- Styring af motor (med motorværn).
- Fjernbetjening med start/stop.
- Reset ved fjernbetjening.
- Enpolet styring af motorværn.
- Startspærring.
- Reversering af motor
- Styring med almindelige kontakter
- Styring med kombinerede kontakter
- Polomkobling af motorer
- Motor med adskilte viklinger
- Motor med dahlanderviklinger
- Stjerne-trekant start af motorer

Kredsskemaer

Kredsskemaerne over et automatisk anlæg opdeles i hovedstrømsskema og styrestrømsskema.

Hovedstrømsskema viser forbindelserne til de genstande, som styrer fx motorer, varmelegemer mv.

Styrestrømsskema viser forbindelserne til de komponenter, som styrer anlægget, fx relæspoler, relækontakter, kontrollamper, betjeningskontakter og følere.

© EVU

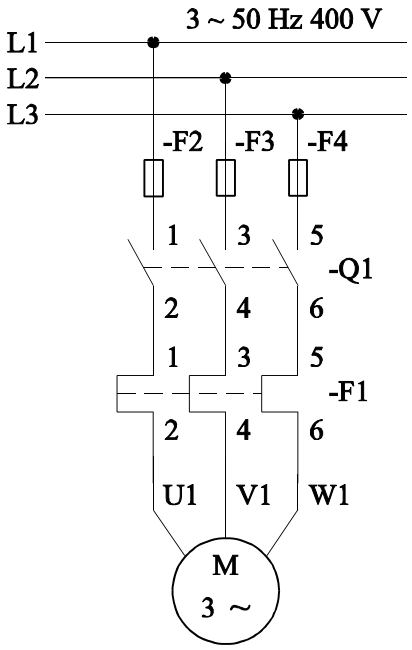
Styring af motor

Styring af en motor ved hjælp af et motorværn (fjernbetjening) kan som tidligere omtalt udføres med trykknapper, enpolede afbrydere, pressostater eller andre føleorganer.

Ud over disse forskellige styringsmuligheder kan der undertiden være bestemte krav eller betingelser, som skal overholdes, fx startspærring, reset, eller indkobling af flere motorværn i en bestemt rækkefølge.

Styrestrømsskemaerne for de mest almindeligt forekommende styringer af motorværn fremgår af det følgende.

Fælles for alle magnetbetjente motorværn til styring af en motor er, at hovedstrømmen er monteret som følgende skema:



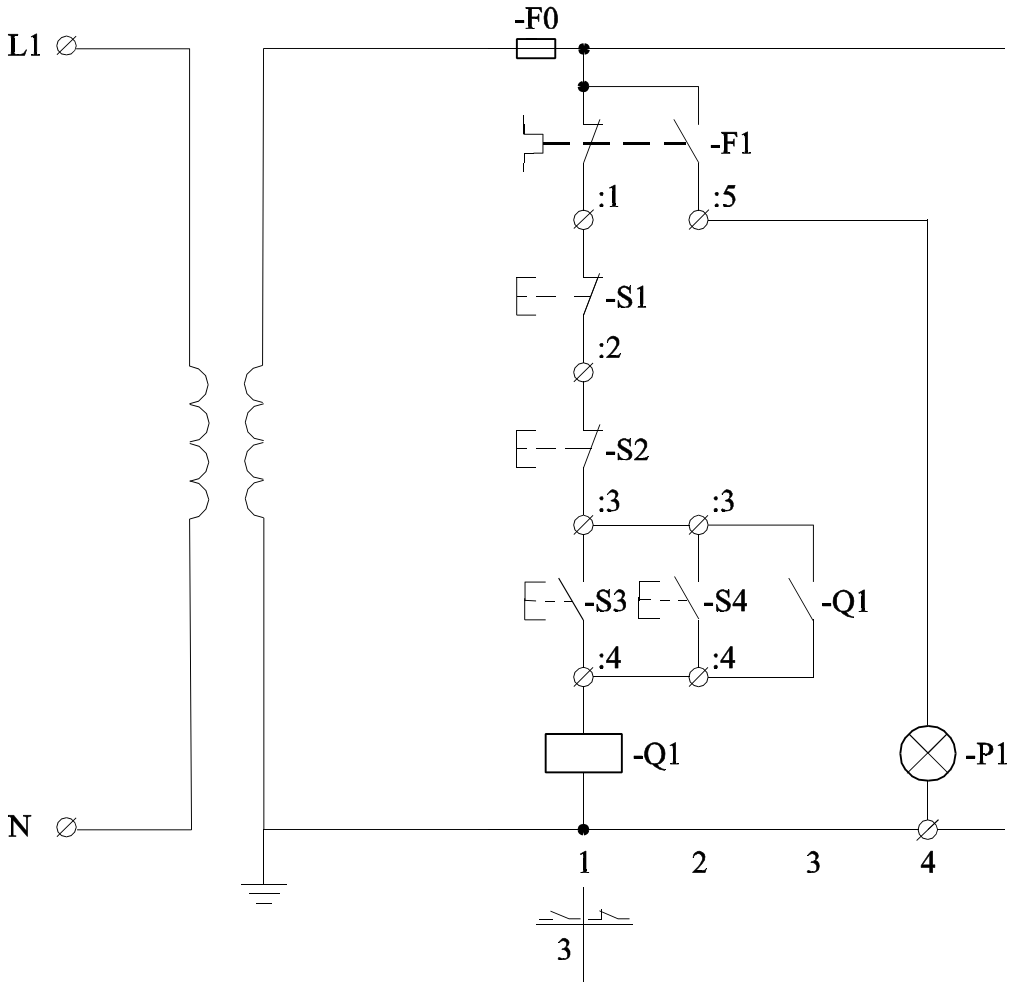
© EVU

Motorværn med start-stop

Kredsskemaet viser styrestrøm for et trykkontaktstyret motorværn med fjernbetjente start- og stoptryk samt indikering for termisk udkobling ved P1.

Ved tryk på start (S3 eller S4) slutter relæet Q1. Der laves samtidig selvhold over startkontakterne, så relæet bliver inde, når starttrykket slippes. Relæet udkobler, når der trykkes på en af stoptrykkene (S1 eller S2) eller hvis termorelæet bryder.

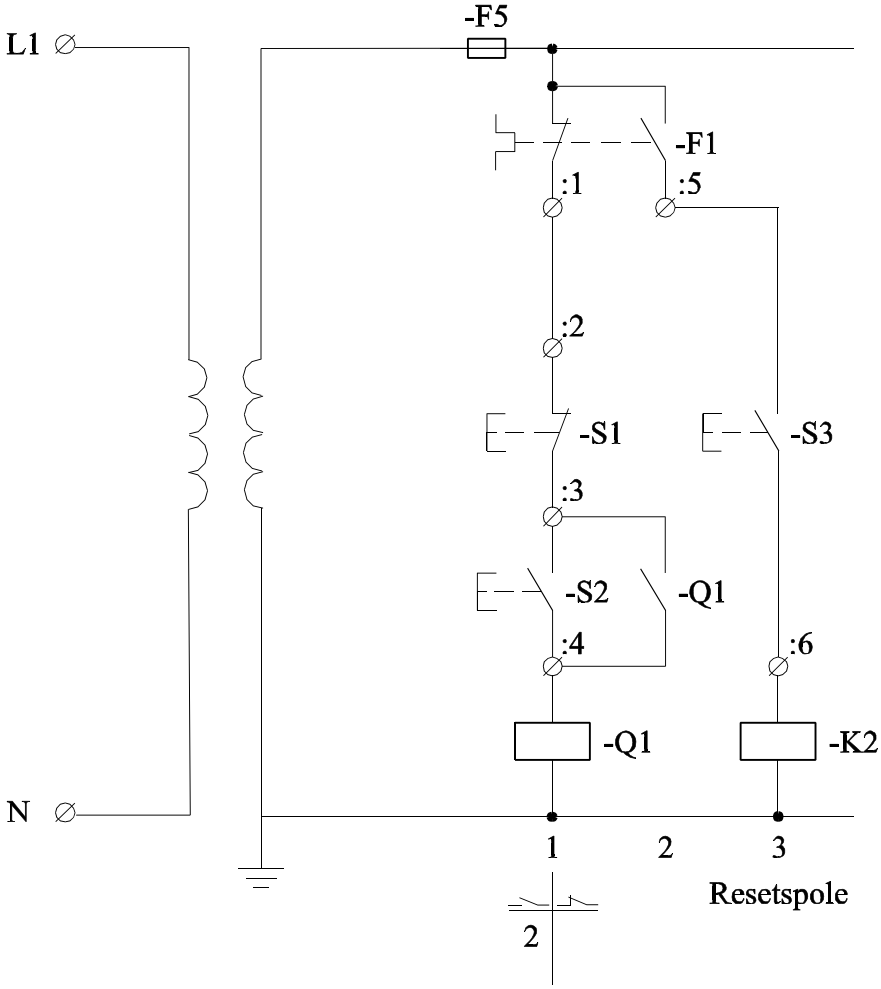
Hvis termorelæet bryder, slutter det samtidig en anden kontaktfunktion, der tænder lampen P1, så der indikeres, at motoren er stoppet pga. termoudfald.



© EVU

Fjernbetjent reset af motorværn

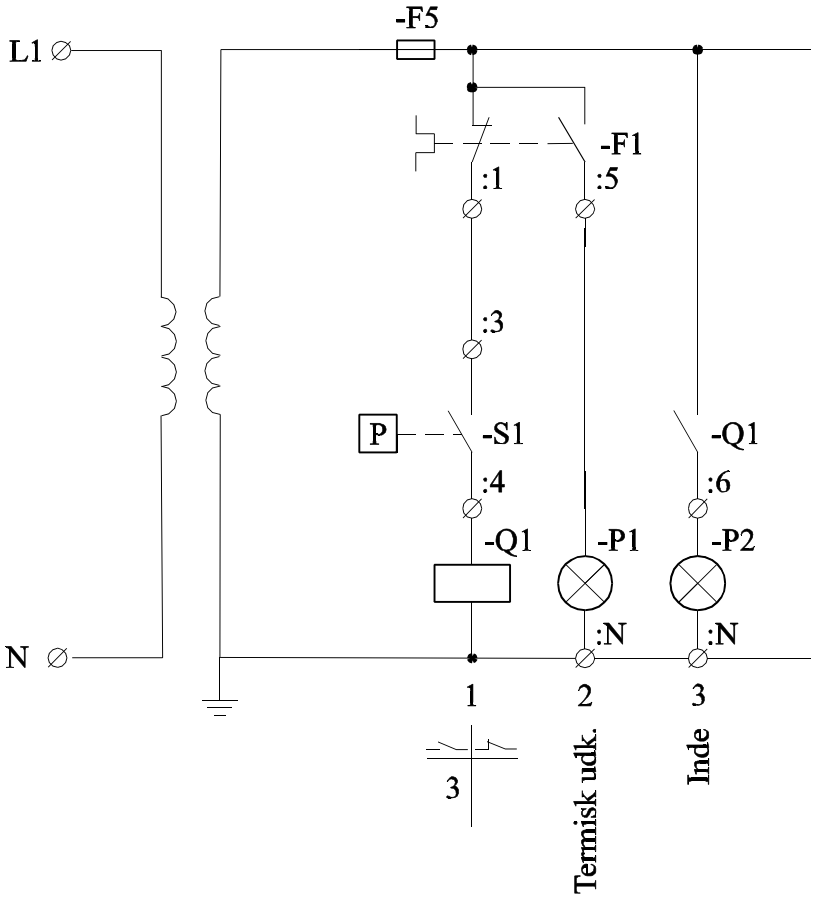
Styrestrømsskemaet viser et trykkontaktstyret motorværn med fjernbetjent tilbagestilling af termorelæet efter termoudfald. Tilbagestillingen sker ved hjælp af resetspolen K2.



© EVU

Enpolet styring af motorværn

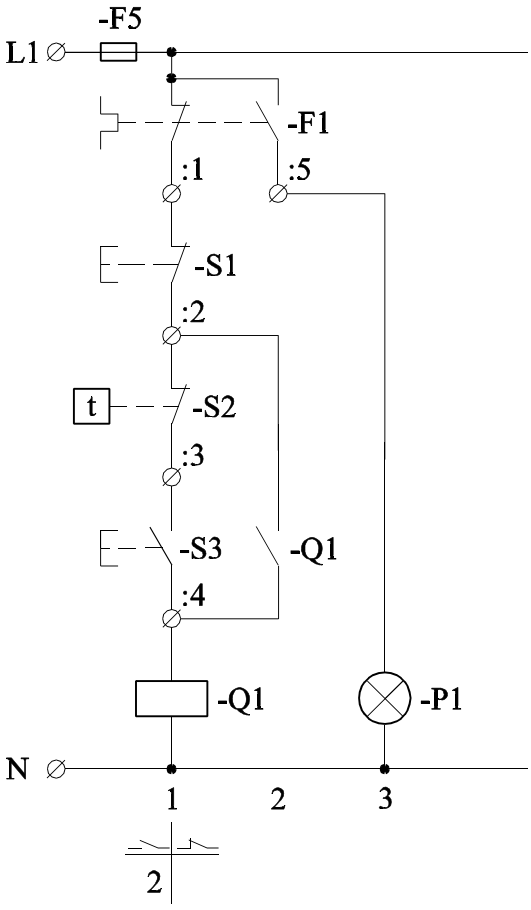
Nøgleskemaet viser et motorværn styret af en enpolet kontakt, i dette tilfælde en pressostat. Der er fjernindikering for termoudfald ved H1 samt fjernindikering af drift ved H2.



© EVU

Startspærring

Der skal sikres mekanisk og/eller elektrisk. Når kontakten S2 er påvirket, kan motorværnet ikke indkobles, men en påvirkning af S2, mens motorværnet er indkoblet, har ingen virkning.



Reversering

Ved automatisk reversering eller reversering af en motor forstås, at motorens omløbsretning ændres. Dette gøres ved at ændre faseføLgen til motoren.

© EVU

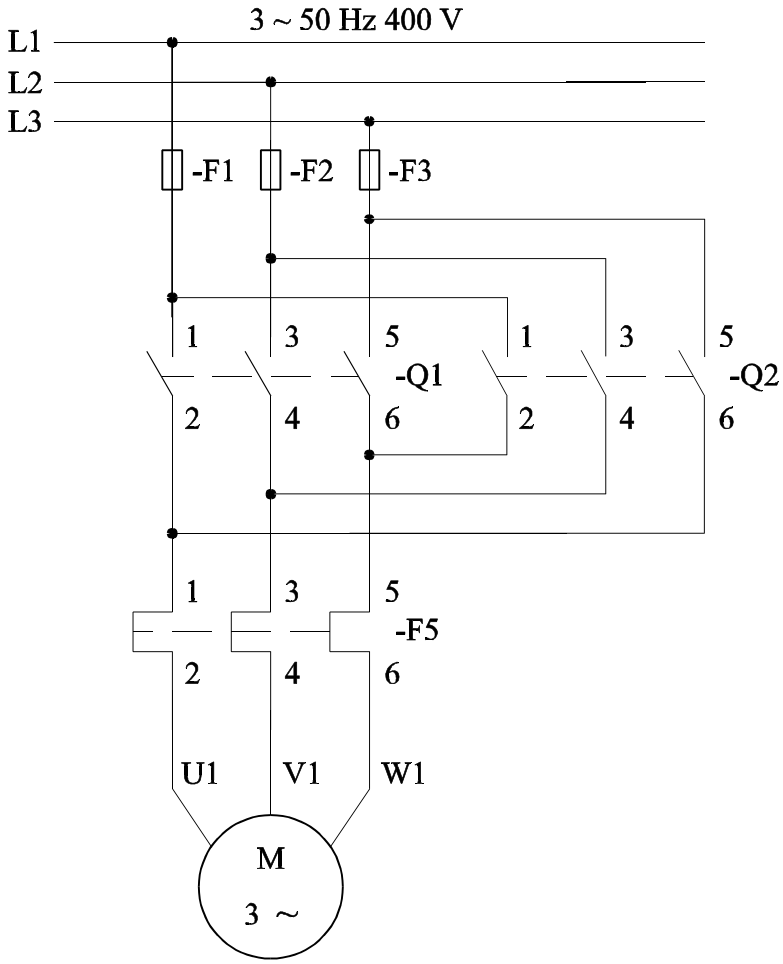
Hovedstrømsskema

Den almindelige reverseringsenhed er opbygget af et termorelæ og to kontaktorer.

Ved indkobling af kontaktor Q1 får motoren rigtig fasefølge, ved indkobling af kontaktor Q2 byttes der to faser, og motoren kører dermed den anden vej.

Det skal sikres mekanisk eller elektrisk, at de to kontaktorer ikke kan koble samtidig. Hvis det sker, bliver faserne L1 og L3 kortsluttet.

Der benyttes kun et termorelæ, da motoren har samme fuldlaststrøm uanset omløbsretning.

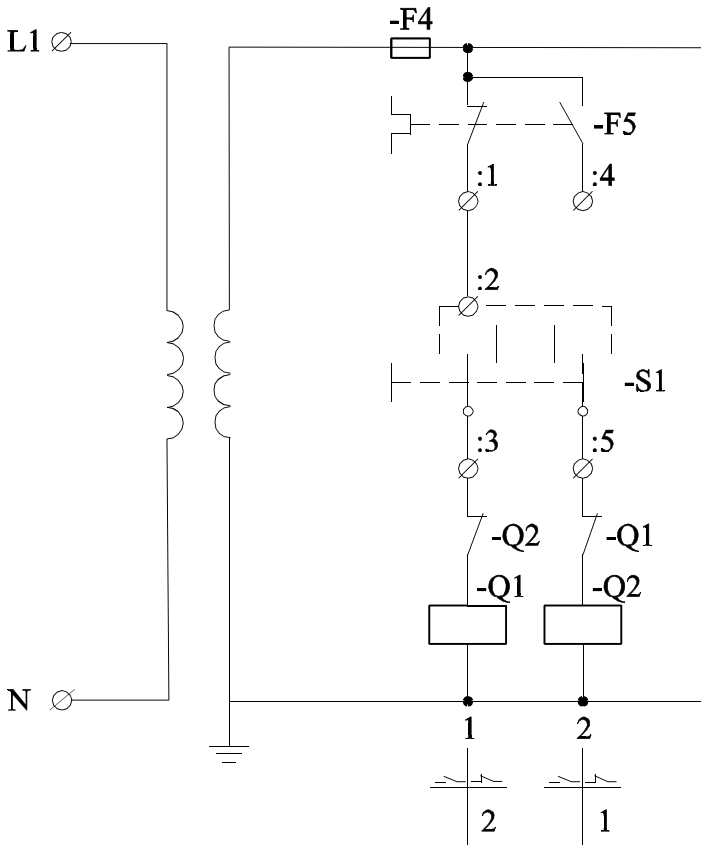


© EVU

Reversering med skiftekontakt

Styrestrømsskemaet viser en reversering, som betjenes via en omskifterkontakt S1 med nulstilling.

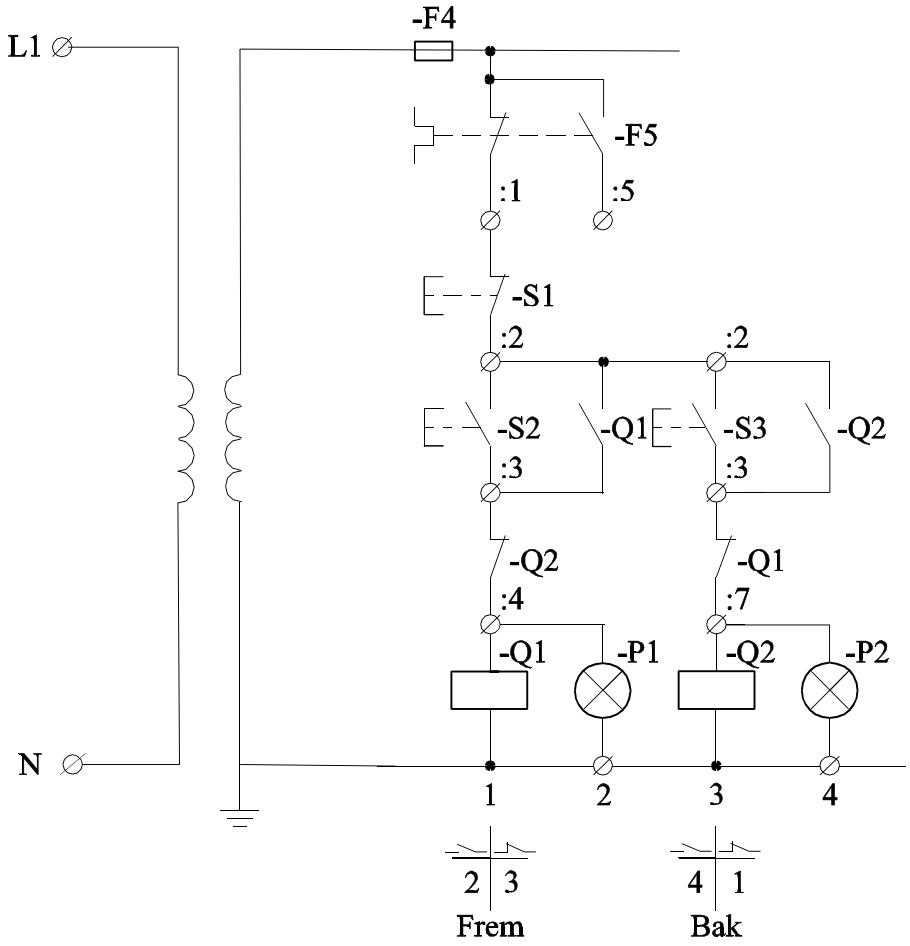
Kontakterne Q1 og Q2 forhindrer, at kontaktorerne kan være sluttet samtidig ved hurtig omskiftning eller ved fejl i omskifterkontakten.



© EVU

Reversering med trykkontakter

Styrestrømsskemaet viser en reversering, som betjenes via trykkontakter.



Gensidig spærring

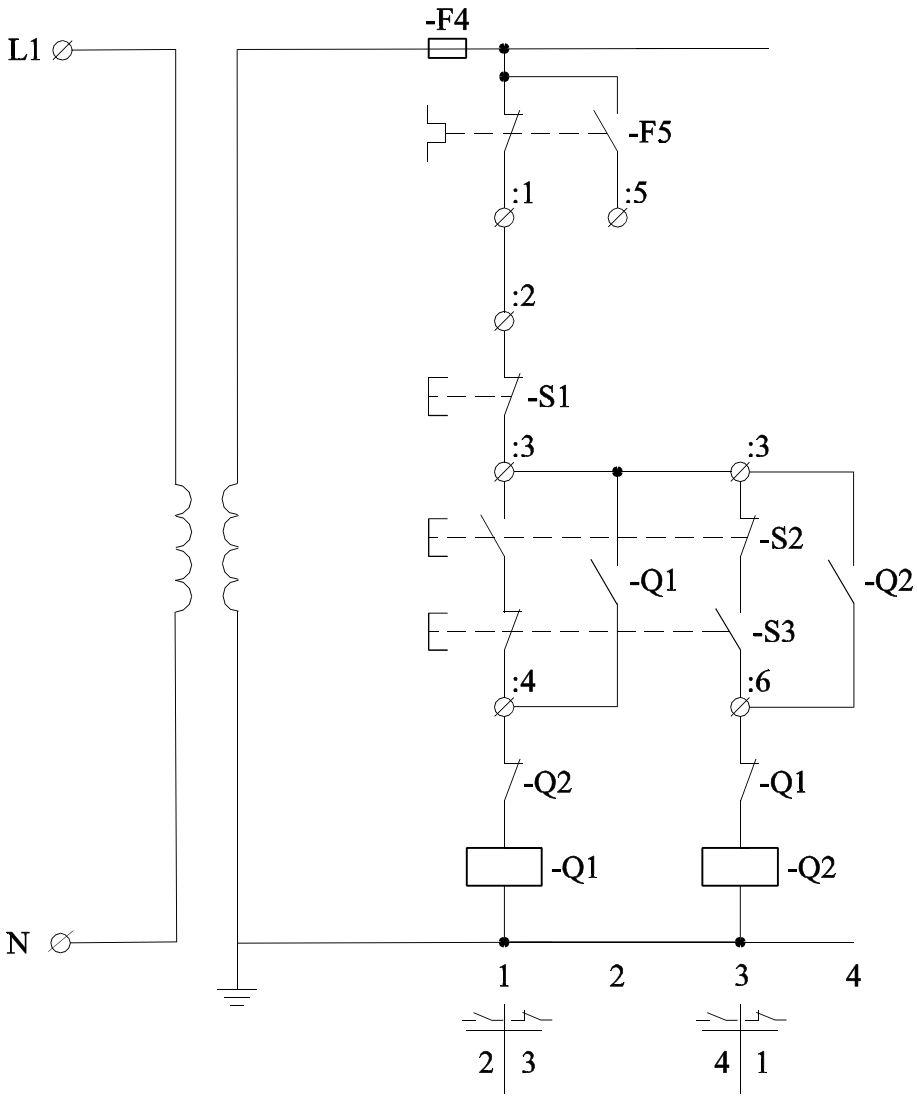
For at forhindre kortslutning mellem to faser forsynes reverseringsenheden med gensidig spærring (elektrisk gensidig spærring). Denne spærring udføres sådan, at når en kontaktor er sluttet, er forbindelsen til den anden afbrudt. Det er nødvendigt at udføre det på denne måde, da der ingen spærring er mellem S2 og S3. For at ændre omløbsretning er det derfor nødvendigt først at stoppe motoren ved tryk på S1.

I mere specielle tilfælde vil det endvidere kræves, at kontaktorerne er forsynet med mekanisk spærring.

© EVU

Reversering med kombinerede kontakter

Styrestrømsskemaet viser en reversering med kombinerede kontakter, hvor startspærringen kræver tryk på stop, før det er muligt at starte for modsat omløbsretning. I denne styring er der både lavet elektrisk spærring med starttrykkene og kontaktorerne.



© EVU

Polomkobling

I kortslutningsmaskiner med to hastigheder kan statoren være forsynet med to helt adskilte viklinger.

Polomkobling af to adskilte viklinger

To adskilte statorviklinger benyttes normalt for motorer, hvis drejefeltshastigheder er på 1500 og 1000 o/min, dvs., at de to viklinger har henholdsvis 4 og 6 poler.

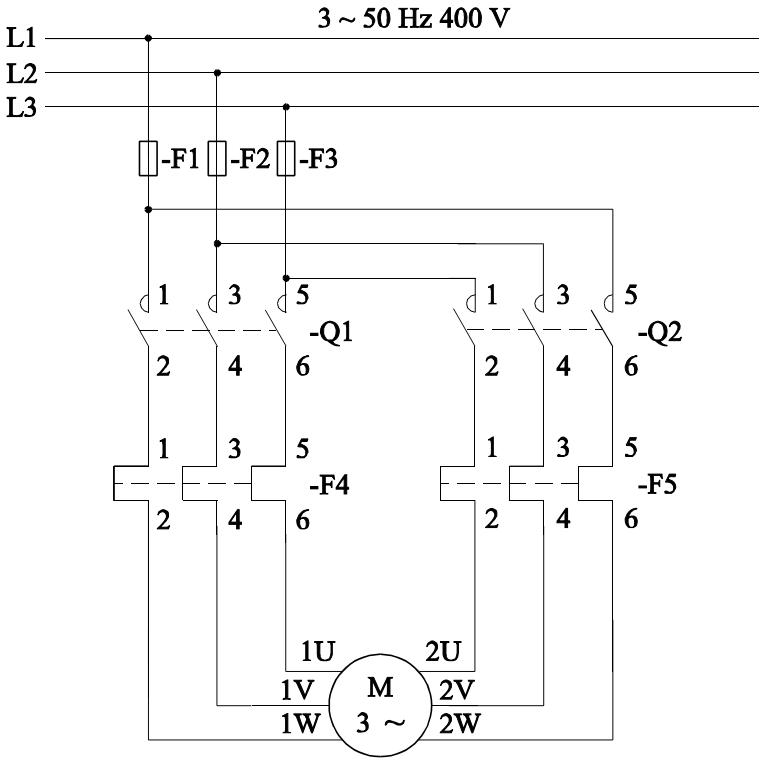
Hvis det af forskellige årsager er nødvendigt at kunne skifte direkte fra høj til lav hastighed, skal det tages med i risikovurderingen og efterfølgende beregninger, at den ikke arbejdende vikling kører som generator, når motoren er i drift.

Dette kan give nogle gevaldige indkoblingsstrømspidser, som er ødelæggende for både kontaktorerne og deres omgivelser. Der anbefales 40 millisekunders adskillelse mellem de to hastigheder til at lade restspændinger klinge af.

© EVU

Hovedstrømsskema

Den almindelige polomkobler for motorer med adskilte viklinger består af to motorværn.



Indstilling af motorværn

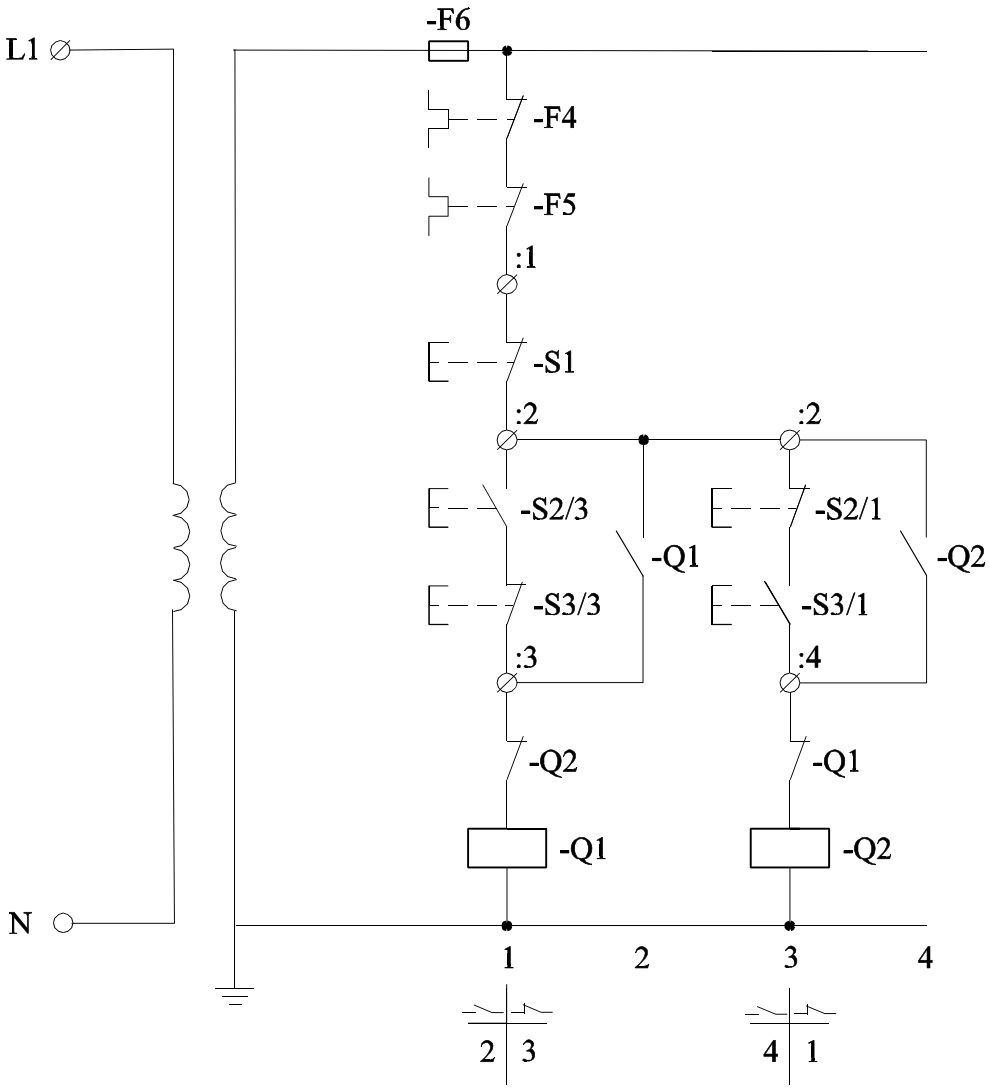
Da motorens fuldlaststrøm for de to hastigheder normalt er meget forskellig, skal der benyttes to forskellige indstillingsområder for de termiske relæer.Dette kan endvidere medføre, at der muligvis skal benyttes to forskellige sæt forsikringer, tilpasset hvert sit motorværn for henholdsvis høj og lav hastighed.

© EVU

Styrestrømsskema for polomkobler

Styrestrømsskemaet viser en styring for en motor med to adskilte viklinger, hvor der ved skift fra høj til lav hastighed (eller omvendt) først skal trykkes på stop via S1.

Denne styring ses også undertiden udført sådan, at skiftet mellem hastighederne kan ske direkte uden brug af stoptrykket. Det er der ikke de store problemer med rent elektrisk, da der ikke på noget tidspunkt kan ske en kortslutning af faserne i hovedstrømmen.



© EVU

Polomkobling af dahlandermotor

I kortslutningsmaskiner med to hastigheder kan statoren, i stedet for at være forsynet med to adskilte viklinger, være forsynet med en vikling, hvor hver fasevikling har midtpunktsudtag.

Denne viklingstype kaldes også for en dahlandervikling.

Ved kobling på lav hastighed tilsluttes der blot tre faser til tre motorklemmer.

Ved kobling på høj hastighed tilsluttes de tre faser til de tre andre motorklemmer, samtidig med at de tre klemmer til lav hastighed kortsluttes.

Alt efter motorfabrikat skal der muligvis også ske en ændring af faseføLgen.

Flere hastigheder generelt.

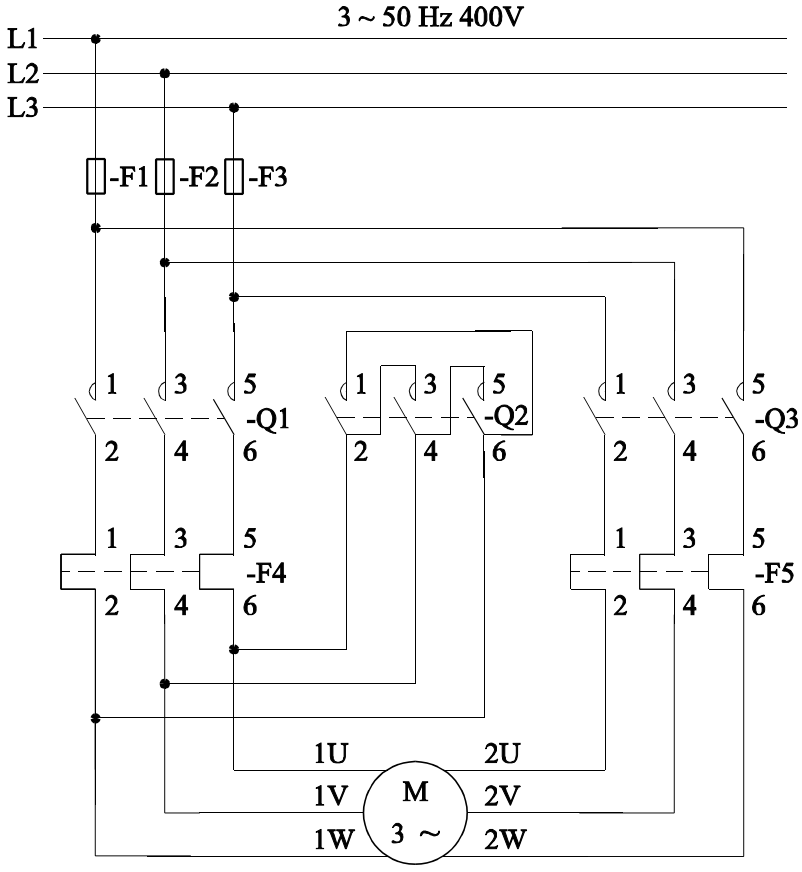
Motorer med dahlanderviklinger kan hver for sig køre med to hastigheder, hvoraf den ene er præcis halvdelen af den anden, fx 2800/1400 omdr./min

Motorer med adskilte viklinger kan udføres med alle standardhastigheder, fx 2800/900 omdr./min. Den mest anvendte er 1400/900 omdr./min.

© EVU

Hovedstrømsskema

Den almindelige polomkobler for motorer med dahlandervikling består af to termorelæer og tre kontaktorer.



Den specielle måde stjernerelæet er forbundet på, gør, at der laves et korrekt stjernepunkt når blot to af de tre kontaktsæt er i orden.

Eksemplet er medtaget for at vise mulighedernes mangfoldighed. Koblingen tilfredsstiller kravet om enkelfejltolerance, men da dette kun gælder for én af tre kontaktorer i igangsætteren, har det kun ringe betydning. En standardkoblet stjernekontaktor vil i en fejlfindingssituation være mere overskuelig at fejlfinde på.

© EVU

Indstilling af motorværn

Motoren med dahlandervikling optager ligesom motoren med adskilte viklinger forskellige strømme ved høj og lav hastighed. Derfor er det nødvendigt, at omkobleren forsynes med to termorelæer, der indstilles på hver sin strømværdi, svarende til motorens påstemplede værdier.

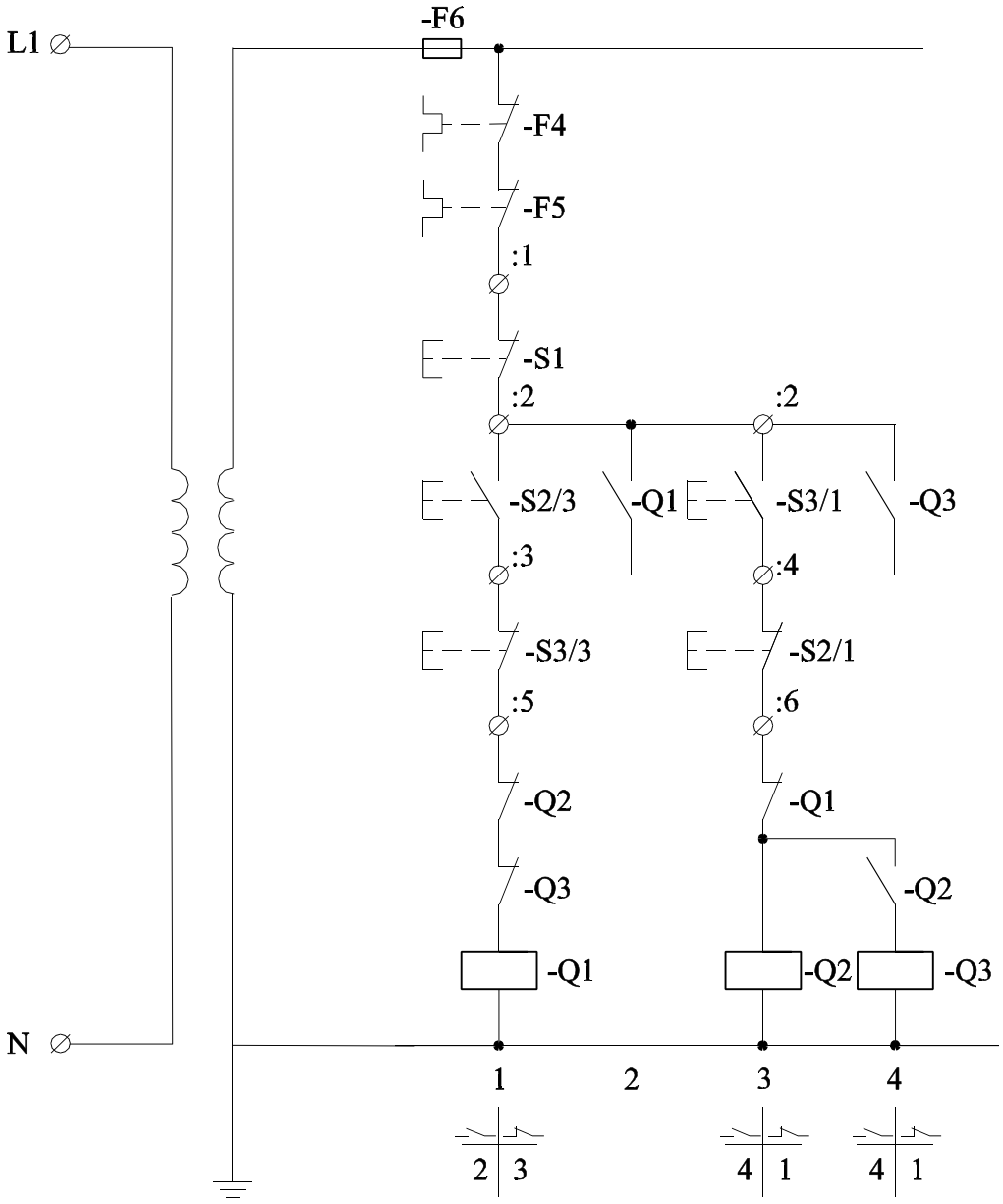
Det er endvidere vigtigt, at den strøm, der løber til stjernerelæet Q2, ikke kommer til at løbe gennem termorelæet F4, da denne strøm kan være større end F4's indstillede værdi.

© EVU

Styrestrømsskema for polomkobling af dahlandermotor

Efterfølgende styrestrømsskema viser styringen af en motor med dahlandervikling.

Der kan skiftes direkte mellem lav og høj samt omvendt uden at påvirke stoptrykket S1.



Hvis det af forskellige årsager er nødvendigt at kunne skifte direkte fra høj til lav hastighed, skal det tages med i risikovurderingen og efterfølgende beregninger, at dette kan give nogle gevaldige indkoblingsstrømspidser, som er ødelæggende for både kontaktorerne og deres omgivelser. Der anbefales 40 millisekunders

© EVU

adskillelse mellem de to hastigheder til at lade restspændinger klinge af.

Da det er vigtigt, at der laves et stjernepunkt, når motoren kører høj hastighed, er det her sikret, at relæet Q2, som laver stjernepunktet, altid indkobles, før der sættes spænding på motoren i høj hastighed ved hjælp af Q3. Der testes her for, at stjernepunktet ikke udebliver pga. en eventuel afbrændt spole.

Stjerne-trekantstart

I disse tider, hvor næsten 80 % af alle motorer forsynes gennem frekvensomformere eller softstartere må den automatiske stjerne-trekantstarter ikke glemmes.

Startmetoden kan anvendes ved motorer, hvor hver vikling er beregnet for netspændingen mellem to faser.

Idéen er at nedsætte spændingen over hver enkelt vikling med kvadratrod 3 i startperioden og dermed nedsætte startstrømmen tilsvarende.

Tidligere var der i store træk ikke andre metoder til at nedsætte startstrømmen, men i dag er der en bred vifte af muligheder.

Fordele:

- Startstrømmen nedsættes
- Startmomentet nedsættes (fxtil ventilatorer med kileremme).
- Alle strømme og spændinger er sinusformede med undtagelse af koblingstidspunktet.
- Der er kontrol over utilsigtet overhastighed
- Der kan anvendes almindelige PVC-isolerede kabler og ledninger.

© EVU

Ulemper:

- Manglende moment til maskiner med behov for stort løsrivelsesmoment
- Kobling mellem stjerne og trekant giver støj
- Ingen mulighed for tilsigtet overhastighed
- Hvis maskinen har behov for motorens fulde moment for at nå 100 % hastighed, opstår der et nyt startstrømstød i omkoblingssituationen.

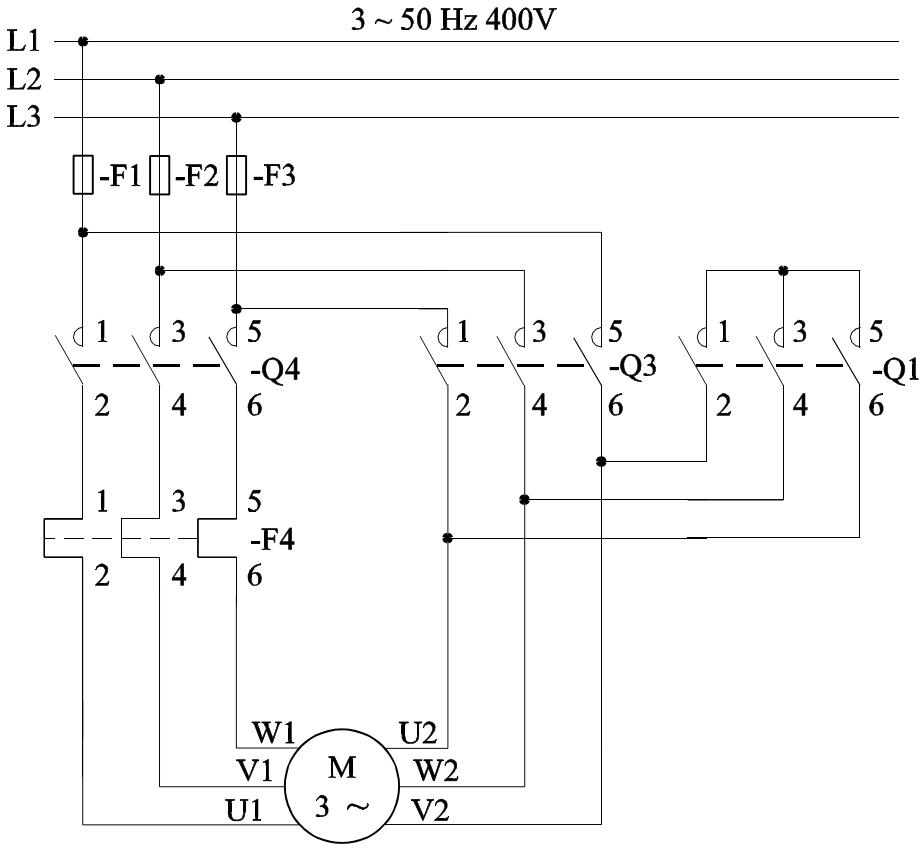
Den automatiske stjerne-trekantigangsætter har altså fordele såvel som ulemper, men det gælder også alle de andre typer af igangsættere. Opgaven lyder altså på at vælge den rette igangsætter til den enkelte opgave.

© EVU

Hovedstrømsskema

Termorelæet placeres i motorens faseledninger, således at de enkelte bimetaller gennemløbes af fasestrømmene. Dette betyder, at strømmen gennem et bimetal er $\sqrt{3}$ mindre end den netstrøm, der går i tilledningerne til omskifteren.

Den almindelige Y/D-omskifter består af et termorelæ og tre kontaktorer.



Dermed er motoren også delvist beskyttet, hvis styresystemet skulle svigte, og igangsætteren bliver i stjerne - stillingen.

Dette gælder dog ikke i alle situationer.

Hvis motorbelastningen ikke er stor nok i stjerne-stillingen til at udkoble motorværnet, vil motoren fortsætte driften med underspænding på statoren på $\sqrt{3}$. Dette er ikke noget problem for statoren, men for rotoren er det et stort problem. Der vil foregå en meget stor

© EVU

varmeudvikling i rotorstavene med fare for afbrænding og ikke mindst fare for udtørring af motorens lejer.

Indstilling af termorelæ

Ved skift fra stjerne til trekant er det vigtigt at tage nogle ting i betragtning.

Når stjernekontakten åbner, dannes der ret høje induktioner i viklingerne. Hvis trekantkontaktoren kobler ind, inden disse spændinger er klinget af, medfører det uforholdsmæssigt slid på kontaktorerne.

Der er behov for en tidsforsinkelse i størrelsesordenen 40 til 80 msek. mellem stjernekontaktorens udkobling og trekantkontaktorens indkobling

En supplerende metode

En supplerende metode er at undersøge, om man har dannet det rigtige vektordiagram ved omkoblingen. Afhængig af omløbsretningen skal motoren indhente 30 grader i vektordiagrammet eller falde 30 grader tilbage i omkoblingstidspunktet.

Ved højreløb passer standardkoblingen, men ved venstreløb skal der ændres på koblingen af trekantkontaktorens hovedstrøm.

Standardkoblingen for højreløb (se skema**):**

Vikling 1: (U 1 - U 2) L1 og L3

Vikling 2: (V 1 - V 2) L2 og L1

Vikling 3: (W1 - W2) L3 og L2

Kobling for venstreløb:

Vikling 1: (U 1 - U 2) L1 og L2

Vikling 2: (V 1 - V 2) L2 og L3

Vikling 3: (W1 - W2) L3 og L1

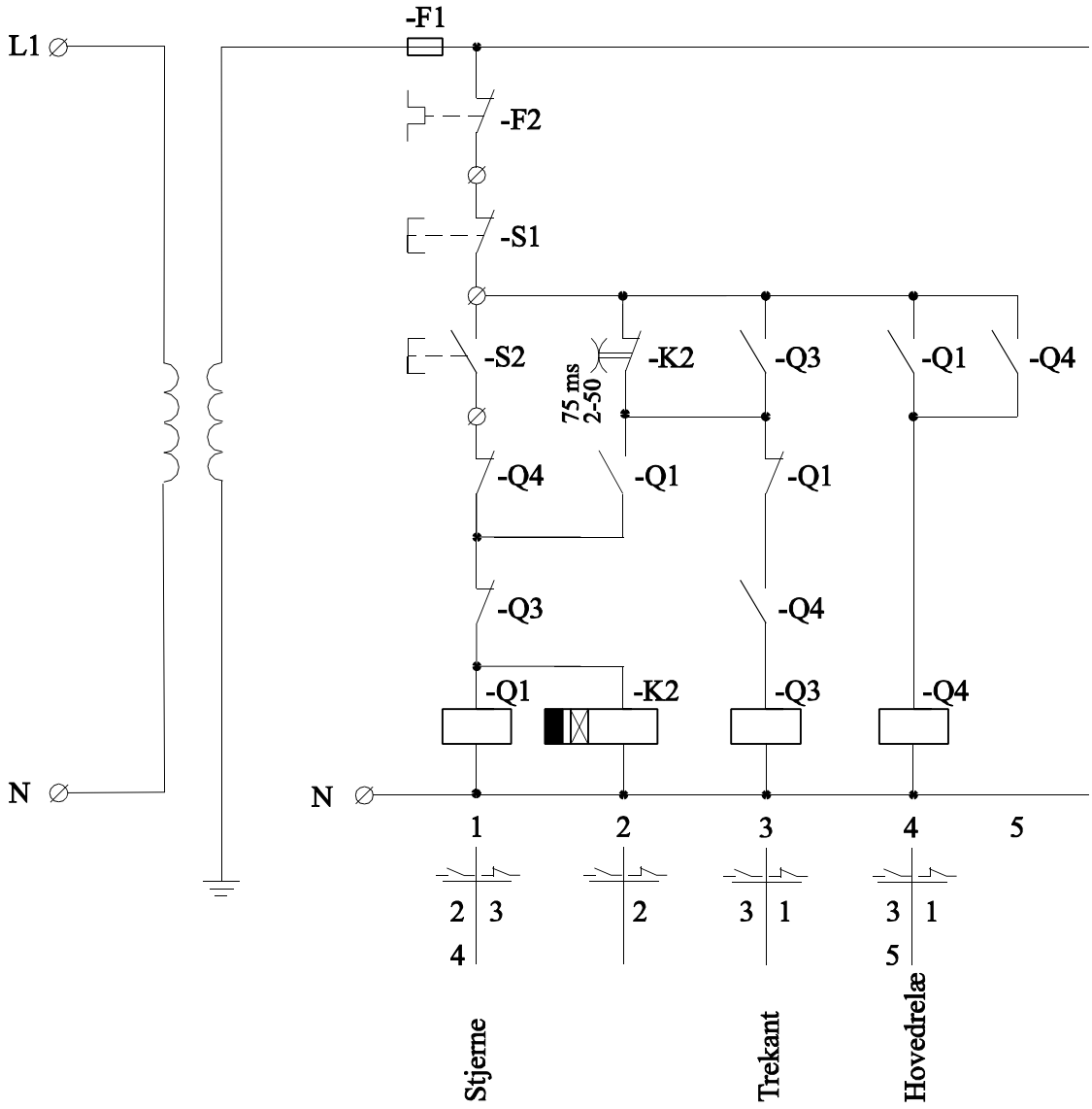
Drejefeltet i motoren er uændret ved den alternative kobling, men den giver en næsten gnistfri omkobling ved venstre omløbsretning af motoren.

© EVU

Stjerne-trekantstart af motor

Styrestrømsskemaet viser en trykkontaktstyret automatisk stjerne-trekantomskifter med justerbart tidsrelæ, som styrer, hvor lang tid motoren skal køre i stjerne, inden omskiftningen til trekant sker.

Desuden har tidsrelæet en fast tid på 75 ms, som forsinker omskiftningen fra stjerne til trekant.



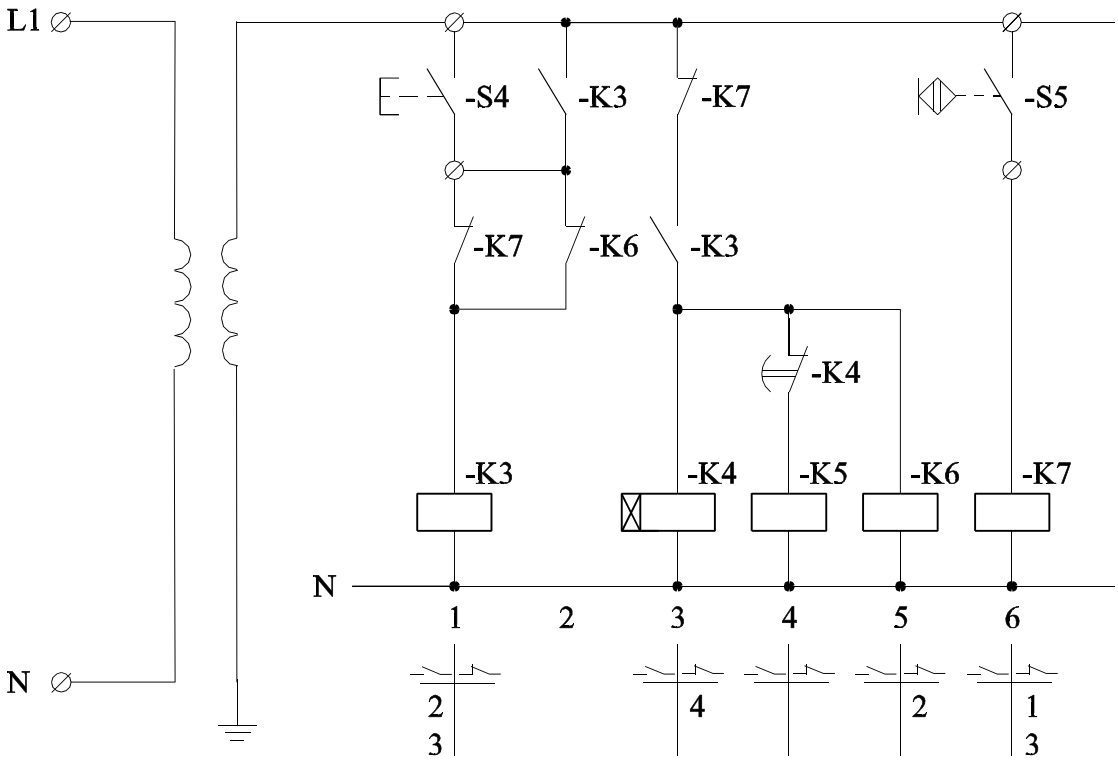
Det viste styrestrømsskema er èn af flere måder at løse opgaven på. Afhængig af de valgte komponenter kan der findes simplere metoder.

© EVU

Hasard

I automatiske anlæg med relæsystemer kan der optræde kapløb, også kaldet hasard, mellem to eller flere kontakter. Kontakterne "konkurrerer" om, hvem der først kan udføre ordre; resultatet kan være, at en tilstand, der ikke var tilsigtet, indtræffer.

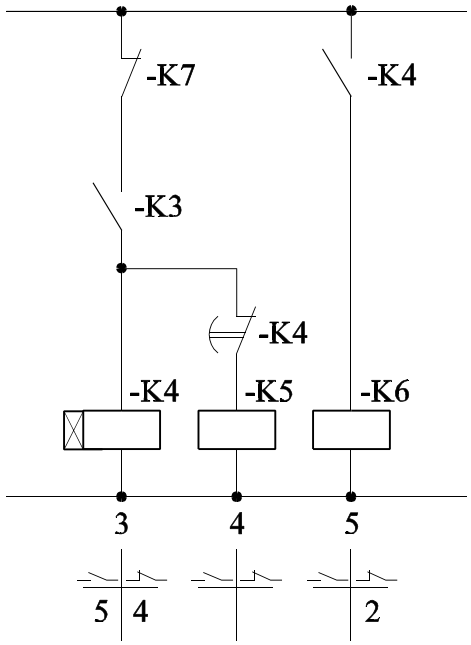
Ved opkald fra S4 indkobles via K3 (opkaldsrelæ) en aktivitet K5, K6 i et bestemt tidsinterval, K4. Når S5 (sletning af ordren) påvirkes, vil K7 slette opkaldet og stoppe aktiviteten. Der er imidlertid risiko for, at K6 i strømvej 2 kan genindkoble, inden K7 i strømvej 1 udkobler K3. Denne risiko indtræffer især i styringer, hvor ældre og yngre relæer sammenbygges.



© EVU

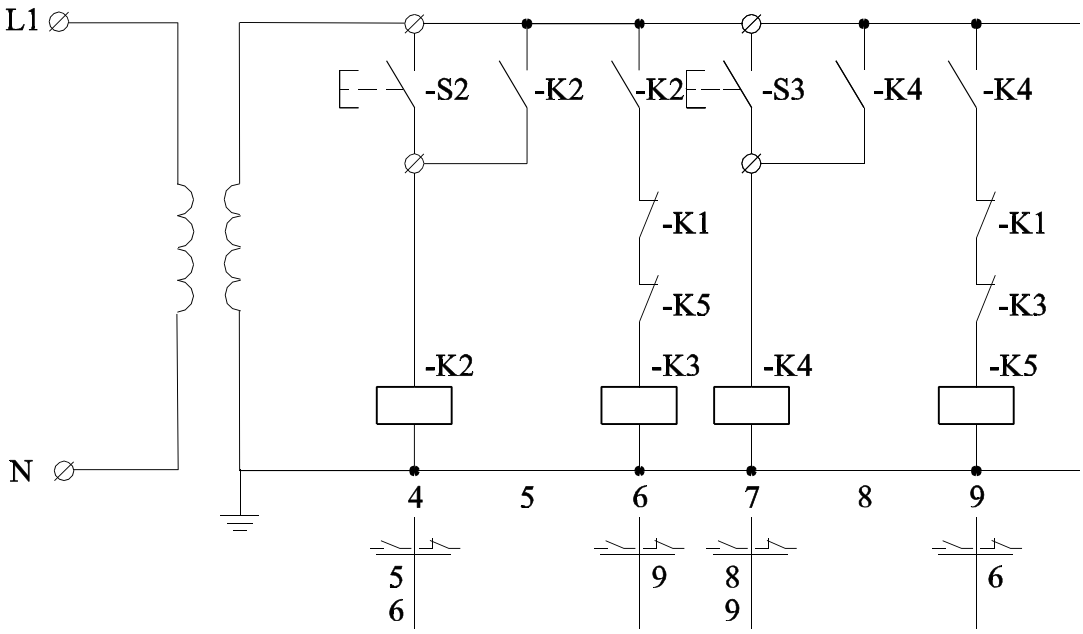
Løsning

Problemet kan løses ved at forsinke udkoblingen af K6 relæet i strømvej 5, fx over en kontakt K4.



Eksempel 2

Her optræder hasardproblemet ved et kredsløb med gensidig spærring.



© EVU

Et relæ K1 er indkoblet (dette relæ sidder et andet sted i styringen, dette er blot en del af en styring). Herefter foretages der opkald fra S2 og derefter fra S3. Når K1 relæet udkobler, vil der kunne optræde kapløb mellem K3 og K5, der spærrer gensidigt for hinanden. Dette kan få til følge, at relæerne ødelægges.

Solid State Relays

Solid State Relays forkortes SSR. Udtrykket kan oversættes til fast tilstands relæ eller fast stillings relæ.

Med andre ord; ***Solid state*** betyder, at der ikke er nogen bevægelige dele i relæet. Ordet relay betyder blot, at et SSR kan erstatte vores almindelige elektromekaniske relæ.

Hvis relæet har en plads i det sikkerhedsrelaterede styresystem (fx udgang til en bevægelig del), er der en lang række krav i standarderne for sikkerhedsrelaterede styresystemer, som skal tilfredsstilles.

I dette afsnit vil solid state relays blive benævnt SSR og elektromekaniske relæer benævnes EMR.

SSR findes i mange forskellige størrelser og har mange forskellige anvendelsesmuligheder. De findes i størrelser fra nogle få milliampere til flere hundrede ampere. De mindste fås i form af 8-bens IC-er, hvor kun de fire ben er benyttet til printmontage. De største til montage på køleplader med skruer til ledningsmontage. Der findes SSR til både AC og DC, til AC findes de i en-faset og tre-faset udførelse.

Et typisk SSR har fire klemmer; 2 klemmer til input (indgang) og 2 klemmer til output (udgang).



Det vil så være muligt, ved at lægge en DC-spænding på mellem 3 til 32 volt DC på indgangsklemmerne, at få udgangen gjort aktiv (ledende/sluttet). Ved at fjerne spændingen fra indgangen igen kan man få udgangen gjort ikke aktiv (ikke ledende/ikke sluttet). Det betyder at man ved hjælp af en lille DC-spænding kan tænde/slukke for en stor AC-strøm. Der findes også SSR,

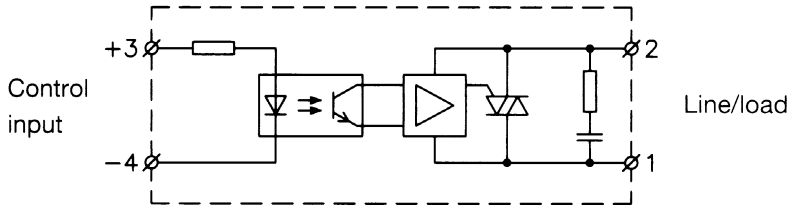
© EVU

der kan styre med en AC-spænding på indgangen samt SSR, der kan tænde/slukke for store DC-strømme.

SSR kan altså anvendes, hvor man har en lille spænding som styresignal, anvendes i forbindelse med elektroniske styringer, PC-styringer og PLC/PPC-styringer samt andre steder, hvor man har brug for hurtige og kontrollerede koblinger.

Virkemåde for SSR

For at forstå virkemåden af en SSR kan man med fordel kigge på et principdiagram for en SSR.



Diagrammet viser relæets fire klemmer, to input-klemmer og to output-klemmer, og hvad der kan være inde i et SSR.

Et SSR skal tænkes opdelt i tre dele; en input-del, en forstærker/styredel og en output-del.

Input-delen kan være, som vist her, en optokobler, der sikrer den galvaniske adskillelse med output. Der kan også benyttes reed-kontakt frem for optokobler. Sidstnævnte kan også være udvidet med polaritets- og overspændingsbeskyttelse.

Typiske data for input:

Spændingsområde: 3 til 32 volt DC

Mindste spænding for aktivering: 3 volt

Spænding for deaktivering: 1 volt

Maks. modsat spænding 32 volt DC

Input impedans: 1,5 kΩ

Maks. aktiveringstid: 10 msek.

Forstærker/styredelen har til opgave at bestemme, hvornår det rigtige signal kommer ind, og ud fra dette

© EVU

at bestemme, hvornår output skal aktiveres. Denne del vil være forskellig for de forskellige typer af SSR.

Output-delen består her af en triac og et RC-led. Triacen har til opgave at være ledende eller ikke ledende, afhængig af signalet fra forstærker/styredelen. RC-ledet har til opgave at dæmpe transienter fra effektsiden. Output-delen kan være forskellig, afhængigt af typen af SSR. Output-delen vil typisk være en triac, thyristor eller en transistor med eller uden transient-dæmpningsled i forskellige koblinger, afhængig af konstruktørens anvendelsesforslag.

Typiske data for output:

Maks strøm: 25 A AC

Minimum strøm: 20 mA

Maks spidsstrøm i 1 sek: 50 A

Maks spidsstrøm i 20 msek: 200 A

Lækstrøm: mindre end 5 mA

Maks I^2t: mindre end 200 A^2sek

Kritisk dI/dt: større end 10A/µsek

Spændingsfald ved on: mindre end 1,6 volt

Kritisk dV/dt commutation: større end

10 volt/µsek

Kritisk dV/dt off-state: større end 250 volt/µsek

© EVU

Styre-føleorganer

Styre- og føleorganer har i vid udstrækning en plads i den sikkerhedsrelaterede del af maskinens styresystem. Det er derfor vigtigt at vente med at vælge type og fabrikat, indtil der er foretaget risikovurdering på den maskine, som skal have påbygget et styresystem.

De vigtigste parametre i denne sammenhæng er:

- Det krævede performance level i forhold til ISO 13849-1
- Det krævede SIL-niveau i forhold til IEC 62061
- De krævede kategorier i forhold til ATEX-direktivet.
- Det krævede niveau af elektrisk sikkerhed i henhold til EN 60204-1, fx anvendelse af PELV.

Men der kan også være andre krav som:

- Kundekravspecifikationen
- Krav om overholdelse af IEC-standarder

Styre- og føleorganer er udstyr, der omsætter en ydre påvirkning til et elektrisk signal. Eksempler på direkte virkende styre- og føleorganer, der omsættter en mekanisk påvirkning, er:

Niveauvagter

Membrankontakter

Niveauvipper

Roterende vingemeldere

Mikroomskifter.

Endesto.

Manuelle betjeningskontakte.

Termostater

Pressostater

Kontakture

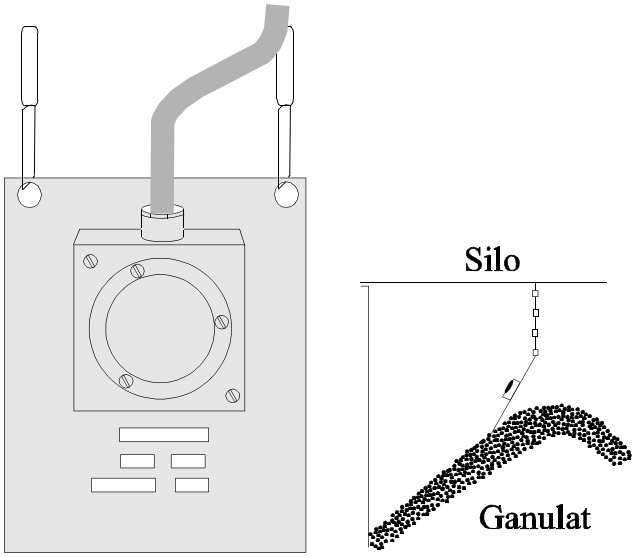
© EVU

Niveauvagt

Niveauvagten anvendes til fyldemelding i siloer for korn, plastgranulater, kaffe, sten og mange andre materialer.

Opbygning

Niveauvagten er en plade af rustfrit stål, der er ophængt i to kæder. På pladen er påmonteret en dåse, hvori der er anbragt en kviksølvkontakt. Kviksølvkontakten er som regel enten en bryde- eller en sluttekontakt.



Karakteristiske data

Data for niveauvippe er nævnt i det følgende.

Kontakter: Slutte- eller brydekontakt
2 A 250 V AC

Membrankontakt

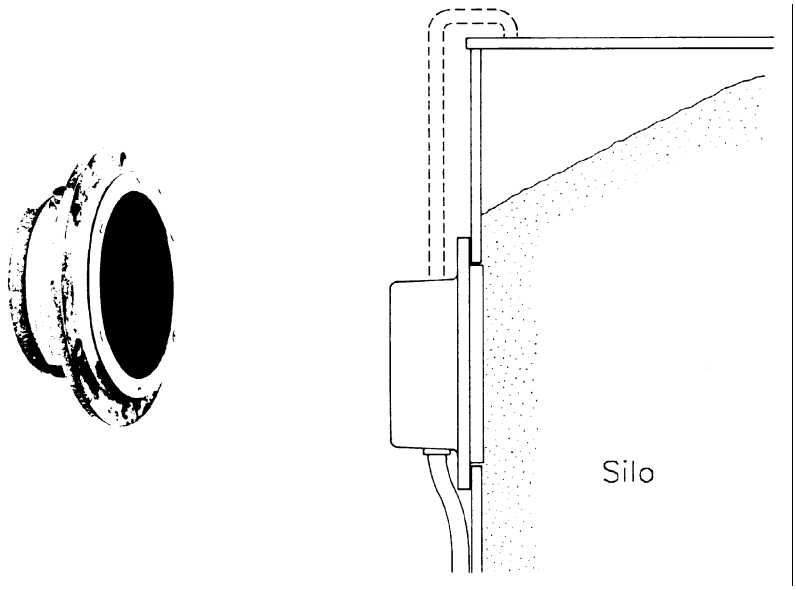
Membrankontakten anvendes til fyldemelding i siloer.

Opbygning

Membrankontakten har indbygget mikroomskifter, der bliver aktiveret af den opbevarede vares tryk mod membranen.

Betjeningstrykket afhænger af membrantype og fjeder.

© EVU



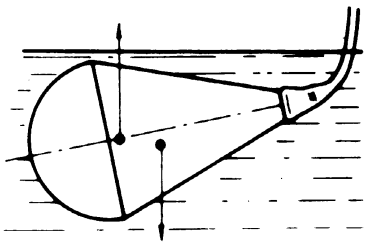
Ved siloer med overtryk kan en rørledning udligne lufttrykket.

Karakteristiske data

Data for membrankontakt er nævnt i det følgende.

Kontakter:	Omskifterkontakt
	6 A 400 V AC
Membran:	Oliebestandig perbunan
Hus:	Letmetal

Niveauvippe



Niveauvippen er en svømmeafbryder til niveauindikering af væsker.

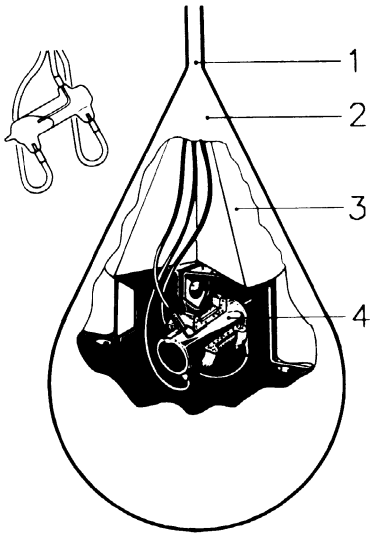
Den består af en dråbeformet PVC-klokke, der er vandtæt forbundet med et bevægeligt kabel, der samtidig tjener som bæretov.

Niveauvippen hænger lodret i luft, men ligger vandret i væske uden at flyde på overfladen.

Skal niveauet ændres, hæves eller sænkes niveauvippen et passende stykke i kablet.

© EVU

Opbygning



Inden i vippen er der monteret en kviksølvkontakt og en ballast.

Ballasten sørger for, at tyngdepunktet og PVC-klokkens opdriftspunkt forskydes for hinanden, således at niveauvippen kæntrer på samme måde, hver gang væsken stiger op omkring den.

Niveauvippen fås med omskifter, bryde- eller sluttekontakt.

1. Plastisoleret kabel.

   Niveauvippen ophænges direkte i kablet.
2. Dråbeformet krop af hård PVC.
3. Ballast, der er asymmetrisk udformet og placeret således, at vippen hænger lodret i luft, men indtager vandret stilling i væske.
4. Stødsikker befæstet kviksølvafbryder.

Niveauvippen har et stort anvendelsesområde, der kan fx nævnes:

- pumpestationer for kloakvand, drikkevand eller grundvand.
- kemisk industri i forbindelse med f.eks. soda og farver m.v.
- niveauregulering i ballasttanke om bord på skibe.

Karakteristiske data

Data for niveauvippe er nævnt i det følgende.

Kontakter:	Omskifterkontakt
	10 A 250 V AC
Hus:	PVC

Roterende vingemelder

Den roterende vingemelder anvendes i forbindelse med niveauregulering i siloer, beholdere og rør m.v.

Denne niveaumelder har den fordel, at den er ufølsom over for lufttrykssvingninger, elektrostatisk opladning og støvudviklinger m.v..

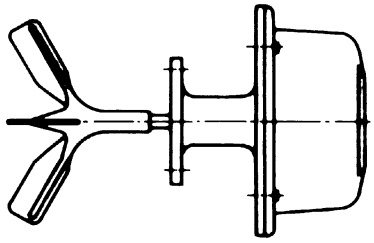
Niveaumelderen kan anvendes i forbindelse med mange forskellige granulater, fx mel, salt og sukker m.v.

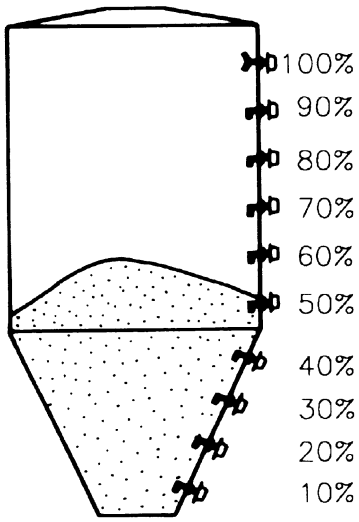
© EVU

Niveaumelderen kan endvidere anvendes med granulater op til ca. 30 mm i størrelse.

Flere af de ovennævnte områder er omfattet af ATEX-direktivets bestemmelser om eksplosionsfarlige områder zone 20 til 22

Opbygning





Huset er udført i aluminium og indeholder en lille 230 V motor.

Rotoren drejer rundt med ca. 5-6 o/min. Når granulatet kommer op i den højde, hvor vingen er anbragt, standses denne, hvorimod motoren i huset drejer, indtil den påvirker en kontakt.

Når granulatet igen frigør vingen eller rotoren, vil motoren gå tilbage til sin oprindelige stilling, hvorved kontakten ligeledes frigøres på ny.

Niveaumelderen fremstilles i to forskellige udførelser:

1. Der findes forskellige opbygninger med én til fire vinger af forskelligt materialer (fremmedlegemer direkte i fødevarer er problematiske).
2. Rotoren har en vinge af stål og er endvidere forsynet med en friktionskobling.

Denne type er beregnet til grovere granulater.

Den roterende vingemelder kan også anvendes ved signalgivning i forbindelse med siloanlæg.

Ved hjælp af lysgivere kan det ses, hvor meget granulat der er tilbage i siloen.

© EVU

Karakteristiske data

Data for roterende vingemelder er nævnt i det følgende.

Kontakter: Omskifterkontakt
6 A 230 V AC

Motor: 220 V AC forbrug 20 W

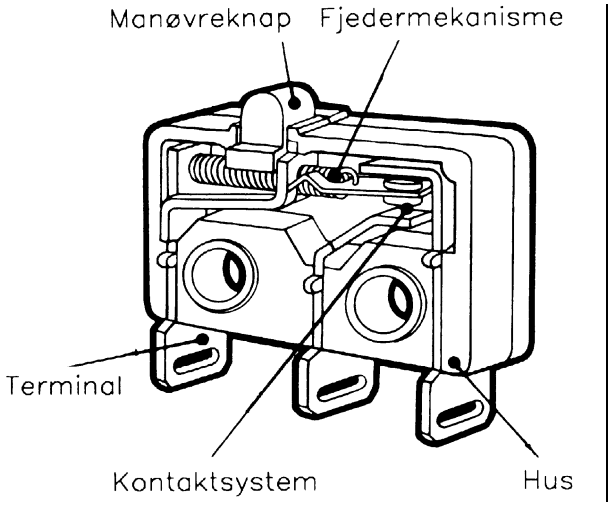
De viste oplysninger skal granskes. Er der fx adskillelse nok mellem motorstrøm og signal til, at PELV eller egensikre funktioner ikke genereres.

Mikroomskifter

Mikroomskiftere eller mikroswitches anvendes, hvor det er nødvendigt at omsætte forskellige former for mekaniske bevægelser eller påvirkninger til elektrisk styring.

Opbygning

Kontaktsystemet i mikroomskifteren er normalt indbygget i et hus af plastmateriale, men det kan også være udført med åbne kontakter.



Kontaktfunktioner af den viste type har ikke tvangsførte funktioner, hvilket medfører uanvendelighed i sikkerhedsrelaterede styrefunktioner fx. hvis en fejlfunktion kan medføre en eksplosion i en melsilo.

© EVU

Omskifteren fås med forskellige påvirkningsdele, som fx trykknap med rulle, manøvrearm eller manøvrearm med rulle.

Påvirkningsdele

Eksempler på forskellige påvirkninger af mikroomskifteren.



De viste switches har ikke tvangsførte funktioner og kan ikke anvendes til sikkerhedsrelaterede formål.

Kontaktsystem

Mikroomskiftere udføres med forskellige kontaktfunktioner.

Kontaktterminalerne er som regel mærket på følgende måde:

Mærket C eller COM betyder: fælles (common).

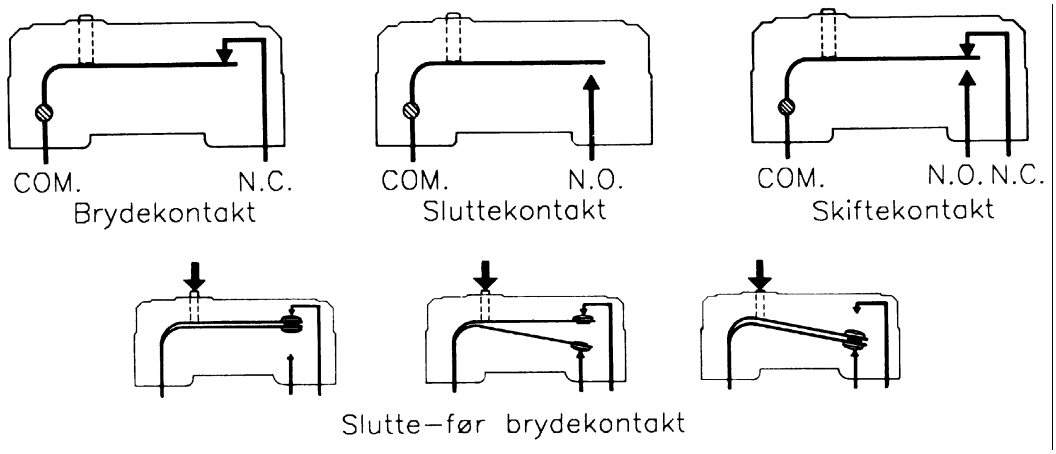
Mærket NC betyder: normalt sluttet (normally closed).

Mærket NO betyder: normalt åben (normally open).

© EVU

Eksempler

Eksempler på kontaktfunktioner:

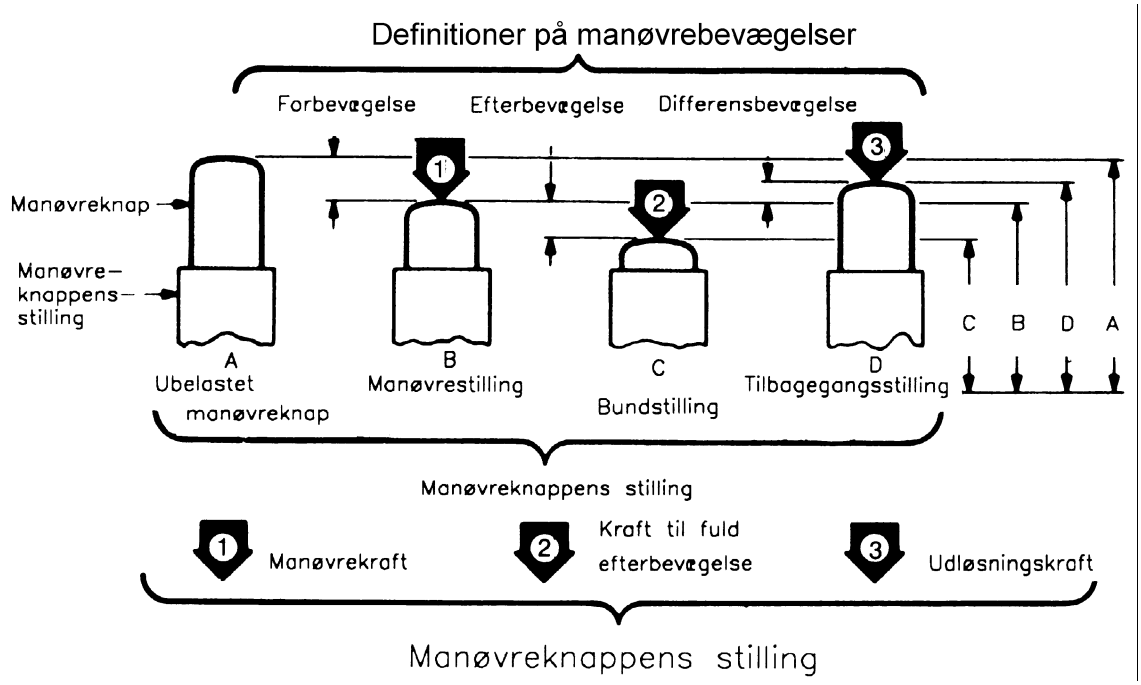


Eksemplet øverst viser tre mikroomskiftere med normalt skifteforløb. Det nederste eksempel viser en speciel mikroomskifter med slutte-før brydekontakt; denne funktion opnås ved, at der er to skiftearme, og ved at manøvreknappen trykker den nederste del ned, før den øverste del påvirkes.

© EVU

Mekanisk påvirkning

Såfremt en mikroomskifter skal fungere tilfredsstillende, er det en betingelse, at den passer til de mekaniske påvirkninger, den udsættes for.



Manøvrekraften

Manøvrekraften er den kraft, manøvreknappen skal påvirkes med for at få et kontaktskift.

I de fleste tilfælde er der rigelig kraft til rådighed for påvirkning af mikroomskifteren, men skal der fx detekteres lette påvirkninger, må der anvendes omskiftere med ringe manøvrekraft.

Udløsekraften

Udløsekraften er den kraft, der blivende kan påvirke manøvreknappen, når kontakten går tilbage til hvilestilling. Det er altså den påvirkning, der altid må være tilstede.

Forbevægelsen

Forbevægelsen er den bevægelse, manøvreknappen foretager, før kontakten går fra den ene stilling til den anden.

© EVU

Efterbevægelsen

Efterbevægelsen efter kontaktskift er en bevægelse, som bestemmes af et indvendigt stop.

Differensbevægelse

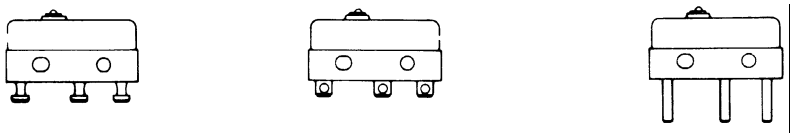
Differensbevægelsen er den mindste bevægelse, som manøvreknappen skal foretage for at give et kontaktskift.

Temperaturufølsomhed

Almindelige mikroomskiftere fungerer tilfredsstillende i omgivelsestemperaturer op til ca. 80 °C.

Tilslutningsmuligheder

Mikroomskiftere fremstilles med forskellige tilslutningsmuligheder, fx loddeterminaler, skruetilslutning eller stikben.



Tilgængelighed

Af hensyn til vedligeholdelse og reparation bør indkapslede omskiftere monteres, således at de er let tilgængelige.

Dækslet bør derfor vende ud mod det sted, hvorfra vedligeholdelse lettest kan foretages.

Hvis komponenten er omfattet af kravene i ATEX-direktivet er der meget begrænsede muligheder for reparation på stedet.

Ødelæggelse

Olie, der kommer ind i omskifterens mekanisme, kan blive forkullet i den varme, der opstår ved den normale gnistdannelse under omskifterens funktion.

Tilstedeværelsen af disse kulpartikler kan medføre krybestrøm mellem kontakterne.

Ligeledes kan fugtansamlinger, støv- eller slibepartikler forårsage slid eller blokering af den ubeskyttede mekanisme.

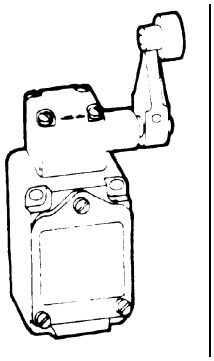
© EVU

Karakteristiske data

Data for mikroomskiftere er nævnt i det følgende.

Kontakter: Omskifterkontakt 5-10 A 230 V AC.

Endestop

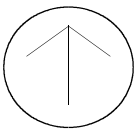


Endestop anvendes som led mellem det mekaniske og det elektriske system, således at de mangeartede mekaniske bevægelser og påvirkninger kan omsættes til elektrisk styring.

Hvis et endestop anvendes til en sikkerhedsrelateret funktion, skal det vælges ud fra resultatet af en risikovurdering. Det skal som et minimum være tvangsført.

Det synlige tegn på tvangsføring er en cirkel med en pil inden i. Dette tegn skal findes på såvel hoved som krop, idet flere fabrikanter markedsfører en fælles krop, som tilfredsstiller kravene, mens ikke alle hovederne i kataloget opfylder dette krav. Det viste endestop kan ikke tilfredsstille denne funktion, idet den ene af bevægelserne er afhængig af en fjeder og kontaktens velbefindende.

Tvangsføring



Cirkel med pil betyder, at der er sikkerhed for at en mekanisk bevægelse fører til en elektrisk funktion.

EN 1088

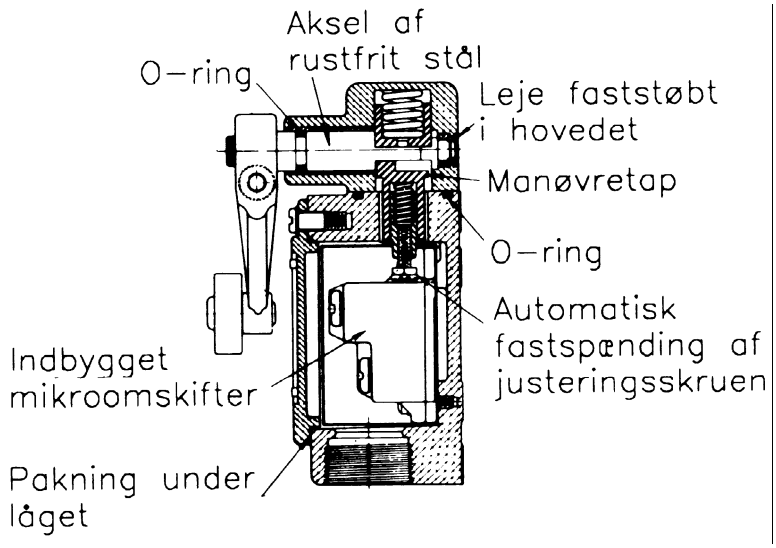
Den harmoniserede standard EN 1088 er et godt værktøj til design af sikkerhedsrelaterede funktioner og udvælgelse af de dertil hørende tvangsførte funktioner.

© EVU

Opbygning

Et endestop består af et kontakthus og en påvirkningsdel.

Kontakthuset indeholder kontaktsystemet, der som regel er en mikroomskifter.



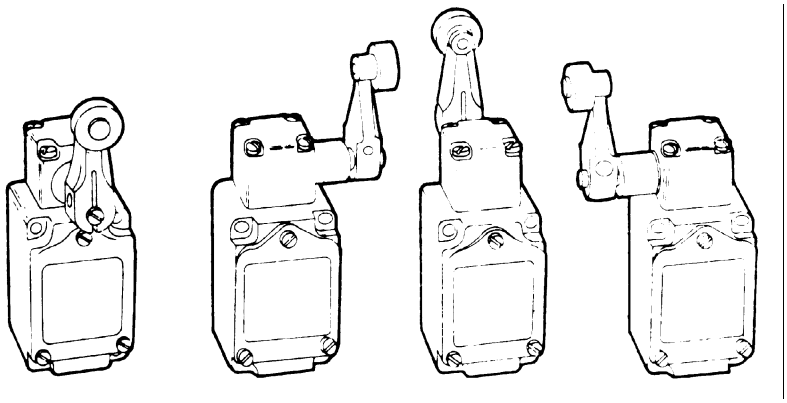
Påvirkningsdelen skal tilpasses endestoppet og den pågældende maskindel. Påvirkningsdele forekommer i mange forskellige udførelser og til mange forskellige formål.

Valg af korrekt påvirkningsdel er meget vigtig, idet forkert overførsel af den påvirkende bevægelse til omskifteren ofte er årsagen til, at endestop nedbrydes mekanisk.

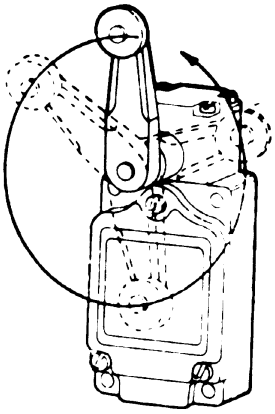
© EVU

Påvirkningsdele

Tegningerne herunder viser eksempler på endestop med manøvrearm og rulle.

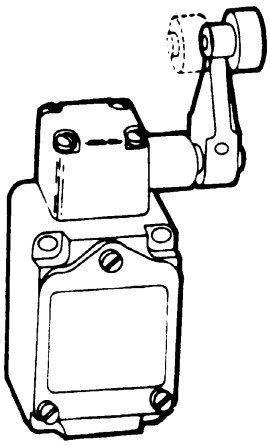


Endestop med manøvrearm, hvor manøvrehovedet kan anbringes i fire forskellige stillinger, vinkelret på hinanden.



Endestop, hvor manøvrearmen er 360° indstillelig.

Endestop, hvor rullen kan anbringes enten på indersiden eller ydersiden af manøvrearmen.

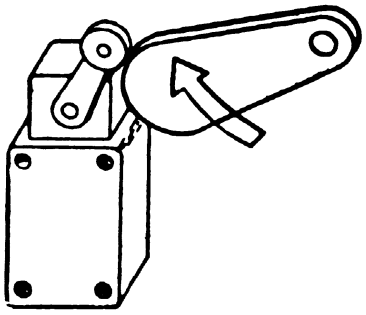


Bevægelser

Endestoppet og maskindelens bevægelser kan tilpasses på flere måder, fx som beskrevet i det følgende.

© EVU

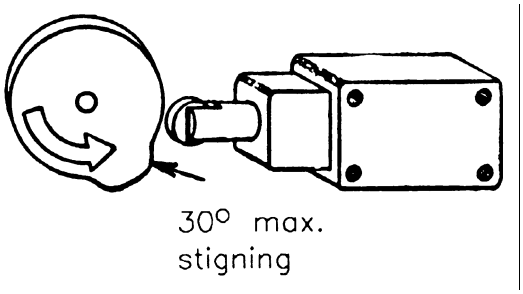
Roterende bevægelse



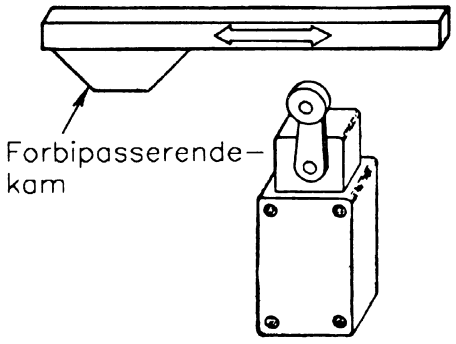
Da en roterende anordning også yder et vist sidetryk på påvirkningsdelene, benyttes der oftest en manøvrearm med rulle til disse opgaver.

Endestoppet bør så vidt muligt monteres parallelt med kamhjulets forkant og altid således, at kræfterne virker i samme retning som manøvrearmens drejeretning.

Hvor pladsforholdene ikke tillader manøvrearm, kan der anvendes en trykarm med rulle, men på grund af sidetrykket benyttes der kamhjul, hvor kammens stigning ikke overstiger 30°.



Lineær bevægelse



En kam (fremspring) på en lineær bevægelig del, der påvirker et endestop, vil ligeledes frembringe et sidetryk, hvorfor de samme betragtninger som ved roterende bevægelse gør sig gældende.

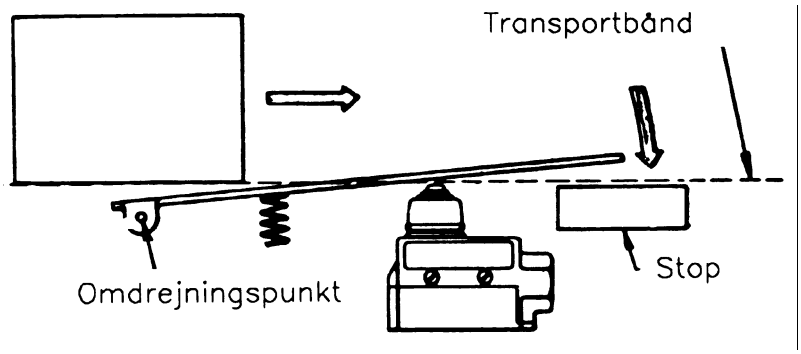
En kam må ofte passere hen over endestoppet, også på tilbagevejen.

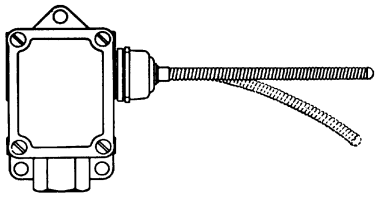
For at forhindre, at der skabes elektrisk kontakt på tilbagevejen, må der benyttes en omskifter, der kun reagerer på påvirkning fra én side.

© EVU

Variabel bevægelse

Sker påvirkningen fra store og uregelmæssige genstande i bevægelse, som det kan være tilfældet på et transportbånd, er den almindeligste løsning at lade genstandens vægt påvirke en fjerderbelastet arm, hvis efterbevægelse begrænses af et stop.





Anvendes ekstra lang manøvreanordning, bør der benyttes specielle endestop, der er konstrueret til formålet.

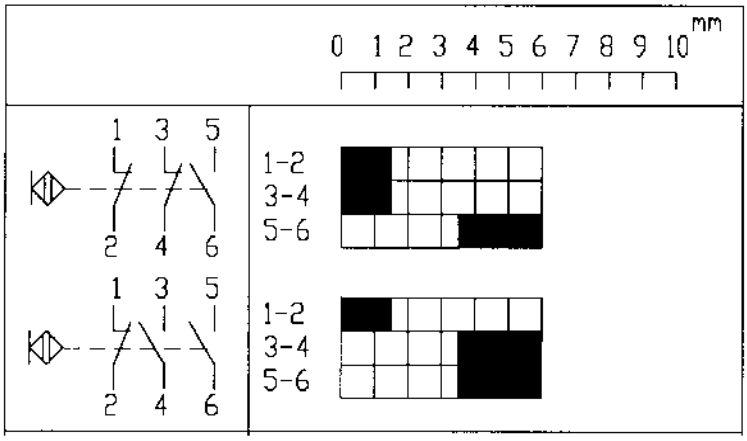
Er det nødvendigt, at endestoppet påvirkes direkte af en variabel bevægelig genstand, bør der anvendes endestop, hvor påvirkningsdelen består af en spiralfjeder, som tillader påvirkning fra alle sider.



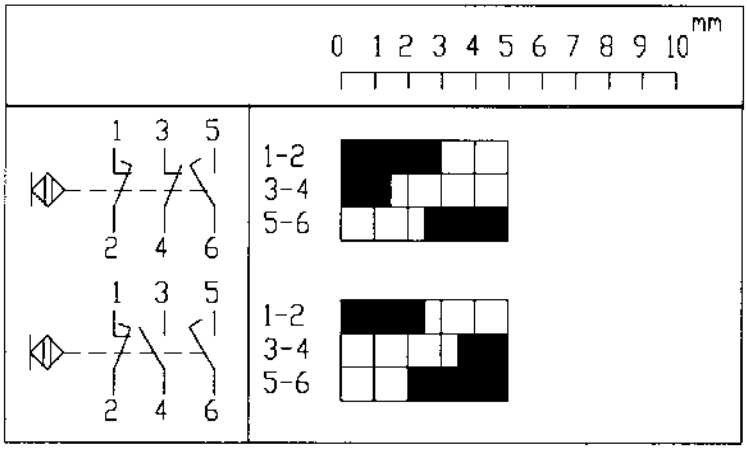
© EVU

Kontaktkombinationer

Tabellen viser forskellige kontaktkombinationer.



I dette eksempel er det vist, at NC kontakterne bryder, når manøvreknappen er påvirket 1,5 mm. NO kontakterne slutter derimod først, når manøvreknappen når 3,5 mm påvirkning. Dette endestop har derfor brydefør sluttefunktion.



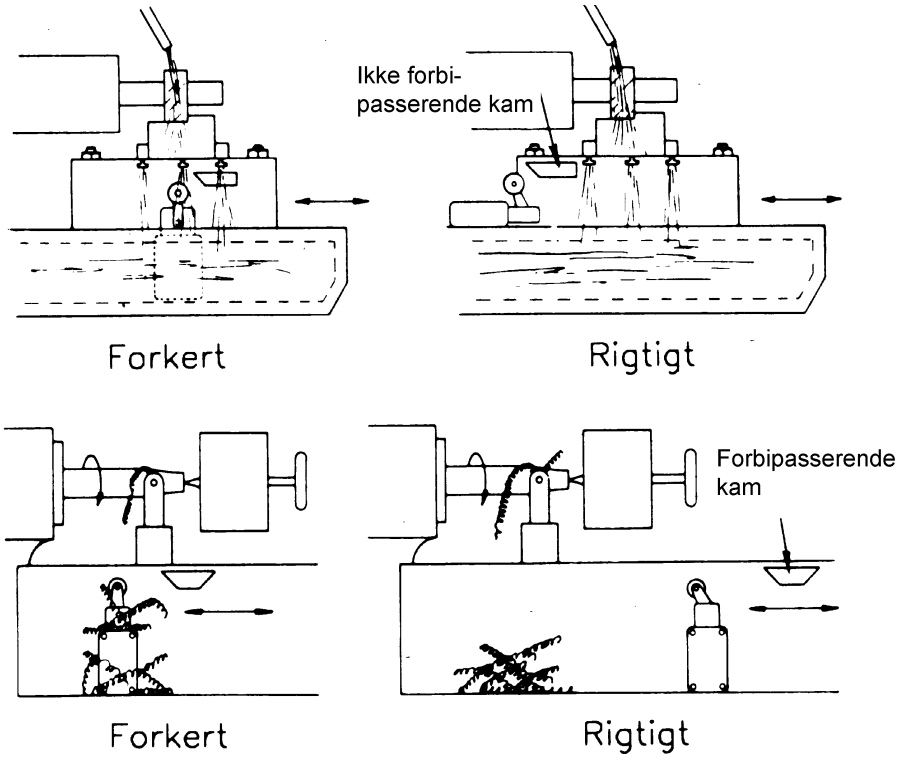
I det øverste eksempel har NC-kontakten 1-2 en sen brydefunktion ved en påvirkning på 3 mm, NC-kontakten 3-4 har normal brydefunktion ved en påvirkning på 1,5 mm, og NO-kontakten 5-6 har tidlig sluttefunktion ved en påvirkning på 2,5 mm. Det betyder, at der er mulighed for at lave slutte før bryde med dette endestop.

I det nederste eksempel er der en sen bryde-, en normal slutte- og en tidlig sluttefunktion.

© EVU

Montage

Skitserne viser nogle eksempler på forkert og rigtig montage af endestop.



I det øverste eksempel er det en klar fordel at placere endestoppet, hvor det ikke bliver oversprøjtet af væske.

I det nederste eksempel er det derimod drejespåner, der er problemet. Hvis endestoppet bliver dækket af spåner, kan manøvrearmen ikke bevæges frit.

Tvangsbrydende kontakter

Når et endestop med tilhørende krop er mærket med cirkel og pil, må man formode, at den kan udføre en tvangsbrydende funktion. Dette skal forstås således, at hvis kontaktsættet er svejset, vil der under alle omstændigheder komme et brud ved en destruktion til sikker fejl.

Når sådanne endestop anvendes til sikre indhegninger af maskindele, anvendes de harmoniserede standarder EN 1088 og EN 953 i forening.

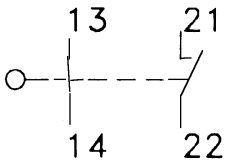
© EVU

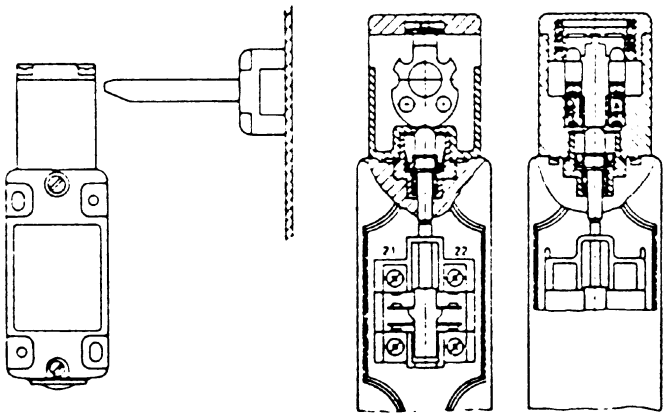
Vedligehold

I EN 60204-1 angives i afsnit 4, at elektrisk udrustning skal anvendes i overensstemmelse med leverandørens anvisninger. Dette gælder ikke mindst for tvangsførte komponenter, hvor leverandørerne i særdeleshed udsteder ordrer om vedligehold, fx ugentligt eftersyn af den korrekte funktion i en gaffelswitch.

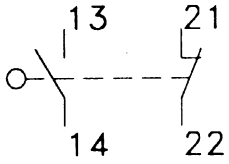
Dette skal med i brugsanvisningen på en given maskine.

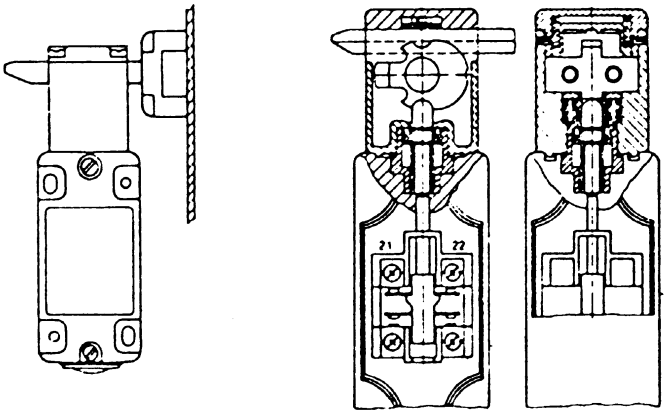
Hvilestilling





Arbejdsstilling





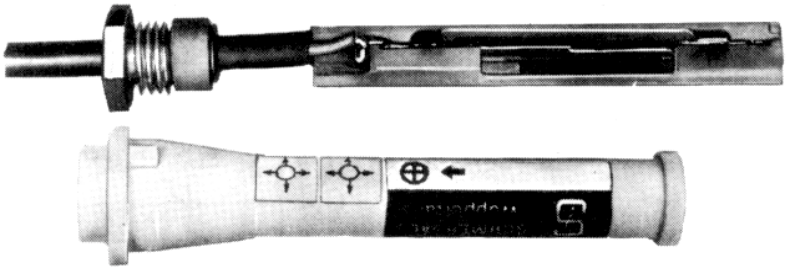
© EVU

Magnetendestop

Kontakterne i magnetendestop er reed-kontakter. En reed-kontakt består af to kontaktfaner, der er hermetisk indelukket i et glasrør, hvilket bl.a. gør kontakten ufølsom over for kondensvand, støv, snavs m.m.

Aktiveringen sker ved hjælp af et magnetfelt, der frembringes enten af en permanent magnet eller en elektromagnet.

EN 1088 angiver, i hvor stor udstrækning produktet kan anvendes sikkerhedsrealteret.

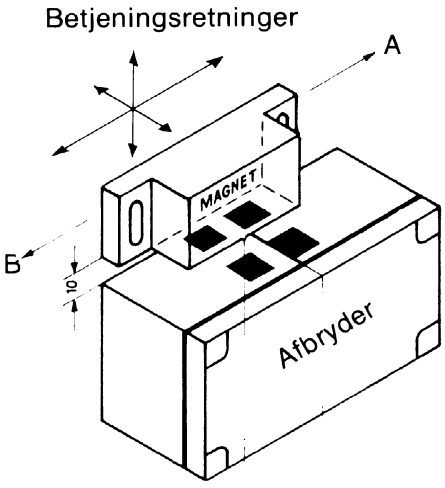


Montering

Kontakthuset, som indeholder reed-kontakten, anbringes normalt på maskinens faste del og magneten på den bevægelige del.

For at undgå påvirkning af fremmede magnetiske felter bør afbryder og magnet ikke anbringes i nærheden af strømførende ledninger og i øvrigt i overensstemmelse med fabrikantens anvisninger.

Ikke alle typer afbrydere og magneter kan anbringes direkte på jern.



© EVU

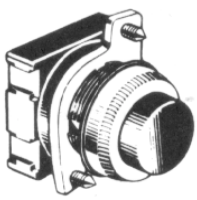
Manuelle kontakter

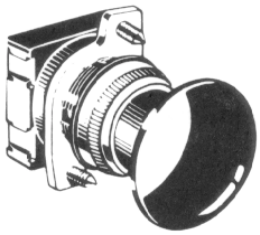
Automatiske anlæg bliver i vid udstrækning betjent ved hjælp af touch screens, PLC'er, pc'er og andre programmerbare styresystemer.

For at forenkle styresystemernes sikkerhedsrelaterede funktioner anvendes der dog i vid udstrækning hårdt fortrådede komponenter i de sikre funktioner på en maskine.

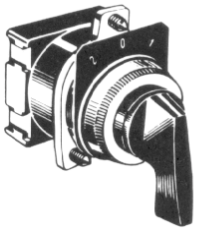
Dette afsnit indeholder en række eksempler på manuelle kontakter.

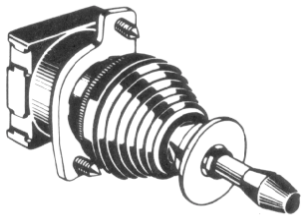
Trykkontakter



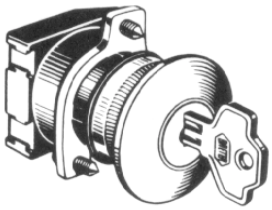


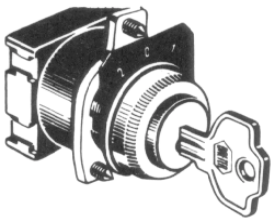
Omskifterkontakter



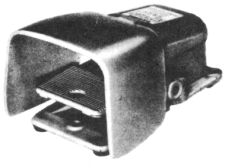


Nøgleomskiftere





Fodkontakter



© EVU

Termostater

Termostater føler en temperaturændring. Denne føling af en temperaturændring opnås i princippet ved at udnytte længde- eller volumenvariationen af faste, flydende eller luftformige stoffer.

Det temperaturfølsomme element i termostaterne forekommer i mange forskellige udførelser og er bestemt af termostatens anvendelsesområde.

Som eksempel på forskellige termostattyper kan nævnes: bimetaltermostat, stavtermostat, bælgtermostat og membrantermostat. Endvidere findes de i en elektronisk udgave.

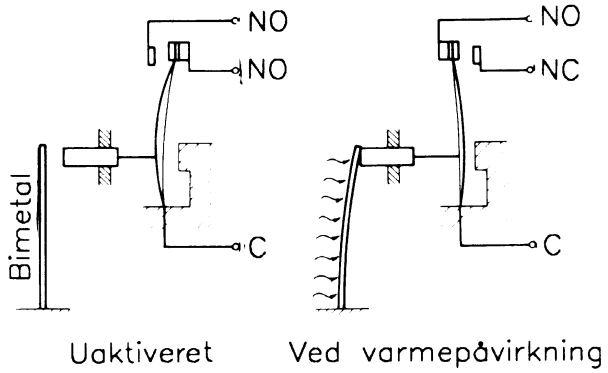
Termostater udfører ofte sikkerhedsrelaterede funktioner.

Undersøg om komponentens egenskaber slår til, og følg fabrikantens anvisninger

Bimetaltermostat

I bimetaltermostaten er det temperaturfølsomme element en bimetalstrimmel, der består af to metaller med forskellig udvidelseskoefficient.

Stiger temperaturen omkring bimetallet, vil det bøje sig til den side, hvor metallet med den mindste udvi-

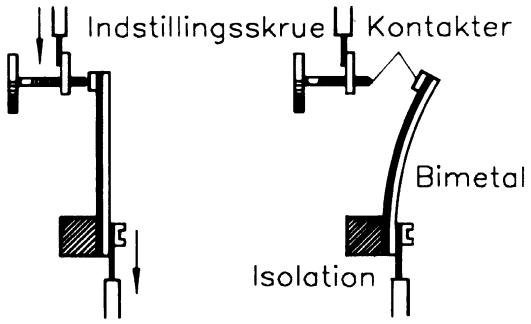


delseskoefficient er anbragt.

Denne udbøjning af bimetallet kan fx anvendes til betjening af en mikroomskifter.

© EVU

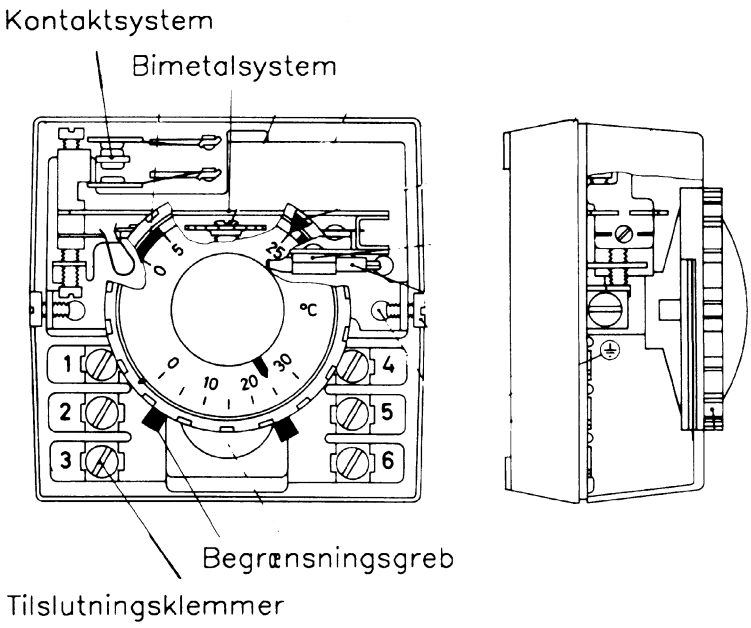
Ved hjælp af en indstillingsskrue kan den afstand ændres, som bimetallet skal bøje sig for at danne kontakt.



Som eksempel på en bimetaltermostat kan nævnes rumtermostaten.

Denne type anvendes til styring af el-ovne, el-radiatorer, gulv-, væg- og loftstrålevarmeanlæg.

Herunder er der vist et eksempel på en rumtermostat med bimetal.



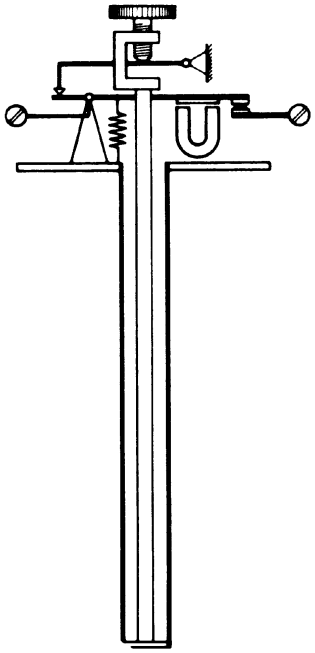
© EVU

Stavtermostat

Til indbygning i vandvarmere og lignende, hvor der er plads til det, anvendes ofte stavformede termostater.

Ved stavtermostater monteres dykrøret direkte i mediet, der ønskes styret.

Opbygning



Den elektriske kontakt er anbragt i forlængelse af følerenheden, der består af et rør, ofte af messing, i hvilket der er anbragt en stav af et materiale med meget lille udvidelseskoefficient, som regel invar.

Invar er en legering af ca. 2/3 jern og 1/3 nikkel.

Staven er fastgjort i rørets nederste ende.

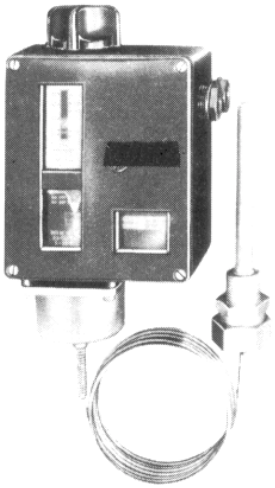
Rørets frie ende er fastgjort til termostathuset, mens den invendige stavs frie ende er i forbindelse med kontaktsystemet over et vægtstangssystem.

Ved en temperaturstigning vil røret, til hvilket staven er fastgjort, udvide sig, hvorved der udøves et træk nedefter i denne stav.

Dette træk overføres til kontaktsystemet.

For at forbedre de elektriske brydeegenskaber er der i mange termostater indbygget en permanent magnet, der giver en momentan aktivering af den elektriske kreds.

Bælgtermostat



I bælgtermostater består det temperaturfølsomme element af et kapillarrør, der er forsynet med en føler i den ene ende og er tilsluttet en bælg i den anden ende.

Føleren, hvori størsteparten af det varmefølende stof er anbragt, står i forbindelse med bælgen gennem et lille hul i kapillarrøret.

Det varmefølende stof kan være en væske, en gasart eller lignende, der udvider sig ved temperaturstigning.

Ved en temperaturstigning vil trykket i det lukkede system vokse og derved påvirke bælgen.

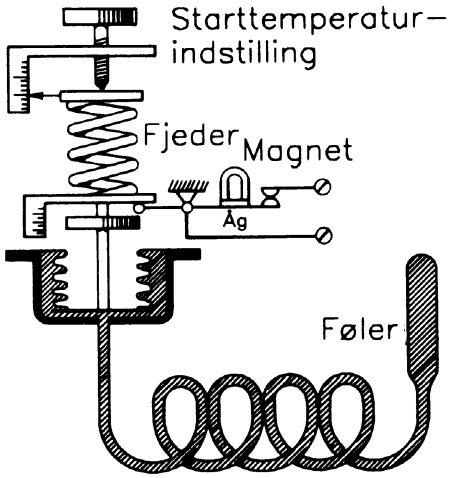
Bælgen består af et elastisk, bølget og tyndt lukket rør.

Ved trykændringer i det lukkede system ændrer bølgernes længde sig.

© EVU

Denne længdeændring benyttes til styring af det elektriske kontaktsystem.

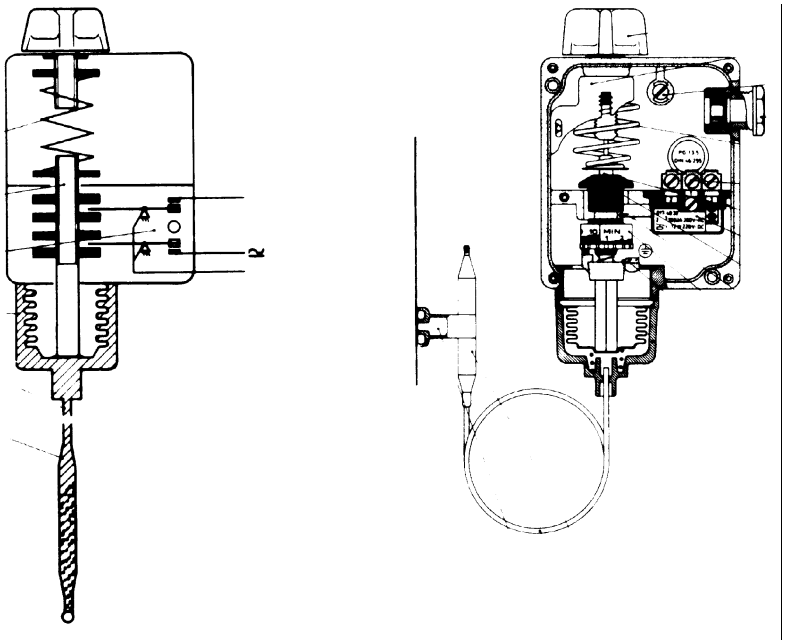
Bælgtermostater har på grund af deres store alsidighed fundet stor udbredelse. De anvendes, hvor montage- eller temperaturforholdene er således, at installationen kræver føleren anbragt et stykke fra kontaktenheden som følge af vanskelige betjenings- eller monteringsforhold.



© EVU

Opbygning

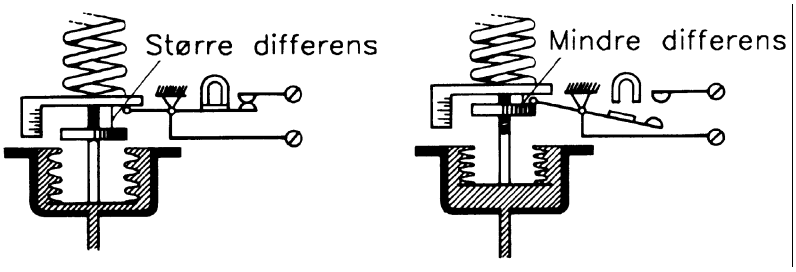
Når bælgen trykkes sammen, som følge af en temperaturstigning omkring føleren, bevæges hovedspindelen opad, indtil fjeder- og elementtryk er i ligevægt. Spindelen er forsynet med en medbringerrulle og en differensrulle, som begge overfører spindelens bevægelser til kontaktsystemet.



Differens

Differensen er forskellen mellem start- og stoptemperatur.

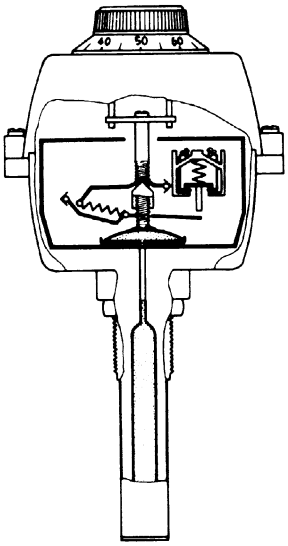
En passende differens er nødvendig for at opnå en hensigtsmæssig automatisk drift af anlægget.



For lille differens giver korte køreperioder med risiko for pendling, mens for stor differens medfører store temperaturudsving mellem start og stop.

© EVU

Membrantermostat



Den viste membrantermostat (kedeltermostat) er beregnet til temperaturregulering af væsker og anvendes til styring af kedel- og fremløbstemperatur på centralvarmeanlæg, der opvarmes af automatiske olie- eller gasfyringsanlæg.

Termostaten består af en indstillingsspindel, der indstilles med udvendig reguleringsknap, et toarmet fjedersmæksystem, et kontakthus, der indeholder et elektrisk kontaktsystem, en membran og en væskefyldt føler.

Termostaten indstilles på den ønskede brydetemperatur ved at dreje reguleringsknappen.

Når væsken opvarmes omkring dykrøret, hæver membranen sig og bevæger indstillingsspindelen.

Gennem dennes møtrik påvirkes det toarmede fjedersmæksystem til at bryde det elektriske kontaktsystem, når den indstillede temperatur er nået.

Når væsken i føleren afkøles, sænker membranen indstillingsspindelen, så fjedersmæksystemet går tilbage til sin udgangsstilling og slutter det elektriske system.

Elektronisk termostat

Med elektroniske termostater måles temperaturen ofte med en separat føler, der tilsluttes termostaten med et tolederkabel. Til føler bruges der ofte en NTC-modstand, som ændrer modstand ved temperaturændring.

Termostaten har som regel også en udvendig justeringsmulighed i form af et potentiometer.

Den indbyggede elektronik sammenligner så NTC-modstanden og potentiometeret og skifter på udgangen, alt efter hvilken værdi der er størst. Der er endvidere indbygget en vis differens for at sikre et roligt skiftemønster.

© EVU

Pressostat

En pressostat er en trykafhængig føler, der er udført med kontakter, som sluttes eller brydes ved trykændringer.

Pressostater findes i fire hovedtyper, nemlig hvor det trykfølsomme element er udformet som bælg, membran, bourdonrør eller stempel.

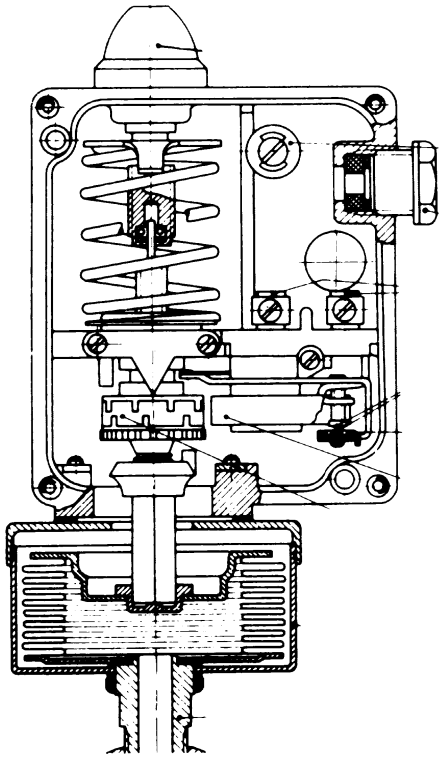
Pressostat med bælg

Pressostaten med bælg kan anvendes over et relativt stort trykområde, idet dens bølgeformede tværsnit giver den en større elasticitet, hvorved den samtidig kan udformes, så den kræver mindre plads end de fleste andre typer.

Arbejdstryk

Trykafbryderen har en indstilling, der muliggør, at man kan indstille afbryderen til det arbejdstryk, ved hvilket den skal virke.

Differenstryk



Da pressostaten ikke kan arbejde så fint, at den altid slutter og bryder samme kontakt ved et ganske bestemt tryk, kan den indstilles på et såkaldt differenstryk-område.

Dette betyder, at trykket inden for det valgte trykområde skal ændre sig lidt, før kontakterne skifter fra slutte- til bryde-stilling og omvendt.

Dette har fx betydning, når pressostaten anvendes til at styre en kompressormotor.

© EVU

Skalainddeling

Skalaen er oftest inddelt i bar, det vil sige overtryk over atmosfærens normale tryk.

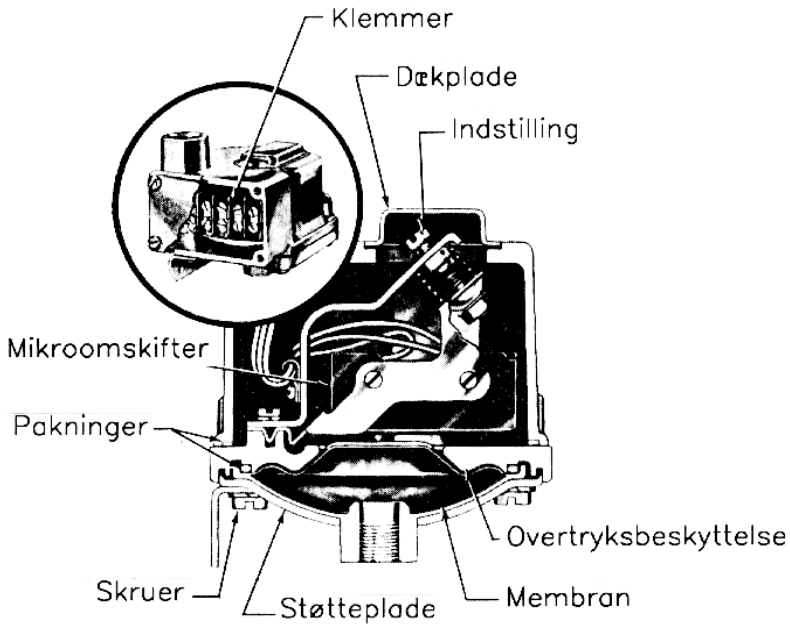
Pressostat med membran

I membranpressostater overføres trykændringer til kontaktsystemet gennem en membran.

Stiger trykket på undersiden af membranen, vil denne bue opad og derved påvirke kontaktsystemet.

Når trykket forsvinder, vil fjederkraften igen rette membranen ud.

Membrantypen er en af de mest følsomme og nøjagtige af alle typerne og er også den bedst egnede til registrering af små tryk.

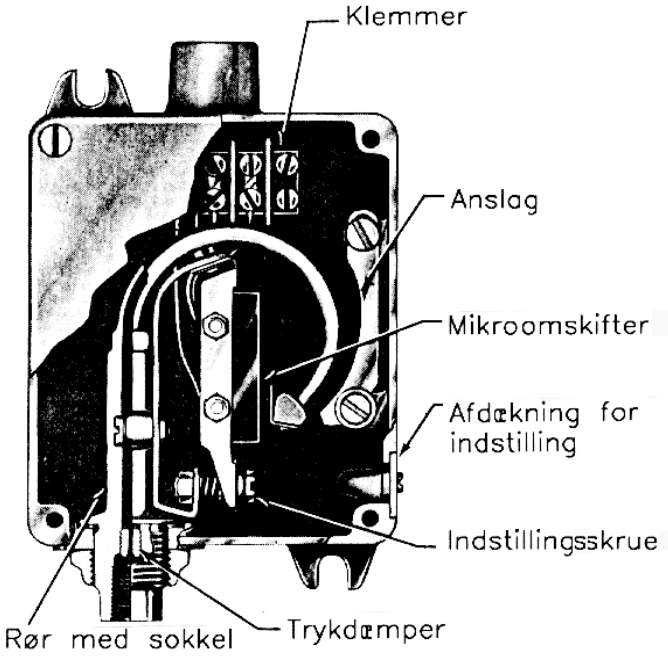


© EVU

Pressostater med bourdonrør

I typen med bourdonrør består det trykfølsomme element af et rør, der er fladet ud til et ovalt tværsnit.

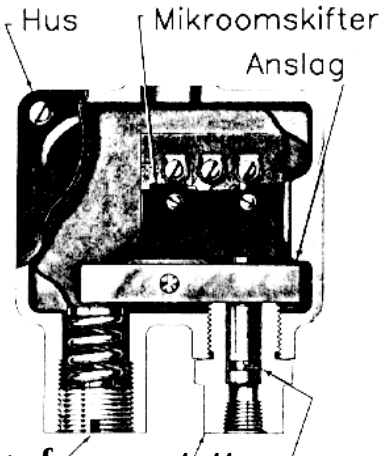
Når trykket i røret stiger, vil dette forsøge at rette sig ud, fordi arealet af den ydre rørside er større end den indre rørside. Fordelen ved bourdonrøret ligger i den meget hurtige reaktion ved trykvariationer.



Pressostat med stempel

I typer med stempel består det trykfølsomme element af et stempel, der vandrer i en cylinder.

Dette princip vil kunne udformes meget robust og vil derfor have en lang levetid.



Valg af pressostattype

Når en pressostat skal vælges til et bestemt formål, må der tages hensyn til pressostaternes forskellige egenskaber som fx nøjagtighed, levetid, følsomhed mv.

I tabellen er vist sammenhængen mellem de forskellige pressostattyper.

Indstilling Cylinder O–ring

© EVU

Presso-stattype	Reak-tions-tid	Nøjag-tighed	Hy-sterese	Tryk-område	Arbejds-frekvens	Vibra-tionsføl-somhed	Følso mhed over-for atmo-sfære-tryk	Prø-ve-tryk	Leve-tid
Bourdonrør	Kort	Stor	Midd.	Stort (1700 kg/m²)	Lav	Lav	Stor	Midd	Midd.
Membran	Kort	Stor	Midd	Lille (30 kg/m²)	Lav	Lav	Lav	Højt	Midd
Bælg			Lille	Middel (200 kg./cm²)		Stor		Lavt	Kort
Stempel	Midd	Midd	Stor	Stort (1400 kg/cm²)	Vil-kårlig	Lav	Lav	Højt	Lang

Kontakture

De fleste kontakture er el-drevne, og de kan være med eller uden gangreserve, som træder i funktion ved strømsvigt.

Kontakture kan deles i to kategorier: mekaniske og elektroniske.

Mekaniske ure

Urene drives ved hjælp af en synkronmotor eller en asynkronmotor med skyggede magnetpoler. Gangreserven kan være opbygget som et fjederværk, der trækkes op, når motoren kører. Hvis forsyningsspændingen svigter, kører urværket videre på fjederværket.

Urene kan indeholde en eller flere afbryderkontakter.

Urværket trækker en skive, der kan rotere en omgang på fx en time, et døgn eller en uge.

Skiven er forsynet med huller eller tappe i kanten. Hvis der er huller, kan der isættes ryttere ved de klokkeslet, hvor uret skal tænde og slukke. Hvis det er forsynet med tappe, kan disse tappe vippes ud på det stykke, hvor uret skal være tændt.

© EVU

Ved mekaniske ure er det begrænset, hvor kort tid der kan være mellem tænd og sluk. På et døgnur vil der typisk være en minimumstid på 15 min., hvilket giver 96 tappe på skiven.

Hvis et kontaktur skal tænde eller slukke med minuts nøjagtighed, er et mekanisk ur ikke anvendeligt. Man må derimod vælge et elektronisk ur.

Elektroniske ure

Et elektronisk kontaktur er opbygget omkring en krystalstyret programmerbar urkreds, et tastatur, et display og et udgangsrelæ.

Selve programmeringen af uret sker oftest fra et påmonteret tastatur, hvor det er muligt at stille uret og indtaste tænd- og slukketidspunkter.

De fleste elektroniske ure er ugeure, som kan have et antal tænd- og slukketider, typisk op til flere for hver dag. Disse tider kan stilles med et minuts nøjagtighed.

Elektronikken i disse ure bruger meget lidt strøm. Derfor kan der opnås gangreserve blot ved at indbygge et lille opladeligt batteri. Ønskes der meget lang gangreserve, kan der til visse fabrikater tilsluttes et ekstra eksternt batteri.

Optiske følere

Optiske følere er benævnt med flere navne. Som eksempler kan nævnes følgende: fotoceller, optiske aftastere, fotofølere, photoelectric switches og fotoaftastere. Uanset hvilket udtryk der anvendes, tales der om samme komponent.

Der findes mange forskellige fotoceller på markedet i dag. I det her afsnit vil der kun blive omtalt de mest almindelige typer.

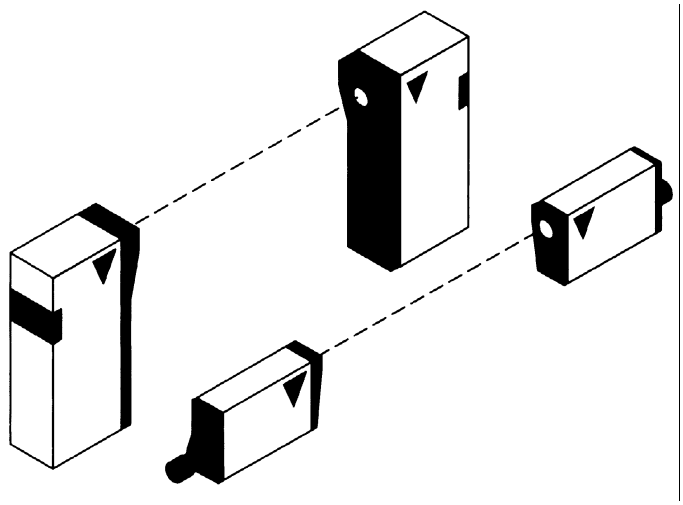
Optiske følere udfører ofte sikkerhedsrelaterede funktioner.

Undersøg om komponentens egenskaber slår til og følg fabrikantens anvisninger

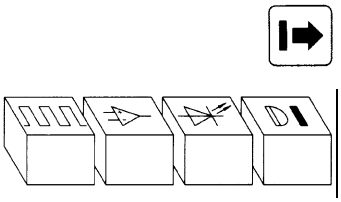
© EVU

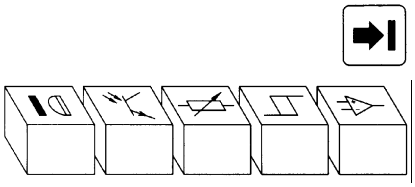
Envejsfotocellen

Envejsfotocellen, through beam eller thrue beam, består af en sender og en modtager. Enhver afbrydelse af den udsendte lysstråle vil betyde en ændring af kontakttilstanden i fotocellen. Der anvendes normalt infrarødt moduleret lys, som bevirker, at føleren ikke er så påvirkelig over for almindeligt lys. At det er moduleret lys betyder, at lyset udsendes med en bestemt frekvens, som modtageren (receiver) er afpasset efter, så den kun bliver aktiveret af det "rigtige" lys, nemlig lyset fra senderen (emitter).



Billedet viser, hvordan envejsfotoceller skal opfattes. En del til udsendelse af lys, en anden del til modtagelse af lyset, med en eller anden form for udgang; relæ, transistor, thyristor.

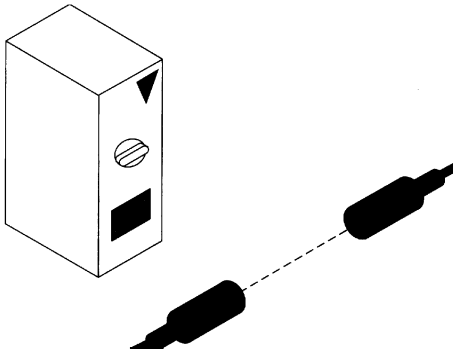


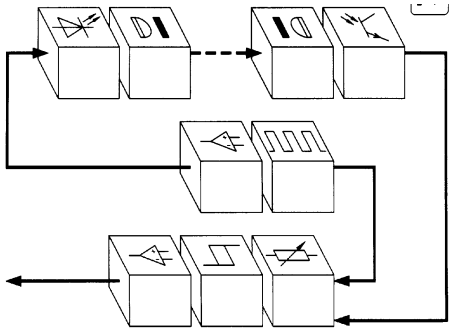


Billedet til venstre viser et blokdiagram af en sender (emitter), der består af modulering, forstærker, lysdiode (lampe) og linse. Billedet til højre viser modtageren (receiver), der består af linse, fotohalvleder, justeringskredsløb, trigger og forstærker med udgang.

© EVU

Envejsfotocellen fås også med separat forstærker. Det vil sige, at strømforsyning og udgang er samlet i en boks.

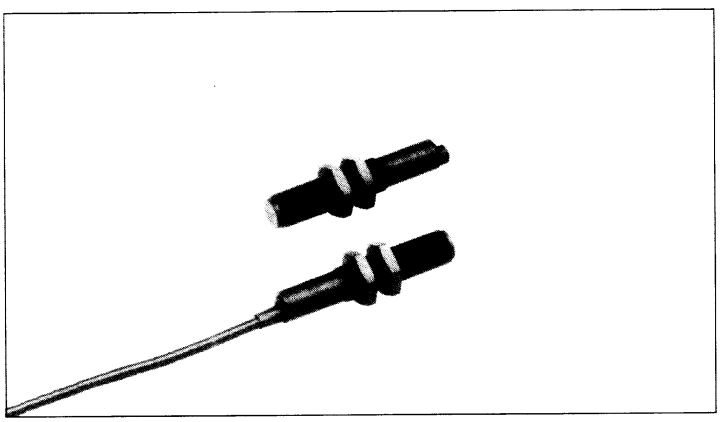




Billedet til venstre viser netop et forstærkerrelæ, hvor ledninger fra henholdsvis sender og modtager skal føres hen til. Billedet til højre viser et blokdiagram for denne type fotocelle. Her ses det, at lysdiode + linse og linse + lysmodtager er anbragt separat i forhold til modulator, forstærker, justering, trigger og forstærker/udgang.

Envejsfotocellen kan benyttes til mange formål. Dens styrke er, at den kan række meget langt og kan detektere selv små emner (på grund af den smalle lysstråle). Den er ikke påvirket af reflekterende emner.

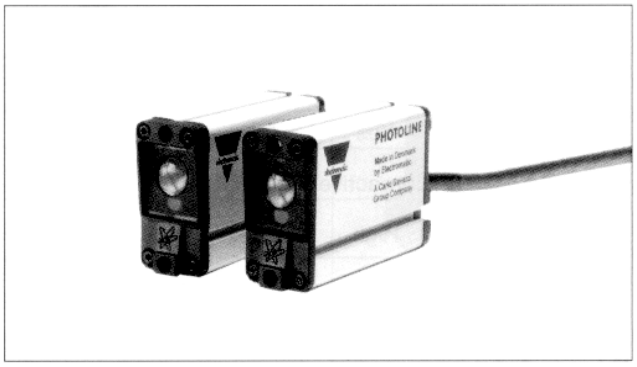
Af ulemper er der følgende: den adskilte montage af sender og modtager er mere krævende med hensyn til montage og kabelforbrug, og den kan være besværlig at indstille på store afstande.



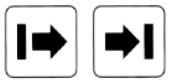
- **Range: 5 m**
- **Easy alignment**
- **Modulated infrared light**
- **Voltage supply: 10 to 30 VDC**
- **Output: 200 mA, NPN or PNP**
- **Make or break switching**
- **Protections: reverse polarity, transients**
- **2m PVC cable connection (oil proof)**
- **M12 Luran® housing**

© EVU

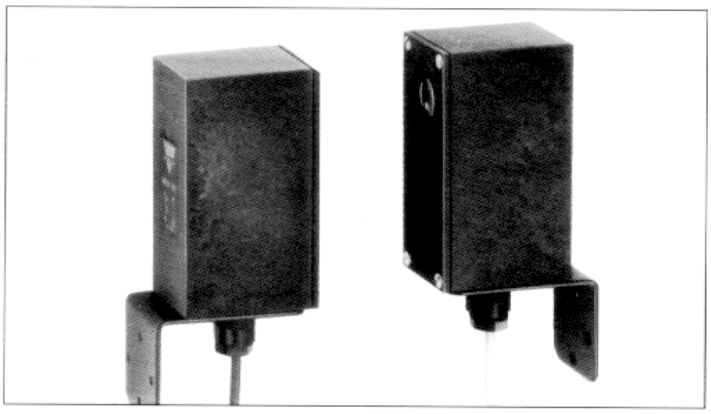
Eksempel på envejsfotocelle med kort rækkevidde. "Make and breake switching" betyder slutte- og bryde- funktion.



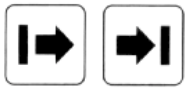
- **Range: 12 m**
- Adjustable sensitivity
- Alignment control and dirt accumulation indication
- Voltage supply: 10 to 30 VDC
- Output: 200 mA, NPN or PNP
- Make and break switching funct., with LED indication
- Protections: reverse polarity, short circuit, overload
- Operating frequency: 1 KHz
- 18x36x63mm metal housing, IP 67
- Cable or plug versions
- Timer options



Eksempel på envejsfotocelle med middel rækkevidde.



- Range: 50 or 100 m
- Modulated infrared light
- For amplifier series SE 110
- Degree of protection IP 50
- Very high penetration power
- 2m PVC cable
- 35x94x50mm

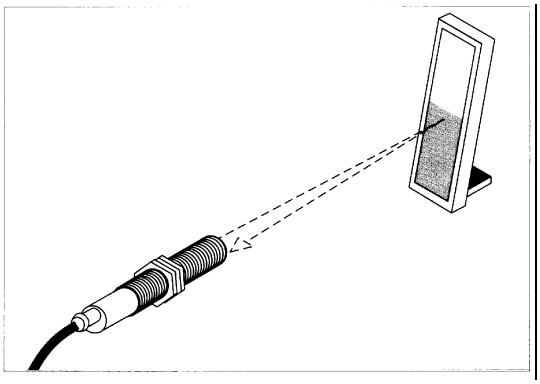


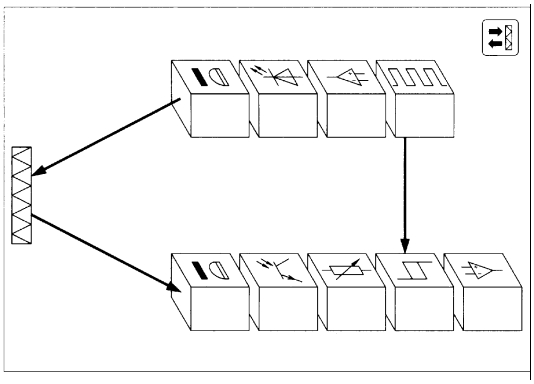
Eksempel på envejsfotocelle med lang rækkevidde. Til den her viste type kræves der separat forstærker. Den anbefalede forstærker fås med slutte- og bryde- relæ-udgang.

© EVU

Refleksionsfotoceller

Reflektionsfotoceller “retro-reflective photoelectric switches” kan oversættes til “tilbagereflekterende fotoceller”, i daglig tale kaldet refleksionsfotoceller.





Billedet til venstre viser princippet for en refleksionsfotocelle. Billedet til højre viser et blokdiagram for en refleksionsfotocelle. Blokdiagrammet viser, at der er nøjagtig de samme elementer i denne type som i envejsfotocellen.

Lyssender og lysmodtager er anbragt i samme hus. Det udsendte lys reflekteres af en reflektor anbragt over for fotocellen og sendes tilbage til fotocellen (modtageren). Ved at føre et emne ind i lysstrålen ændres kontakttilstanden. Der er dog risiko for, at et blankt emne kan spejle lyset og derved "snyde" fotocellen. Så det er ikke alle emner, denne fotocelle er velegnet til.

Hvis man sammenligner med envejsfotocellen, er refleksionsfotocellens rækkevidde under det halve af rækkevidden for envejsfotocellen, fordi lyset skal gennemløbe den dobbelte strækning (den strækning der skal overvåges frem og tilbage), og der er også et lille tab i reflektoren.

Ved at anbringe sender og modtager i samme hus lettes montagearbejdet, da der kun skal føres kabel et sted hen, og det er også meget lettere at justere refleksionsfotocellen til at ramme reflektoren, end det er ved justering af envejsfotoceller. Ved envejsfotoceller skal sender og modtager justeres meget præcist i forhold til hinanden.

© EVU

Man skal dog huske, at det emne man ønsker tastet, skal kunne dække hele reflektoren på en gang.



- Range: 3m
- Adjustable sensitivity
- Modulated infrared light
- Voltage supply: 10 to 40 VDC or 20 to 250 VAC
- Output: DC 200 mA NPN or PNP, AC 500 mA SCR
- Make and break switching function
- LED output indication
- Operation frequency 120 Hz
- High immunity to ambient light
- Heavy duty M18 metal housing, IP 67
- Cable and plug versions



Eksempel på reflektionsfotocelle, der kan fås med forskellige typer udgange og til forskellige spændingsområder.

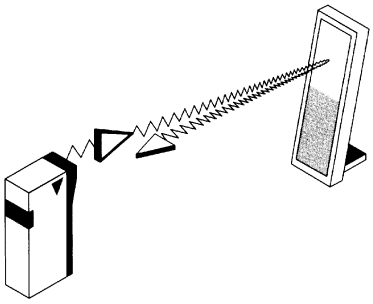


- Range: 6 m
- Modulated, infrared light
- Voltage supply: 024, 120 or 220 VAC
- Output: 5A/250 VAC SPDT relay
- Make and break switching function selectable
- LED output indication
- High immunity to ambient light
- 25x85x79mm polycarbonate housing, IP 67
- Screw terminals



Eksempel på refleksionsfotocelle, med relæudgang hvor udgangsfunktionen er valgfri ved hjælp af dip-switches.

Refleksionsfotocelle med polariseret lys



Som tidligere omtalt kan man få et fejlsignal fra en refleksionsfotocelle, fx hvis lyset bliver spejlet i blanke genstande. Det kan man til en vis grad undgå ved at anvende refleksionsfotoceller med polariseret lys.

Billedet viser, at reflektoren drejer lyset 90°. Ved at gøre dette er det kun det "rigtige" lys, der kan komme ind til modtageren. Det betyder, at fotocellen ikke er særligt påvirket af lys, der bliver spejlet i et emne.

© EVU

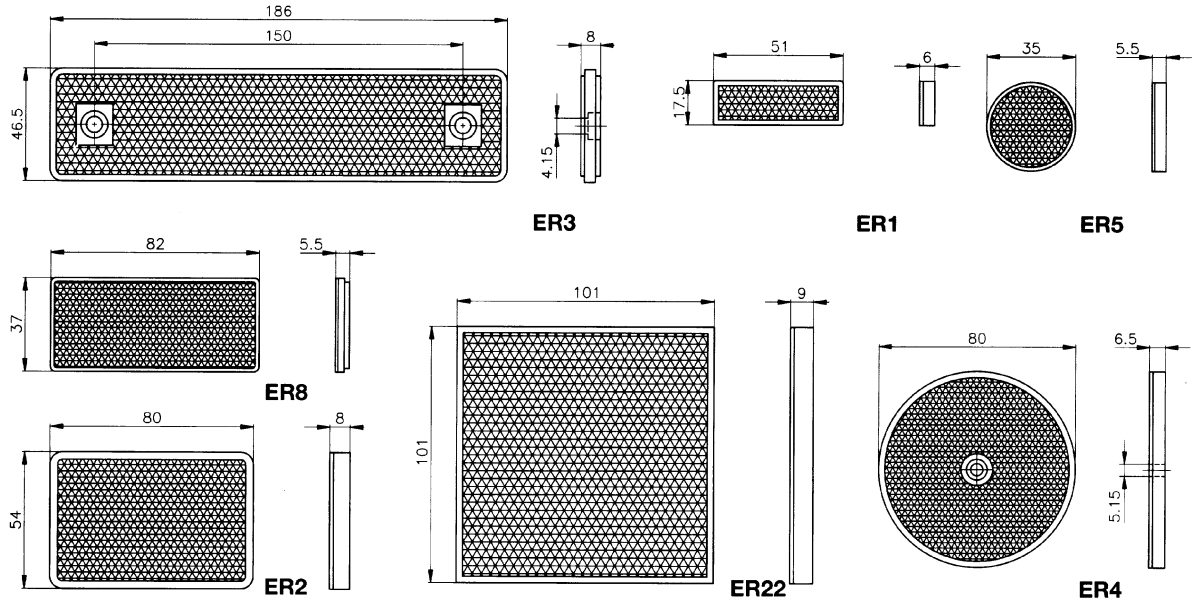
Lyset drejes, fordi fotocellen er forsynet med en speciel optik, der kun tillader polariseret lys at komme ind. Man kan dog komme ud for at bestemte typer kunststoffer kan give nøjagtigt denne polarisering af det udsendte lys. Så man kan altså risikere at få "fejlsignaler", selv fra en reflektionsfotocelle med polariseret lys. Man skal så huske at anvende en reflektor, der er i stand til at polarisere lyset.



- Range: 3 m
- Polarized modulated, visible red light
- Adjustable sensitivity
- Voltage supply: 10 to 30 VDC
- Output: 200 mA, NPN or PNP
- Make and break switching funct., with LED indication
- Protections: reverse polarity, short circuit, overload
- Operating frequency: 1 kHz
- High immunity to ambient light
- 18x36x63mm metal housing, IP 67
- Quick mounting system, timer options



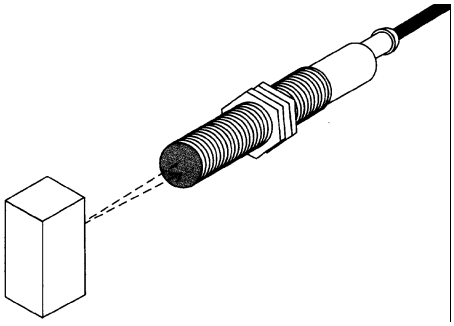
Eksempel på refleksionsfotocelle med polariseret, synligt rødt lys, hvilket letter justeringen betydeligt.



Eksempel på reflektorer til anvendelse sammen med refleksionsfotoceller. De findes i mange forskellige udformninger. Den rigtige reflektor vælges udfra fotocelletypen, afstanden, spredningen af lyset og emnernes fysiske størrelser.

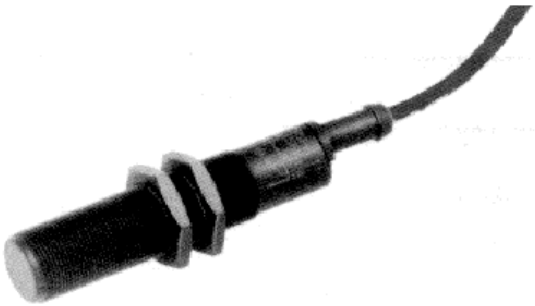
© EVU

Diffus refleksionsfotocelle



Diffus refleksionsfotocelle (diffuse-reflective photo-electric switch) er af samme type som den almindelige refleksionsfotocelle. Denne type behøver dog ikke en reflektor, da den er i stand til at måle det lys, der bliver reflekteret af et emne.

Som billedet viser, sender fotocellen lys ud, som rammer et emne. Lyset bliver reflekteret fra emnet og målt af fotocellen. Denne fotocelletype er den mest følsomme, da den skal kunne registere selv en meget lille mængde lys. For at fotocellen kan være anvendelig, skal den kunne registrere tilbagekastet lys fra mange forskellige typer emner. Det betyder så, at det er emnet, der er bestemmende for, om denne type kan benyttes, da fx et matsort emne så godt som intet lys tilbagekaster. Man kan få problemer med totalt spejlende emner. Står de ikke helt vinkelret på fotocellen, vil denne type emner dreje det tilbagekastede lys, så det rammer forbi fotocellen. Man kan også risikere, at fotocellen kan blive aktiveret af et emne i baggrunden. Det vil så betyde, at det "rigtige" emne ikke vil blive registreret. Det kan i nogle tilfælde undgås ved at anvende en type, der er afstandsjusterbar. Sådanne typer kan justeres, så det ikke er muligt "at nå" baggrunden.



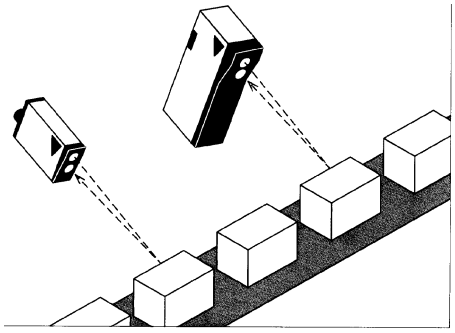
- **Range: 200mm**
- **Adjustable sensing range**
- **Modulated, infrared light**
- **Voltage supply: 10 to 40 VDC or 20 to 265 VAC**
- **Output: DC 200 mA NPN or PNP, AC 500 mA SCR**
- **Make and break switching function**
- **LED output indication**
- **Operation frequency 100 Hz**
- **M18x80mm Luran® housing, IP 67**
- **2m PVC cable connection**



Eksempel på en diffus refleksionsfotocelle. Som det ses på fotocellens data, har denne type fotocelle en meget kort rækkevidde.

© EVU

Diffus refleksionsfotocelle med baggrunds undertrykkelse



Diffus refleksionsfotocelle med baggrundsundertrykkelse (eller baggrundsafblænding) (diffuse-reflective photoelectric switch with background suppression).

Billedet viser princippet for denne type fotocelle. Linser for sender og modtager er placeret meget præcist, hvilket vil betyde, at det kun er reflekteret lys fra en bestemt afstand, der rammer modtagerelementet inde bag linsen. Denne type fotocelle er normalt justerbar således, at den kan taste på emner i en bestemt afstand fra fotocellen, og kun den afstand den er indstillet til.



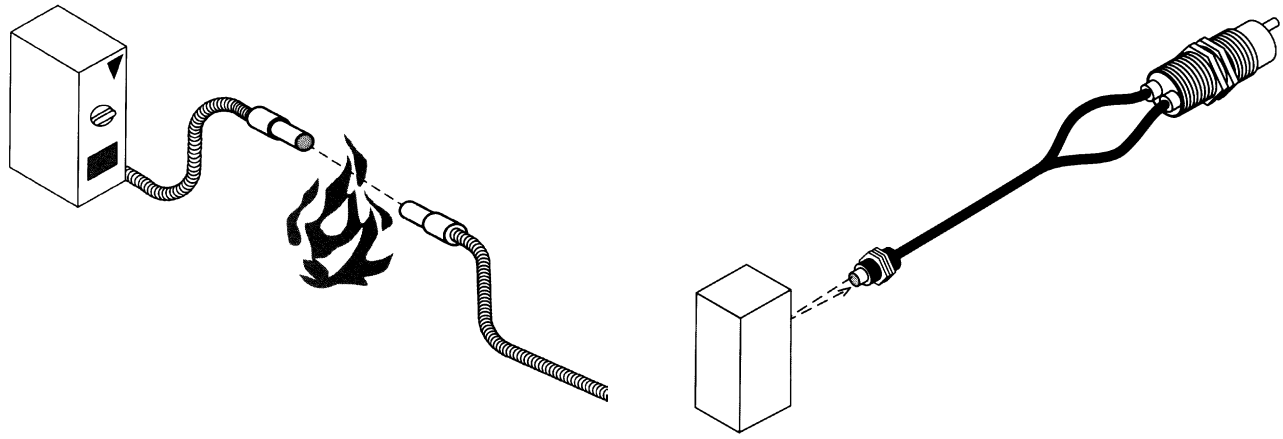
- Range: 0 to 150 mm
- Infrared modulated light
- Adjustable background suppression 50 to 150mm
- Voltage supply: 10 to 30 VDC
- Output: 200 mA, NPN or PNP, fully protected
- Make and break switching funct., with LED indication
- Protections: reverse polarity, short circuit, transients
- Operating frequency: 1 kHz
- High immunity to ambient light
- 18x36x63mm metal housing, IP 67
- Quick mounting system, timer options

Eksempel på diffus refleksionsfotocelle med baggrundsundertrykkelse. Denne type fotocelle har normalt en kort rækkevidde.

© EVU

Fotoceller med lysleder

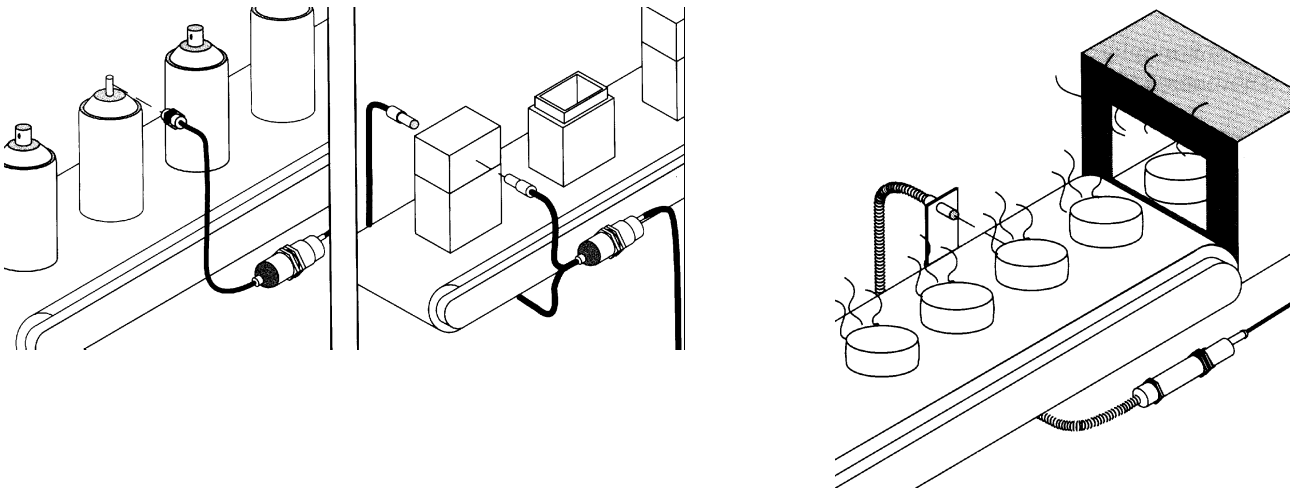
Alle typer af fotoceller kan også fås i en udgave, hvor linsen er videreført ved hjælp af en lysleder. Denne teknik gør det muligt at benytte fotoceller, hvor der er meget lidt plads til montage.



Her er der vist to forskellige udformninger af fotoceller med lysleder; til venstre envejsfotocelle, til højre diffus refleksionsfotocellen.

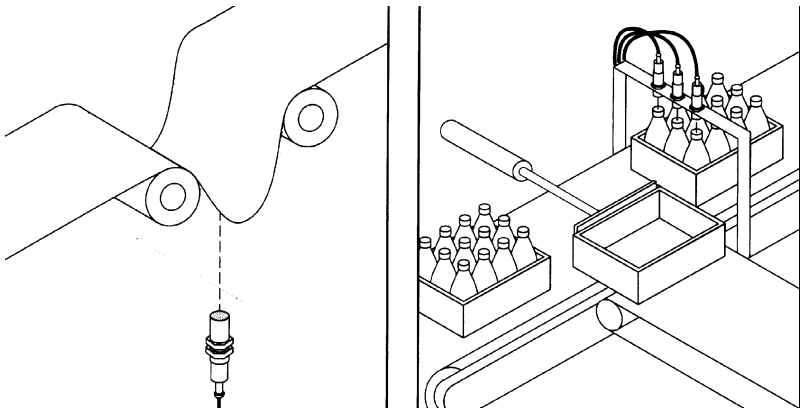
Anvendelse af fotoceller

Fotoceller kan anvendes til mangfoldige opgaver.

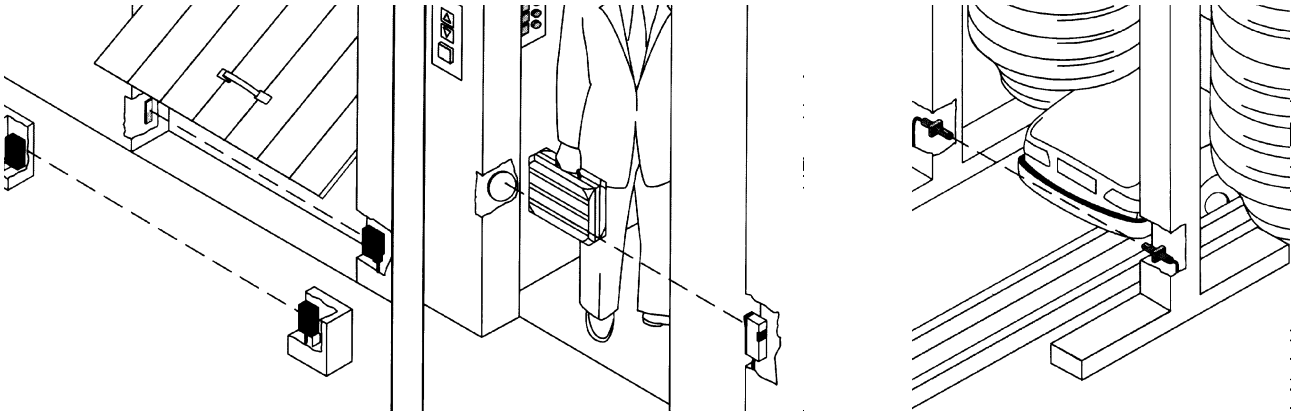


Her er der vist tre forskellige anvendelser af fotoceller med lysleder.

© EVU



Her er der vist anvendelse af diffus refleksionsfotocelle. Til venstre, kontrol af papirbanespænding på en trykmaskine. Til højre, kontrol af indhold i flasker.



Her er der vist anvendelse af envejsfotocelle og refleksionsfotocelle.

Induktive følere

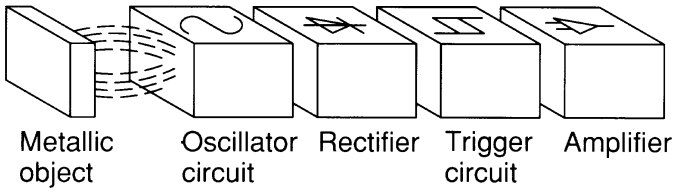
Induktive og kapacitive følere = proximity switches kan oversættes til nærhedsfølere. Det vil sige følere, der kan aktiveres, uden at de berøres. Induktive følere anvendes til at omsætte funktionsbevægelser fra bearbejdnings- og produktionsmaskiner til elektriske signaler.

Induktive følere udfører ofte sikkerhedsrelaterede funktioner.

Undersøg om komponentens egenskaber slår til og følg fabrikantens anvisninger.

© EVU

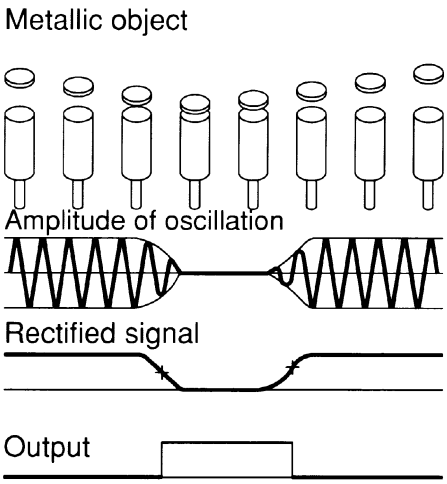
Den induktive føler er kendetegnet ved, at den kan registrere elektrisk ledende materialer, som kan lede et magnetisk felt. Det vil sige alle metaller. De emner, der skal registreres, behøver altså kun at være i nærheden af føleren, de skal ikke berøre føleren. Det betyder, at der ikke skal bruges nogen mekanisk kraft for at aktivere føleren.



Tegningen viser et blokdiagram over en induktiv føler.

Først et metallisk objekt, der kan aftastes, følerens svingningskredsløb (oscillator), ensretter, trigger, der bestemmer aktiveringstilstanden, afhængigt af det ensrettede signal og forstærker/udgang.

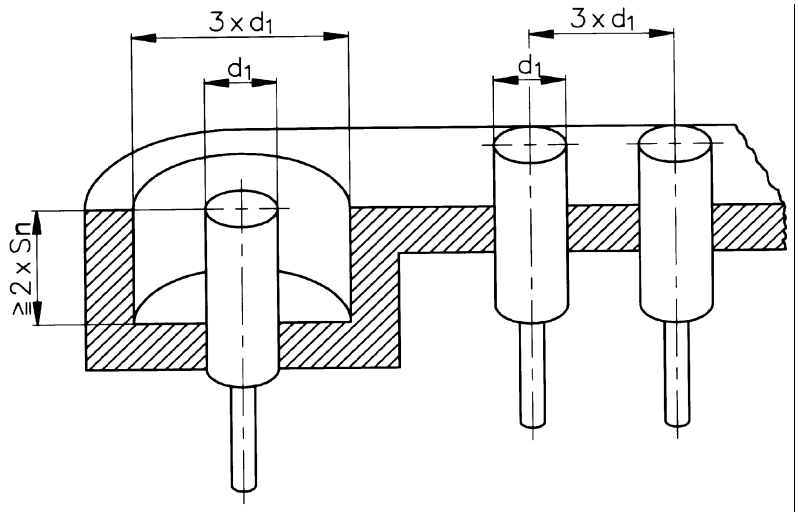
Tegningen viser virkemåden af en induktiv aftaster. Når der ikke er et emne i nærheden af føleren, vil dens oscillator svinge frit. Når et emne nærmer sig følerens aktive flade, vil noget af feltet gå gennem dette emne. Herved falder spændingen, som kommer fra oscillatoren, og til sidst vil den gå i stå. Denne ændring kan via forstærkeren aktivere udgangen.



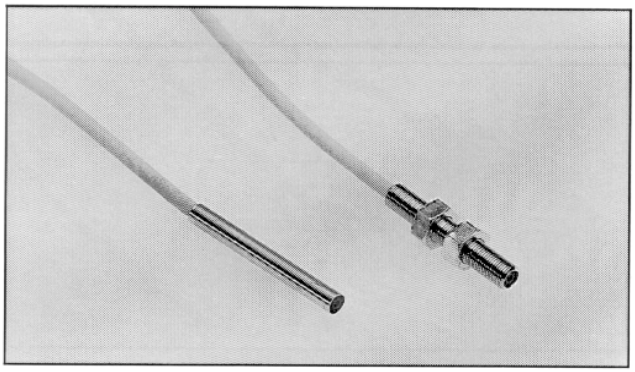
© EVU

Montering af induktive følere

Induktive følere fås både sidefølsomme og som følere, der kun kan aktiveres af emner, der nærmer sig enden af føleren.



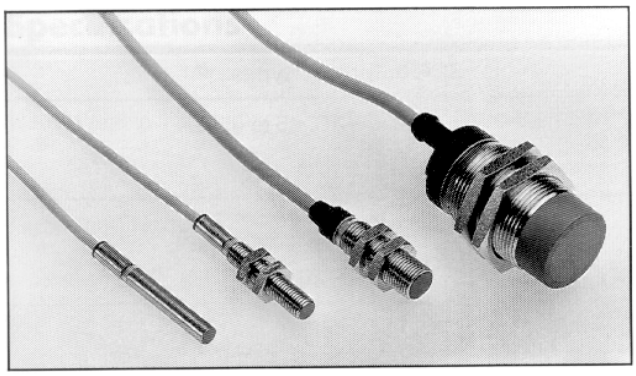
De følere, der er sidefølsomme, skal monteres således, at de ikke bliver påvirket af det omgivende materiale. Som vist på tegningen enten med fri plads rundt om det aktive område eller også med det aktive område skudt frem. Hvis flere følere monteres samlet, skal man overholde visse mindsteafstande mellem dem, typisk større end den største følers diameter. Man skal også huske at tage højde for nedfaldende metalgen-stande, fx metalspåner.



- Miniature stainless steel housing, cylindrical
- Diameter: Ø 4, M 5
- Sensing distance: 0.8 mm
- Voltage supply: 7 to 30 VDC
- Output: Transistor NPN/PNP, normally open or closed
- Protection: Short-circuit, reverse polarity and overload
- LED-indication for output on
- 2 m cable

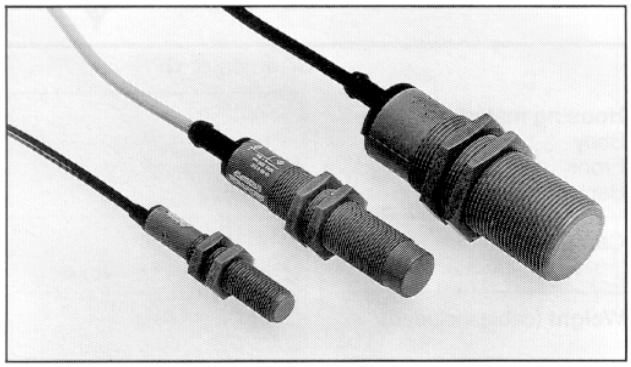
Induktive følere fås i mange størrelser; her er der vist nogle med en diameter på 4 mm og en længde på 35 mm. Tasteafstanden bliver tilsvarende lille, her 0,8 mm.

© EVU



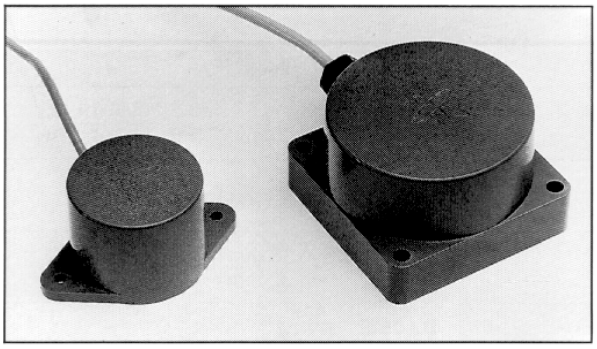
- Stainless steel housing, cylindrical
- Diameter: Ø 6.5, M 8, M 12, M 18, M 30
- Short versions
- Sensing distance: 1 to 15 mm
- Voltage supply: 10 to 40 VDC
  20 to 250 VAC
- Output: Transistor NPN/PNP, normally open or closed
  SCR, normally or closed
- Protection: Short-circuit and reverse polarity
- LED-indication for output on

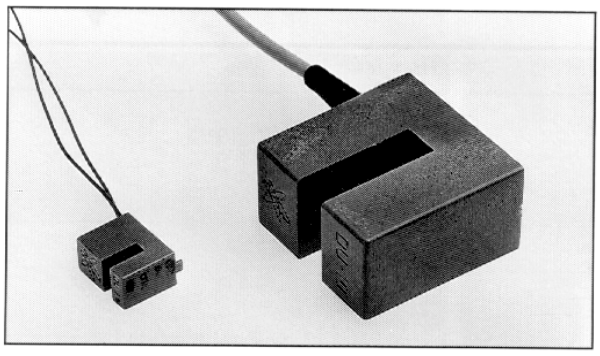
Her er der vist fire forskellige størrelser. Den mindste føler 6,5 x 51 mm, 1 mm tasteafstand, kan tilsluttes 10 til 40 volt DC og har transistorudgang. Den største føler 30 x 52 mm, 15 mm tasteafstand, fås både med transistor eller thyristor (SCR)-udgang og kan tilsluttes henholdsvis 10 til 40 volt DC og 20 til 250 volt AC.



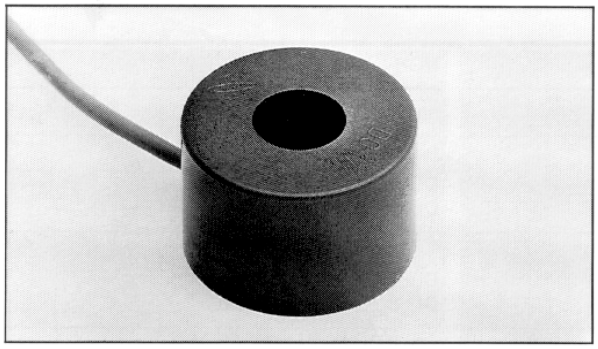
- Euronorm polyester housing, cylindrical
- Diameter: M 12, M 18, M 30.
- Sensing distance: 2 to 15 mm
- Voltage supply: 10 to 40 VDC
  20 to 250 VAC
- Output: Transistor NPN/PNP, normally open or closed
  SCR normally open or closed
  SPDT relay
- Protection: Short-circuit, reverse polarity and overload
- LED-indication for output on
- 2 m cable

Induktive følere fås også uden metalkappe, her med polyesterkappe.



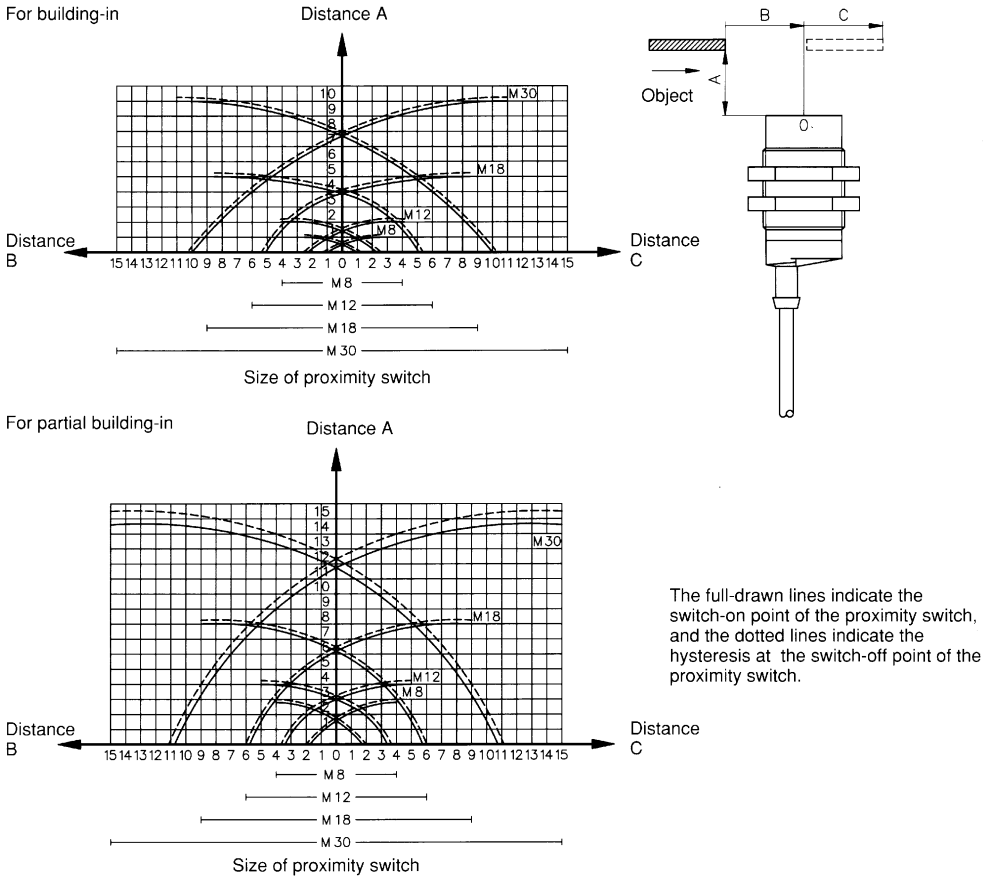


© EVU



Induktive følere findes i mange andre udformninger, fx gaffelformet, ringformet og som en større flade.

Tasteafstande for induktive følere



© EVU

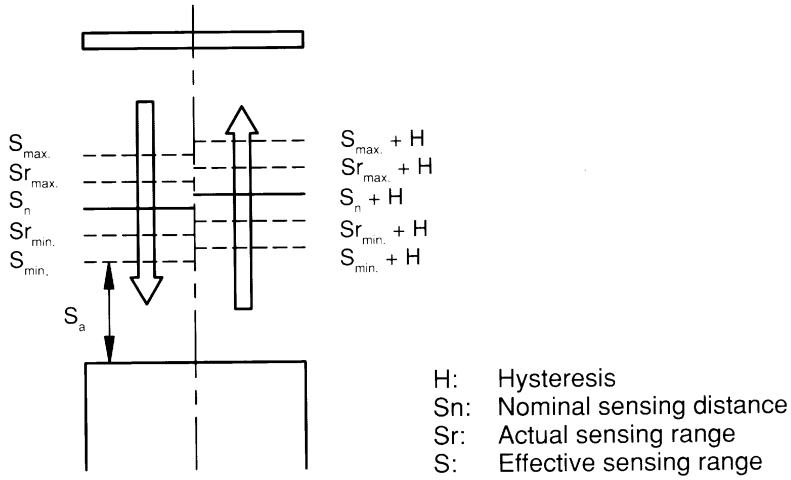
Tasteafstanden for induktive følere afhænger af, om de er sidefølsomme eller ej (building-in til indbygning, plant med omgivelserne).

Se øverste kurve. Den type der også er sidefølsom (partial building-in, til delvis indbygning), har den største tasteafstand. Se nederste kurve.

Ud af kurverne kan man læse den aktuelle tasteafstand for en given følerstørrelse. Vi forestiller os en 18 mm føler til delvis indbygning og finder den kurve (to kurver, en stiplet og en fuldt optrukket), der står M 18 ud for. Den fuldt optrukne kurve angiver aktiveringsafstanden, når et metalemne nærmer sig føleren. Den stiplede kurve angiver afstanden for deaktivering, når et metalemne fjernes fra føleren. Hvis man kommer fra venstre side, skal man læse tasteafstanden på den kurve, der bøjer mod højre. Hvis man nærmer sig fra højre, skal man læse tasteafstanden på den kurve, der bøjer mod venstre. Man skal sikre sig, at man er inden for den fuldt optrukne kurve med det emne, man ønsker aftastet.

Det er heller ikke alle emner, der aftastes lige godt. Der kan blive tale om at anvende en reduktionsfaktor; det afhænger af, hvilket metal man taster på.

© EVU



Tegningen her viser, hvilke tasteafstande der kan være tale om:

Sn: nominel tasteafstand (for stål 37)

Sr: real tasteafstand (mellem 90 og 110 % af Sn)

19. min/maks tasteafstand (målt ved yderpunkterne af temperatur og spændingsområder.

Sa: tasteafstand, sikker aktivering (0,81 x Sn)

H: hysterese.

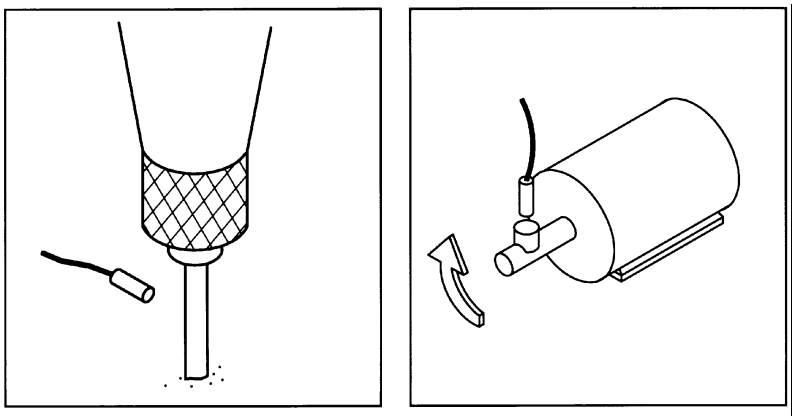
Reduktionsfaktorer skal bruges ved alle metaller, der ikke er stål 37. Typiske værdier:

Stål 37	1 · Sn
Chrom-nikkel	0,9 · Sn
Messing	0,5 · Sn
Aluminium	0,5 · Sn
Kobber	0,4 · Sn

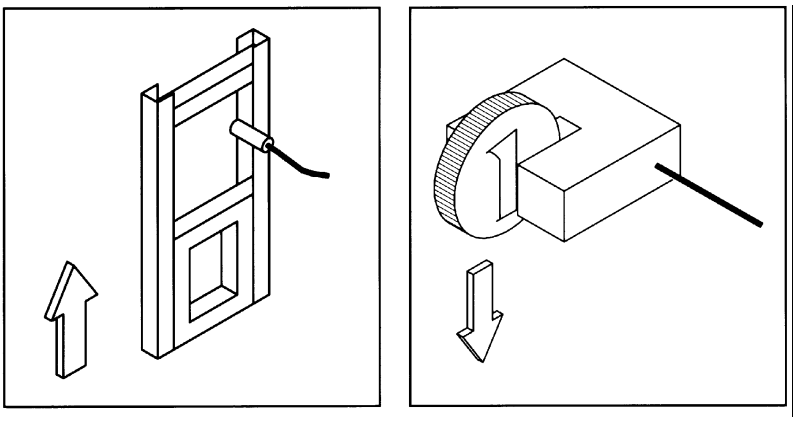
Hvis to induktive følere bliver monteret over for hinanden, det vil sige med tastefladerne mod hinanden, bør afstanden imellem dem være mindst 6 x Sn.

© EVU

Eksempler på anvendelse af induktive følere



Billedet til venstre viser, at en induktiv føler kan anvendes til at bestemme om et emne er til stede eller ej. Billedet til højre viser, at en induktiv føler kan bruges til at bestemme, om en motor kører eller står stille.



Billedet til venstre viser, at en induktiv føler kan anvendes til at bestemme om et emne er til stede eller ej. Billedet til højre viser, at en induktiv føler kan bruges til at tælle emner med.

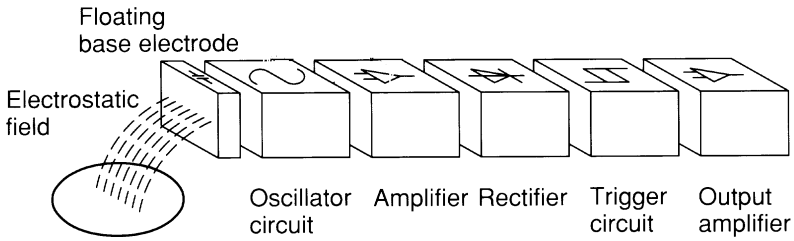
© EVU

Kapacitive følere

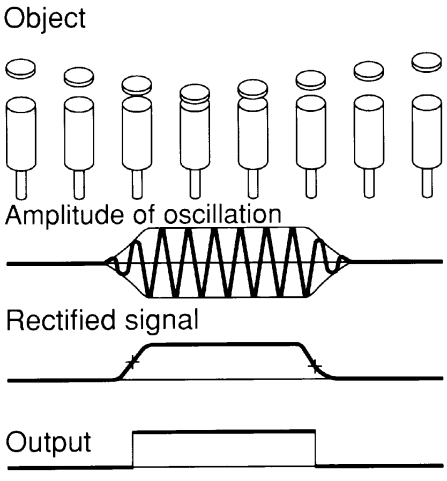
Kapacitive følere kan aktiveres af stort set alle materialer, både metal, træ, papir, plast, korn med mere. Man anvender typisk kapacitive følere de steder, hvor man ikke kan anvende en optisk eller en induktiv føler. Da en kapacitiv føler virker på stort set alt, vil den også blive aktiveret af fugt, støv og snavs. Dette forhold vil give problemer i mange tilfælde. Derfor bør man kun vælge (digitale) kapacitive følere, når man ikke kan bruge andre typer.

Man skal specielt være opmærksom på, at kapacitive følere opfører sig forskelligt i vakuum og tryk.

De kapacitive følere fås i samme fysiske størrelser som de induktive og med stort set de samme egenskaber.



Blokdiagrammet viser virkemåden af en kapacitiv føler. Bortset fra enden af føleren er indholdet næsten det samme som i en induktiv føler. Den kapacitive føler har et elektrisk felt modsat den induktive, der har et magnetisk felt. Den kapacitive føler er altså i stand til at registrere en ændring i det elektriske felt.



Tegningen viser, at ved en ændring af det elektriske felt for enden af føleren begynder oscillatoren at svinge. Denne ændring giver anledning til aktivering af udgangen.

En kapacitiv føler aktiveres altså af en ændring af forholdene for det elektriske felt. Dette kan ske ved at føre ledende emner ind i feltet eller ved at ændre dielektrika i feltets område. Da alle materialer har en anden dielektrikcitetskonstant end almindelig luft, vil ethvert emne kunne aktivere en kapacitiv føler, nogle materialer bedre end andre.

© EVU

Der kan altså blive tale om reduktionsfaktorer for kapacitive følere. Her er nogle eksempler på reduktionsfaktorer.

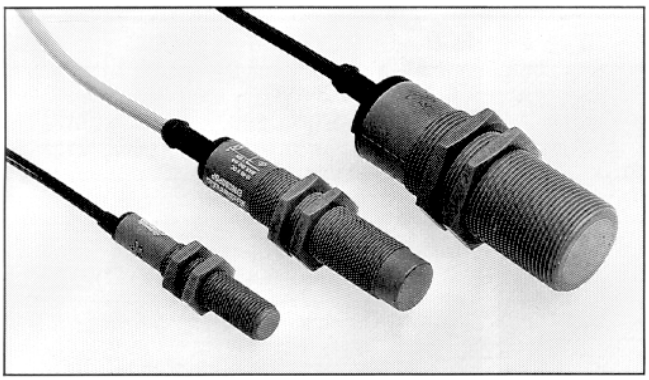
Jordet jern 1 · Sn.

Hvede(korn) ca. 0,8 · Sn.

Havre(korn) ca. 0,5 · Sn.

Ensilagepiller ca 0,5 · Sn.

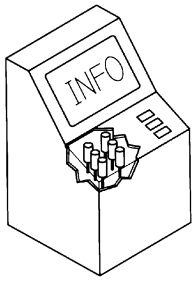
Vand ca. 1 · Sn.

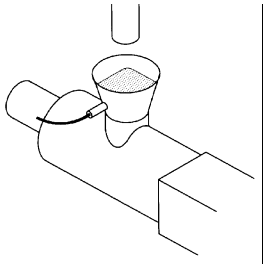


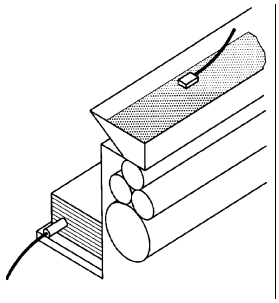
- Polyester housing, cylindrical
- Diameter: M 18, M 30
- Adjustable sensing distance
- Voltage supply: 10 to 40 VDC
  20 to 250 VAC
- Output: Transistor NPN and/or PNP, normally open and/or closed
  SCR, normally open or closed
- Protection: Reverse polarity and short-circuit
- LED-indication for output on
- 2 m cable

Billedet viser nogle typiske, kapacitive følere. De ligner til forveksling de induktive, og de har samme fysiske mål.

Eksempler på anvendelse af kapacitive følere







Billedet til venstre viser kapacitive følere anvendt som berøringsløse trykknapper. Billedet i midten viser en kapacitiv føler anvendt til at bestemme, om der er plastgranulat til stede eller ej. Billedet til højre viser kapacitive følere anvendt til at bestemme, om der er papir og farve i en trykmaskine.

© EVU

Udgange i digitale fotoceller, induktive og kapacitive følere

Digitale fotoceller, induktive og kapacitive følere fås normalt med transistorudgang, thyristorudgang eller relæudgang. Man er så nødt til, når man bestiller følere, at bestille en føler med den type udgang, man ønsker at anvende til det aktuelle formål.

Transistorudgang

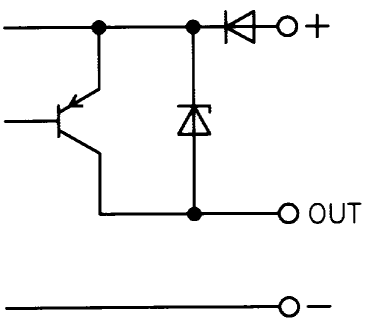
Der findes to typer med transistorudgang. En med NPN transistor i udgangen og en med PNP transistor i udgangen.

Typiske data for en føler med transistorudgang

Strømforbrug	mindre end 9 mA.
Tilslutningsspænding	10 til 40 volt DC (incl 10 % rippel).
Maks belastning	200 mA.
Spændingsfald	mindre end 2,5 volt.
Omgivelsestemperatur	25 til 70°C

Ud over dette kan nogle følere være beskyttet mod overbelastning og forkert polaritet. Det er dog ikke alle fabrikanter, der indbygger beskyttelse mod overbelastning og forkert polaritet, så man bør være meget omhyggelig med monteringen af følertyper uden overbelastningsbeskyttelse.

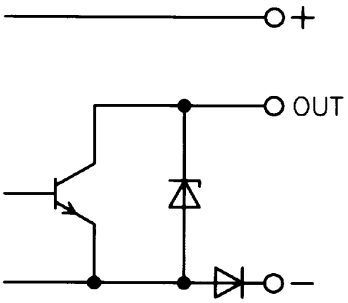
PNP-udgang



Tegningen viser udgangen på en typisk tre-tråds føler med PNP-udgang. Vi kan se, at der er plus og minus til forsyning, samt en udgangsledning. Dioden i plusledningen er til polaritetsbeskyttelsen. Zenerdioden mellem plus og out er til transientbeskyttelse. Transistoren placeres mellem plus og out. Det betyder, at det, føleren, skal aktivere, skal monteres mellem out og minus, fordi transistoren lægger plus ud på out, når den aktiveres.

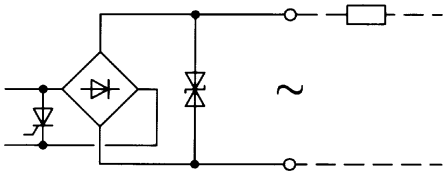
© EVU

NPN-udgang



Tegningen viser udgangen på en typisk tre-tråds føler med NPN-udgang. Vi kan se, at der er plus og minus til forsyning samt en udgangsledning. Dioden i minusledningen er til polaritetsbeskyttelsen. Zenerdioden mellem minus og out er til transientbeskyttelse. Transistoren sidder mellem minus og out. Det betyder, at det aktive følerelement skal monteres mellem out og minus. Derved lægger transistoren plus ud på out.

SCR-udgang



Tegningen viser udgangen på en typisk to-tråds føler med thyristor udgang. Vi kan se, at der kun er to ledninger til denne type føler. Føleren skal indsættes imellem fasen og belastningen

Her er der ingen polaritetsbeskyttelse, da føleren er beregnet til vekselspænding. Zenerdioden er til transientbeskyttelse.

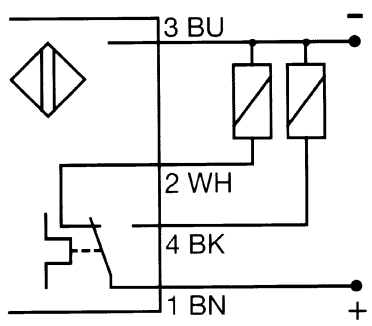
At anvende en to-tråds føler med SCR svarer til at bruge en enpolet afbryder til at tænde/slukke med. To-trådsføleren skal monteres på samme måde og har samme funktion. To-tråds følere fås dog enten i en NC- eller en NO-udgave.

Typiske data for to-trådsfølere:

Spændingsområde	20 til 250 volt AC.
Frekvensområde	45 til 65 Hz.
Maks belastning	500 mA.
Lækstrøm maks.	3 mA.
Spændingsfald	mindre end 10 volt.
Omgivelsestemperatur	-25 til 70°C.

© EVU

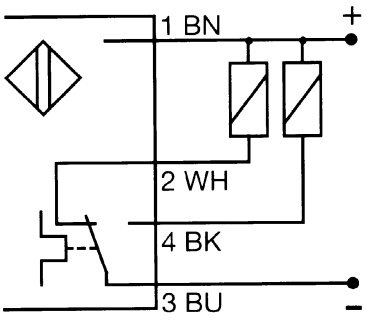
Eksempler på tilslutning af følere



PNP-transistor med NO og NC (make & breake switching).

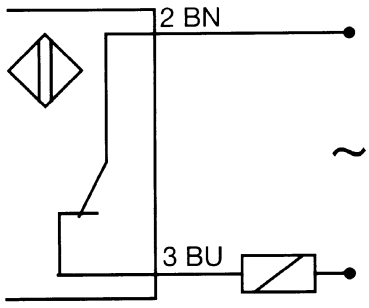
BU = Blå = Minus.
WH = Hvid = Udgang NC.
BK = Sort = Udgang NO.
BN = Brun = Plus.

Når det er en PNP transistor i udgangen, skal belastningen monteres som vist her, mellem out og minus.



NPN transistor med NO og NC (make & brake switching).

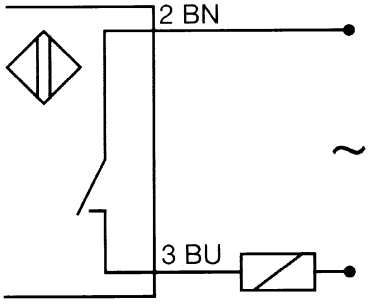
BN = Brun = Plus
WH = Hvid = Udgang NC
BK = Sort = Udgang NO
BU = Blå = Minus



Når det er en NPN transistor i udgangen, skal belastningen monteres som vist her, mellem out og plus.

Thyristor (SCR) med NC

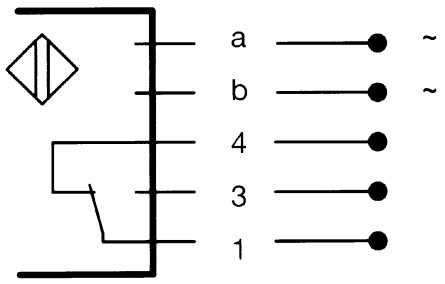
BN = Brun = Fase
BU = Blå = Belastningen



Thyristor (SCR) med NO

BN = Brun = Fase
BU = Blå = Belastningen

© EVU



AC føler med relæudgang, 5-tråds.

a = Brun = Fase
b = Blå = Nul
4 = Beige = Udgang NC
3 = Gul = Udgang NO
1 = Sort = Fælles (common)

Følere med relæudgang fås også til DC-forsyning. Det er ikke altid, der er både en NO- og en NC-kontakt i relæudgange.

Analoge følere

Analoge følere har næsten samme virkemåde som de digitale. Forskellen ligger i deres udgangssignal. Den digitale føler skal give et signal, der fortæller, om den er aktiveret eller ikke aktiveret, det vil sige, udgang tændt eller ikke tændt, hvorimod den analoge føler skal fortælle om afstanden fra føleren til emnet. Hvis det er tryk, der måles, skal en analog trykmåler sige noget om trykkets størrelse. Hvis det er temperatur, skal den fortælle om temperaturens størrelse. Hvis det er et niveau i en tank, skal den fortælle, hvor meget der er i tanken.

Der findes mange forskellige typer af analoge følere på markedet i dag. En af dem, der har fået stor udbredelse, er den kapacitive, analoge føler. Den udnytter det faktum, at kapaciteten i en kondensator ændres af det materiale, der er imellem kondensatorpladerne (dialektrika). Hvis man fx hænger to metalstænger ned i en tom tank (uden at de rører hinanden), vil der imellem disse to stænger være en kapacitet. Hvis tanken er tom, er der en bestemt kapacitet imellem stængerne, der afhænger af deres længde, afstanden mellem dem, deres overflade og luften mellem dem. Hvis man ændrer en af disse fire ting, ændrer man kapaciteten på denne kondensator. Denne kapacitetsændring kan omsættes til et analogt signal.

© EVU

Standardværdier for analoge signaler

Der er en standard for analoge signaler, som næsten alle fabrikanter af analoge følere følger. Der kan dog forekomme mindre afvigelser fra disse standardværdier. Det er dog sjældent, at det vil forhindre anvendelsen af en bestemt følertype.

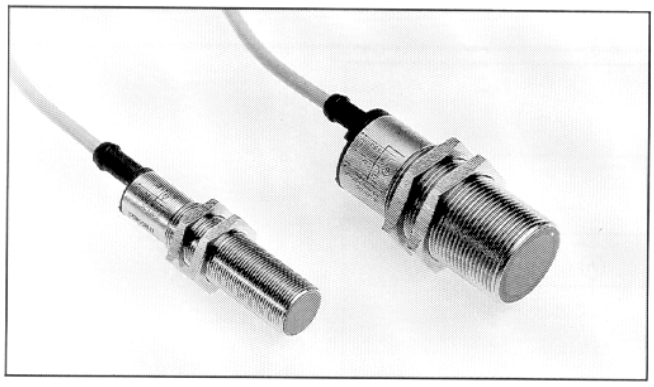
Typiske standardværdier.

Spænding	0 til 5 volt DC.
Spænding	0 til 10 volt DC.
Strøm	0 til 20 mA.
Strøm	4 til 20 mA.

Det kan i princippet være ligegyldigt, hvilken værdi en analog føler giver ud, da man kan få mellemled, der kan ændre et spændingssignal til strøm og omvendt. Ved de tre første signaltyper har man ikke mulighed for at se, om en føler eller et kabel/ledning er defekt.

Det opnås til gengæld ved signalet 4 til 20 mA, fordi signalværdien minimum skal være 4 mA. Ved en fejl i de tre første vil værdien 0 sjældent ændres,og dermed kan en eventuel fejl ikke detekteres.

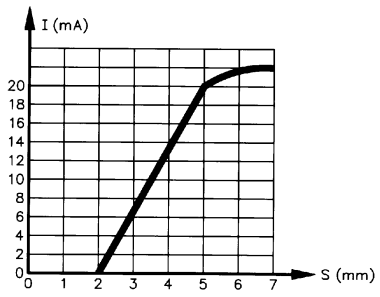
Eksempel på analog føler.



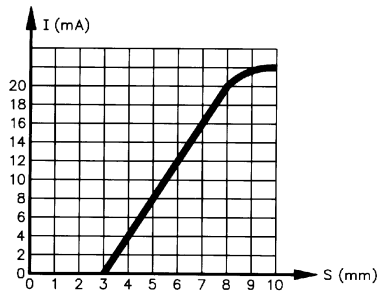
- Nickel-plated brass housing, cylindrical
- Diameter: M 18, M 30
- Sensing range: EI 18 05 I020: 2 to 5 mm
  EI 30 08 I020: 3 to 8 mm
- Voltage supply: 15 to 30 VDC
- Current source output: 0 to 20 mA
- Protection: Reverse polarity, internal current limiter
- 2 m cable

Billedet viser en induktiv, analog føler.

© EVU



EI 18 05 I020



EI 30 08 I020

Kurverne viser, at de giver et signal mellem 0 og 20 mA, afhængigt af afstanden fra føleren.

Der findes analoge følere til måling af næsten alt; både afstande, tryk, temperatur, lys, farve, mængde, niveau og hastighed.

© EVU

PLC-styringer

Forkortelsen PLC står for Programmable Logic Controller.

På dansk; programmerbar logisk styring. Disse systemer har gennem tiden , siden de kom frem omkring ca. 1970 ,været forsøgt omdøbt til mange andre betegnelser:

Tyskerne kaldte dem: SPS Speicher Programmierbar Steurung.

Mere komplekse anlæg blev forsøgt kaldt PPC: Programmable Process Controller

Nogle kaldte dem pc: Programmable Controller. De var uheldige, at dette blev forkortelsen for den personlige computer, så det navn, der skulle fortælle, at deres styresystem kunne mere end blot logik, forårsagede mange misforståelser.

I andre sammenhænge anvendes ofte udtrykket PES: Programmerbare Elektroniske Styresystemer. Betegnelsen dækker dog over alle typer elektroniske systemer.

Betegnelsen PLC er således stadig den foretrukne.

Sikkerhedsrelaterede PLC'er og programmer

Når PLC'en og dens software indgår i den sikkerhedsrelaterede del af maskinens styresystem skal såvel hardware som software udføres efter gældende regler.

Disse kan findes i ISO 13849-1:2006 og IEC 62061:2005

I begge standarder kan man læse om kravene til hardwaren

- Sikkerhedskravspecifikationen
- Den sikkerhedsrelaterede iboende software
- Den sikkerhedsrelaterede anvendelsessoftware
- Kravene til det sikkerhedsrelaterede programmeringsudstyr
- Kravene til programmøren
- og meget andet

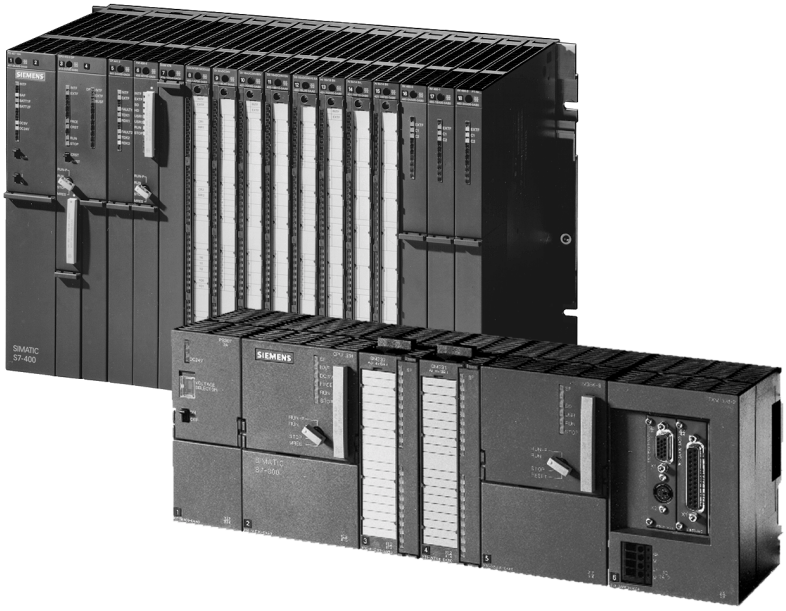
© EVU

PLC SYSTEMSTRUKTUR

Kompakt PLC:



Modulopbyggede PLC'er, forskellige typer:



© EVU

PLC SYSTEMSTRUKTUR



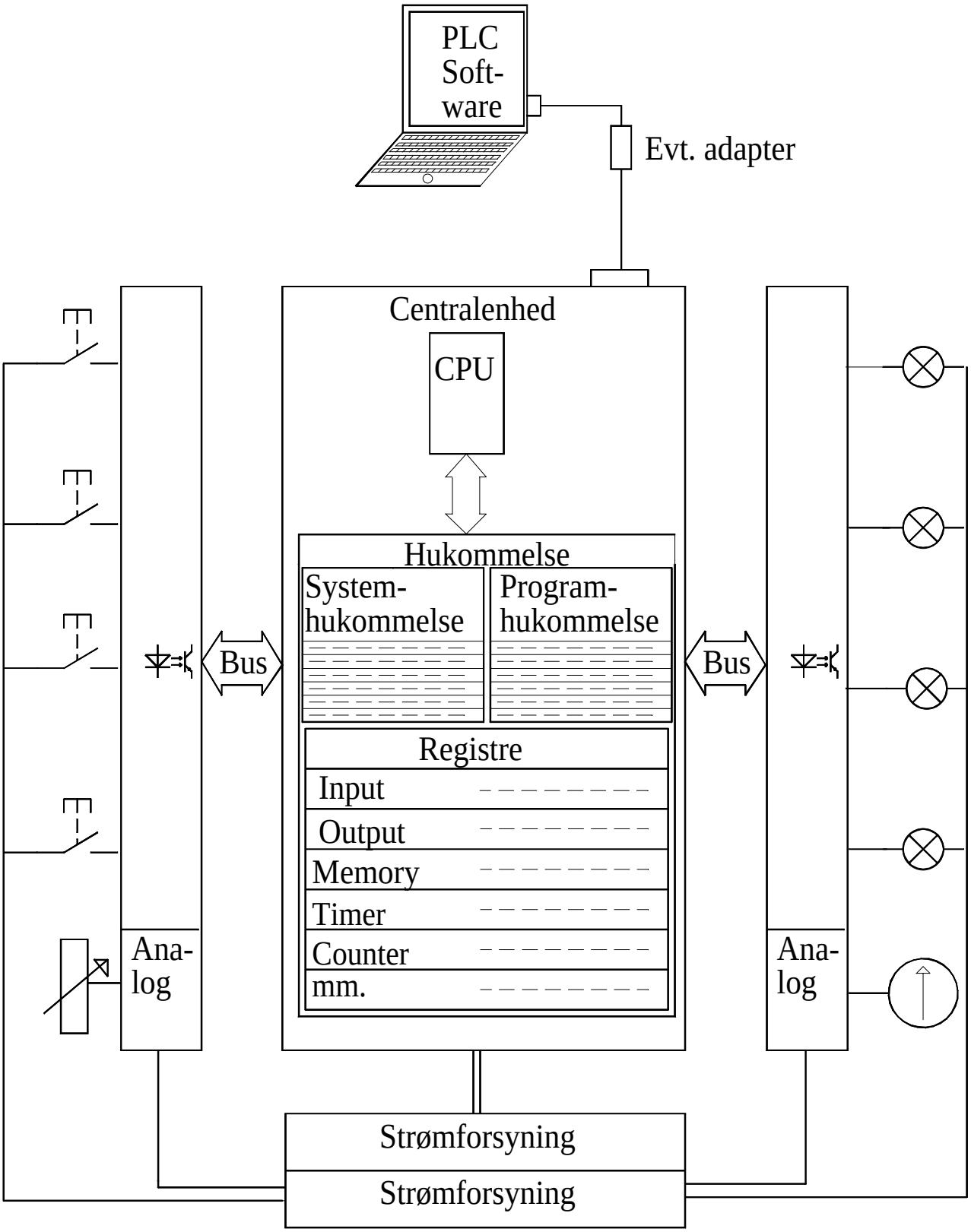
De fleste programmerbare styresystemer består af et antal sammenbyggede blokke eller moduler. PLC'en leveres dels som kompakt opbyggede enheder og dels som modulopbyggede enheder. På de modulopbyggede kan man lokalisere PLC'ens enkelte blokke. De kompakt opbyggede indeholder dog de samme blokke, selv om de ikke direkte kan lokaliseres.

Et PLC-system består normalt af følgende moduler:

- Strømforsyning, i større anlæg 2 separate
- Centralenhed, der indeholder CPU, registre samt hukommelse
- Indgangsdel (interface)
- Udgangsdel (interface)
- Programmeringsudstyr

© EVU

PLC SYSTEMSTRUKTUR



 © EVU

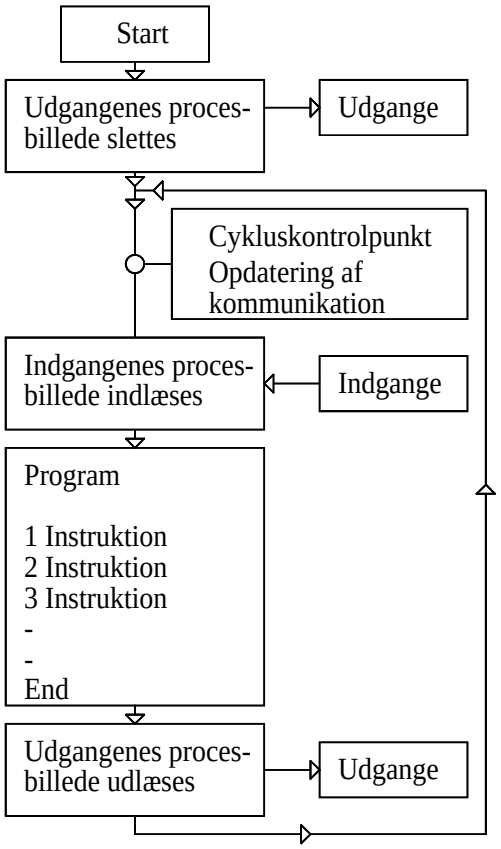
PLC'ens arbejdsmåde

I de fleste systemer er arbejdsmetoden følgende:

Ved nystart: Når PLC'en sættes i "run", eller når forsyningsspændingen tilsluttes efter afbrydelse, slettes udgangenes procesbillede, dvs. at alle udgange sættes på logisk "0". Indgangenes procesbillede fornyes "0" eller "1" for hver enkelt indgang, dvs. alle indgange spørges om signalstatus, og resultatet skrives i indgangenes procesbillede (statusregister) og fastfryses.

Brugerprogrammet gennemløbes instruktion for instruktion. Ved forespørgsel om en indgangs status læses der på dette register i stedet for på selve indgangene. Ved "set" eller "reset" af udgangene via brugerprogrammet bliver kun udgangenes procesbillede overskrevet.

Når brugerprogrammet er gennemløbet, bliver udgangens procesbillede overført til udgangene.



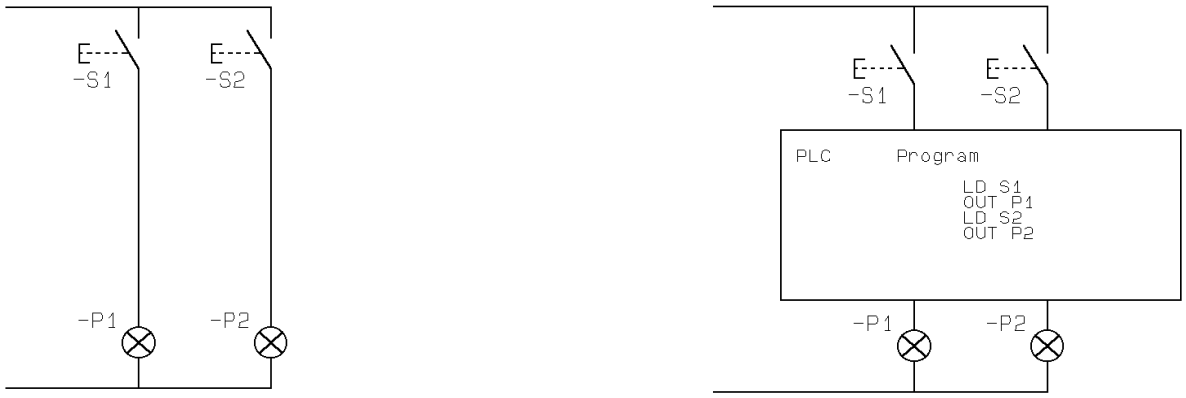
© EVU

Hvis man betragter den samlede programafvikling, består hvert gennemløb/scanning af følgende:

1. lndlæsning fra indgange
2. Programafvikling af brugerprogram
3. Udlæsning til udgange
4. Opdatering af evt. kommunikation

Scantiden for en PLC er på 0,2-50 m/s pr. 1000 instruktioner. Scantiden er som regel begrænset af det indlæste brugerprograms størrelse. Der sluttes i de fleste PLC fabrikater med en END-instruktion.

Eksempel på arbejdsmetode:	
Konventionelt anlæg:	PLC-styret anlæg:



Afbryderne betjenes og lamperne skifter med strømmens hastighed, i det mønster de betjenes.
PLC'en påbegynder en cyklus, aflæser herefter indgangsstatusregistret, behandler programmet og læser ud til udgangene. Hvis flere skal skifte , sker dette samtidig. Når dette er udført, starter denne cyklus forfra.

© EVU

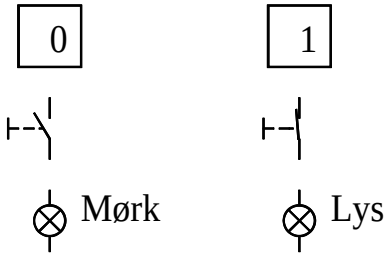
Watchdog funktion

PLC'en er normalt udstyret med et kontrolsystem, som kontrollerer, at PLC'en fungerer korrekt. Programgennemløbets tid kontrolleres ved at måle, hvor tit cyklus kontrolpunktet passeres . Denne tid er ofte maksimeret til 150 ms, men kan som regel indstilles. Hvis et gennemløb ikke bliver afsluttet inden for tidsintervallet, skønnes det, at der er programfejl eller forstyrrelser, hvorefter PLC'en går over i stoptilstand og fjerner spændingen fra alle udgange.

Hukommelse

I PLC-styringer betegnes programlageret samt systemets registre med en fælles betegnelse; Memory eller Hukommelse .

Den mindste enhed i hukommelsen kaldes en "BIT". En bit kan antage værdien "0" og "1". Disse værdier kan sammenlignes med en kontakt, der er enten åben eller lukket.



Adresse	Data							
0	1	0	0	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	1	0	0	0
3	1	0	0	1	1	1	1	1
4	1	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1
|								
|								
|								
|								
1021	1	0	0	0	1	0	0	0
1022	0	0	0	0	0	0	0	0
1023	1	0	1	1	1	1	1	1

Generelt kan programlagre betragtes som en række linjer bestående af et bestemt antal bit, typisk 8. Bittene kan enkeltvis repræsentere fx indgange, udgange og hjælperelæer, og i kombinationer på 8 bit (Byte), 16 bit (Word) eller 32 bit (Doubleword) repræsentere talværdier fra fx timere, tællere, analoge indgange m.m.

© EVU

Lagerets kapacitet kan udtrykkes på forskellig måde, men generelt anvender man benævnelsen "k" (kilobyte).

Det på tabellen viste lager på forrige side har således 1024 adresser og kan betegnes som en kilobyte.

$1k = 2^{10} = 1024$
$2k = 2^{11} = 2048$
$4k = 2^{12} = 4096$
$8k = 2^{13} = 8192$

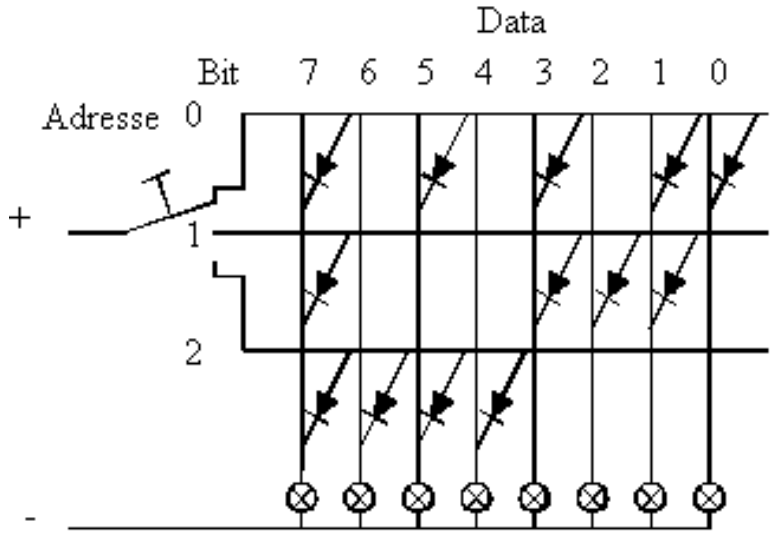
I PLC sammenhænge er det normalt sådan, at en simpel listeinstruktion fylder 2 eller 3 bytes (avancerede instruktioner fylder mere). Der er altså cirka halvt så mange instruktioner, som der er bytes.

Hukommelsens opbygning kan sammenlignes med et antal dioder (PN-overgange) i en matrixopbygning.

Adressen tænkes skiftet med en omskifter.

Data er således

10101011 i adresse 0
og 10001110 i adresse 1
og 11110000 i adresse 2

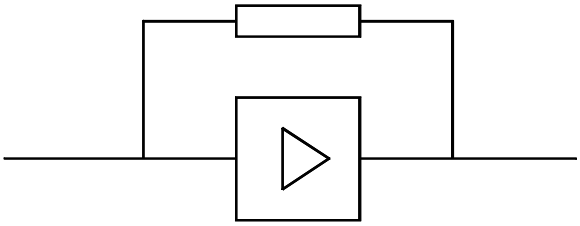


Det siger sig selv, at hukommelsen i praksis ikke er lavet af dioder. Disse vil være erstattet af forskellige typer hukommelsesmedier.

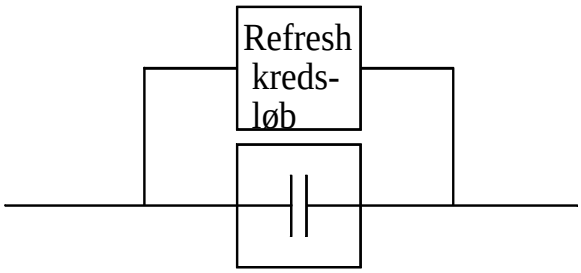
© EVU

Hukommelsesoversigt				
Type	Betegnelse	Programmeringsmetode	Slettemetode	Hukommelse ved strømsvigt
ROM	Read Only Memory	Programmeret ved fabrikationen	ingen	Statisk
PROM	Programmable ROM	Brugerprogrammerbar (spec. udstyr)	ingen	Statisk
EPROM	Erasable PROM	Elektrisk (spec. udstyr)	Med UV lys	Statisk
EEPROM E^2 PROM	Electrical Erasable PROM	Elektrisk	Elektrisk	Statisk
FLASH EPROM	Videreudvikling af EEPROM (E^2-PROM) Hurtigere	Elektrisk	Elektrisk	Statisk
RAM	Random Access Memory (Frit tilgængelig hukommelse) Statisk Ram (baseret på logiske kredse). Anvendes i PLC Dynamisk Ram (baseret på kapacitiv op- eller afladning, kræver REFRESH ,vedligeholdelse) Anvendes ikke i PLC	Elektrisk	Elektrisk	Flygtig, (program slettes) (evt. kondensator eller batteriback-up)

© EVU



Data Flip-fop for enkelt bit i en statisk RAM



Enkelt bit i en dynamisk RAM



Flash EPROM
Modul.

Lageromåder

Lageromåderne i PLC systemer er som oftest opdelt i 3 områder:

- Programlager
- Datalager
- Parameterlager

Derudover kan PLC'er have et indstikbart lagermodul, hvormed nye programmer kan loades uden hjælp fra en programmeringsenhed.

I nogle systemer er der mulighed for at lagre hele sin dokumentation sammen med programmet i dette flash-kort. Fordelen ved dette er, at man så altid har den fuldt

© EVU

opdaterede dokumentation sammen med maskinen, hvis man da tør lade flashkortet sidde i. Disse kort kan også være opbevaret på et centralt sted.

De enkelte lagerområder er beskrevet i det følgende.

Programlager

Programlageret indeholder listen over de operationer, som PLC-systemet bearbejder til den ønskede styringsopgave. Programmet er lagret i et statisk hukommelsesområde (skrive-læselager) og går ikke tabt, selv om der sker et spændingssvigt, da lagerets indhold bliver bevaret uden strømtilførsel.

Datalager

Datalageret anvendes som et arbejdslager, som brugerprogrammet har adgang til, også kaldet registre . Datalageret indeholder adresser til lagring af indgangsstatus, udgangsstatus, midlertidig lagring af mellemresultater og til lagring af konstanter, der bruges som faste parametre. Desuden indeholder dette område særlige elementer og objekter som fx timere, tællere, hurtigtællere og analoge ind- og udgange.

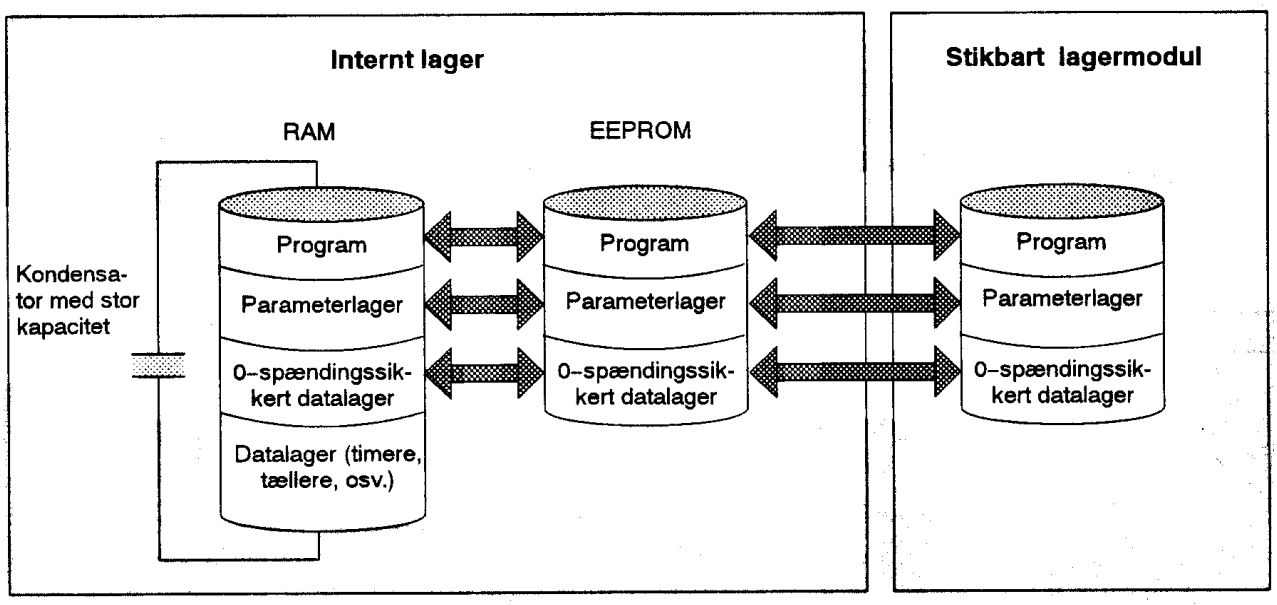
En del af datalageret er lagret i et nulspændingssikkert skrive-læselager. Disse data går heller ikke tabt ved et spændingssvigt. Konstanter og andre informationer kan derfor lagres ubegrænset. Det nulspændingssikre lager har de samme egenskaber som programlageret.

En anden del af datalageret er lagret i RAM-lageret (Random Access Memory). RAM-lagerets indhold bliver bevaret i et begrænset tidsrum ved hjælp af et batteri eller en kondensator med stor kapacitet, også efter at PLC-systemet er koblet ud.

© EVU

Parameterlager:

Parameterlageret kaldes også CPU systemområde. Lagerområdet stiller lagerplads til rådighed for et udvalg af konfigurerbare parametre som fx passwords, stationsadresser og informationer om de remanente områder. Dette lagerområdes indhold er lagret i et nulspændingssikkert lager, der har de samme egenskaber som programlageret.



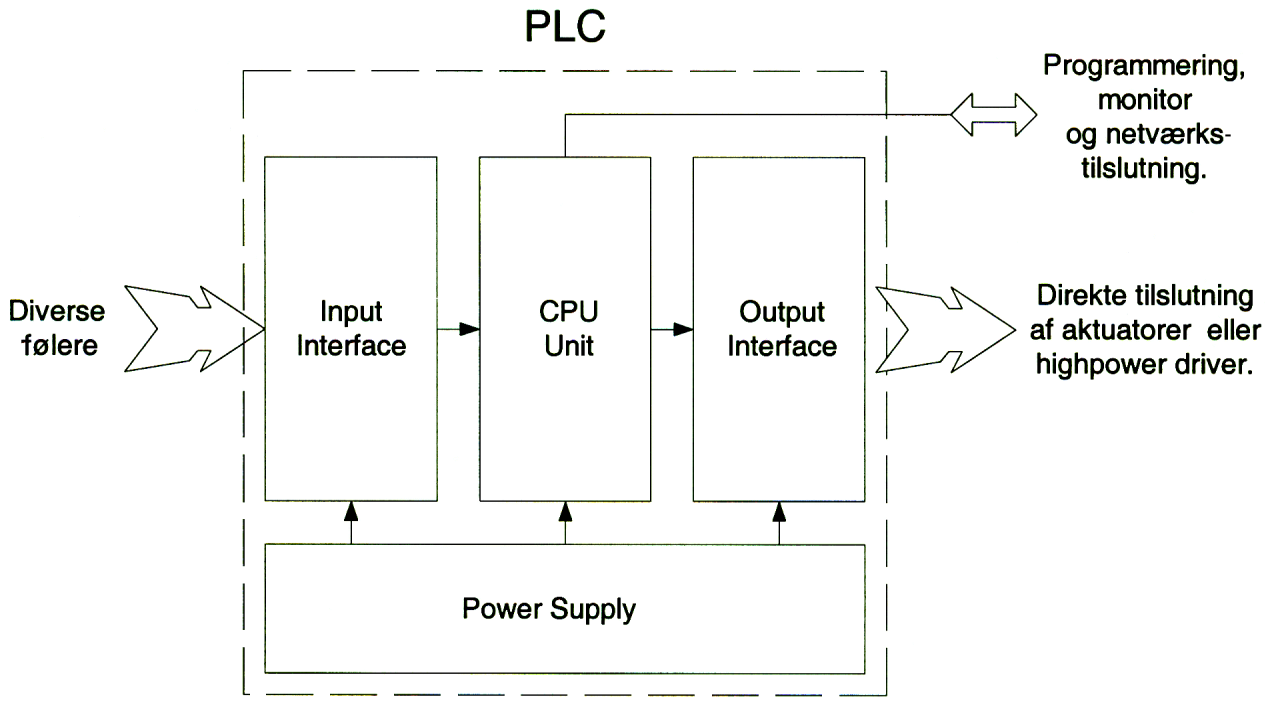
© EVU

PLC'ens indgange

PLC'ens digitale indgange.

For at en PLC skal kunne anvendes, skal dens input og output tilpasses den omkringliggende verden. PLC'en arbejder internt på 5 V, og den indeholder en almindelig microprocessor af den samme slags, som findes i en pc.

PLC'ens kontakt med omverdenen:



Startende fra venstre, skal der her kunne tilsluttes diverse følere. Disse følere kan enten være af digital eller analog art.

Digitale følere

Der findes mange forskellige slags digitale følere, men ens for dem alle sammen er, at de afgiver et digitalt signal, hvilket vil sige, at disse følere enten afleverer et ON eller OFF signal.

Af sådanne følere kan nævnes:

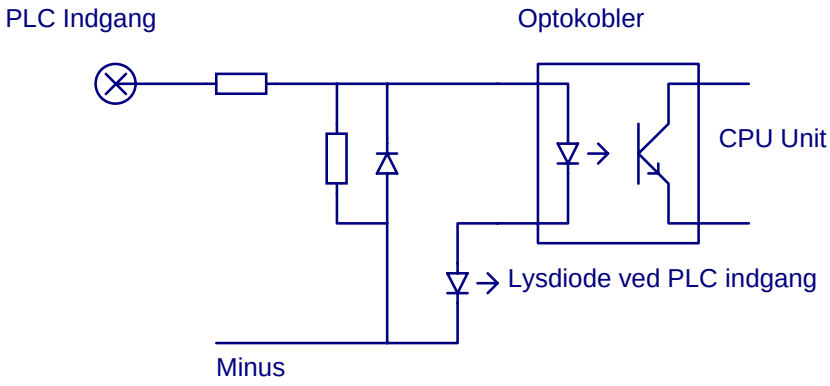
- Almindelige kontakter af NO eller NC typen
- Nærhedsfølere (induktive, kapacitive, optiske)

© EVU

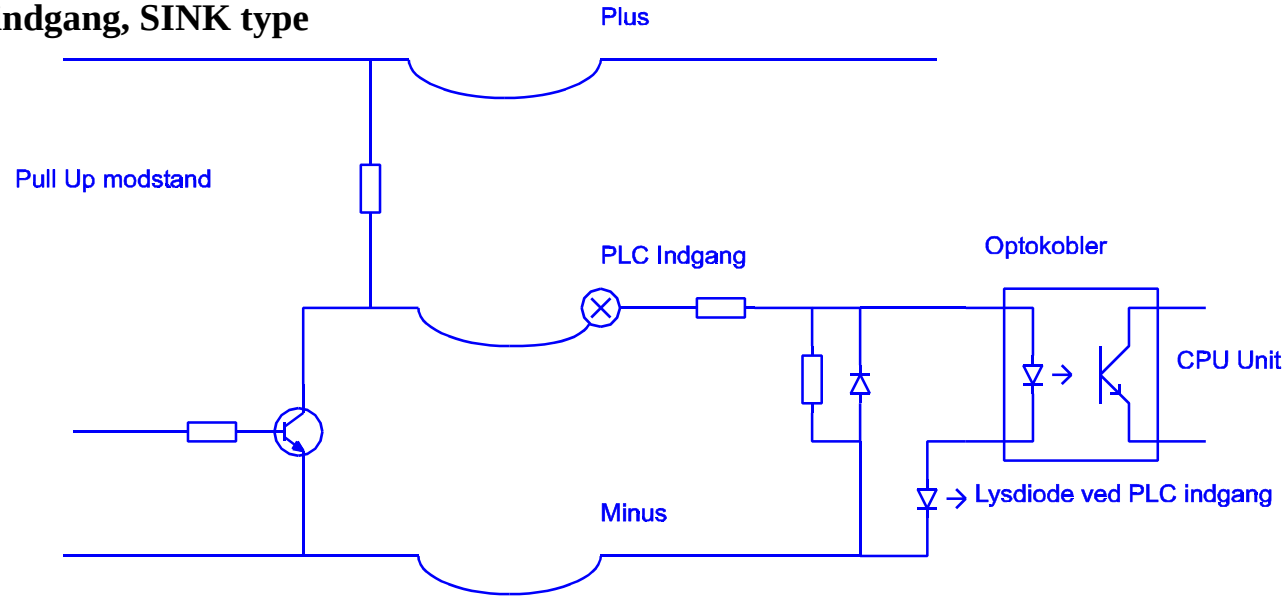
Den digitale indgang

Den digitale indgang i en PLC er opbygget således, at den kan omsætte de spændinger, som følerne arbejder på, til de 5 V, som CPU-delen af PLC'en arbejder på.

Der findes grundlæggende to forskellige slags digitale indgange på en PLC, nemlig en AC og en DC model. AC modellen arbejder normalt på enten 24VAC eller 230VAC, og DC-indgangen arbejder normalt på 24VDC og er enten af **SINK-** eller SOURCE-typen. Fælles for dem begge er, at de indeholder en opto-kobler, som galvanisk adskiller PLC'ens CPU-del fra følerindgangene.



Opbygning af en DC indgang, SINK type



© EVU

Tilkobling af en kontakt til en sådan indgang.

Ved aktivering af kontakten (S1) løber strømmen ind i PLC indgangen og aktiverer herved optokobleren, som så giver signal til PLC'ens CPU-Unit. Grunden til, at den kaldes en SINK-indgang, er, at strømmen først løber gennem den tilsluttede kontakt og derefter gennem PLC'ens indgangsstruktur. Man siger også, at PLC'en "synker" strømmen.

Data for en sådan indgang omhandler altid tre parametre.

1. Hvilken spænding der skal til for at aktivere indgangen
2. Hvor lang tid denne spænding skal være til stede, før indgangen aktiveres.
3. Hvor stor en spænding der kan tilkobles, før det går ud over selve CPU-delen.

© EVU

Spændingen, som skal tilsluttes en sådan indgang, før PLC'en vil opfatte det som et ON-signal, varierer fra PLC til PLC. Dette fænomen kan beskrives ved følgende tegning.

1. Angående spændingen:



Denne tegning skal forstås på følgende måde. De 3 værdier A, B og Max angiver tre spændinger, som opgives af fabrikanten af PLC'en. Disse tre spændingen kan, hvis man ikke har dem, sættes til nogle ca. værdier, som er et gennemsnit for PLC-fabrikanterne.

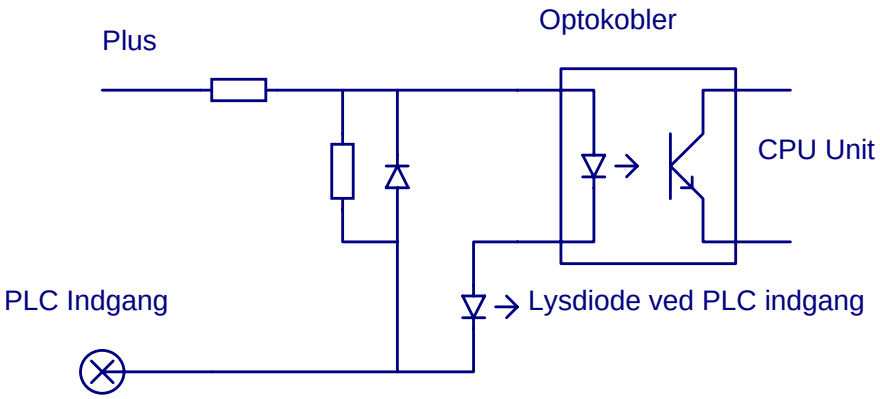
- A sættes til 5 V
- B sættes til 10 V
- Max sættes til 30 V.

Dette skal så tolkes på følgende måde. PLC'en opfatter en spænding mellem 0 V og 5 V som et OFF-signal. Et signal mellem 10 V og 30 V opfatter PLC'en som et ON-signal. Spændinger over 30 V kan ødelægge PLC'ens indgang.

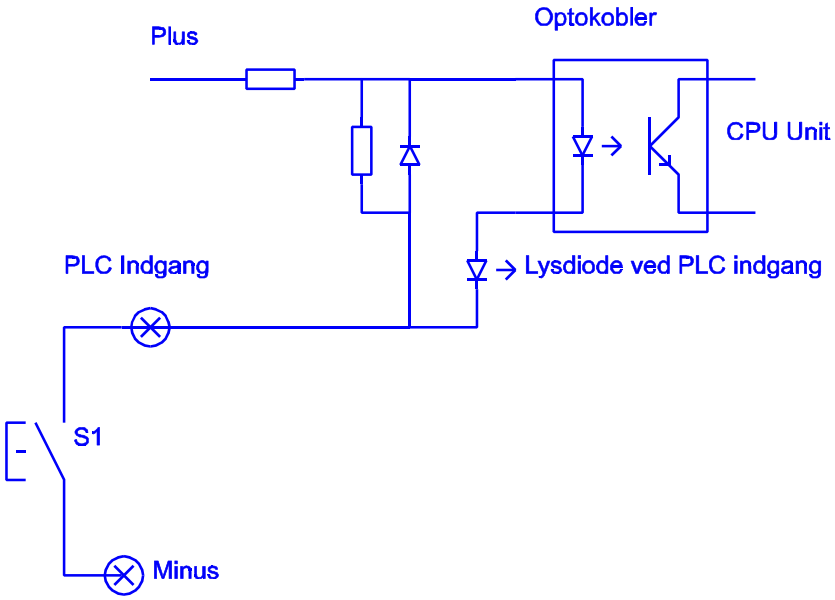
Et signal mellem 5 V og 10 V findes i det, man kalder "det forbudte område". Hvis signalet er i dette område, ved man ikke, om PLC'en opfatter det som et ON eller et OFF signal, men da det er en digital indgang, bliver det i PLC'en tolket som enten et ON eller et OFF signal. Hvilken af de to ved man ikke.

© EVU

Opbygning af en DC indgang, SOURCE type

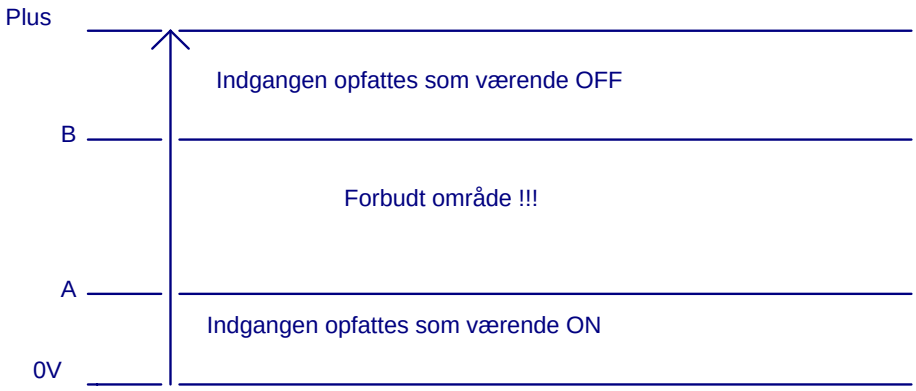


Tilkobling af en kontakt til en sådan indgang.



Ved aktivering af kontakten (S1), løber strømmen ind i PLC-indgangen og aktiverer herved optokobleren, som så giver signal til PLC'ens CPU-Unit. Grunden til, at den kaldes en SOURCE-indgang er, at strømmen først løber gennem PLC'ens indgangsstruktur og derefter gennem kontakten til minus. Man siger også, at PLC'en "leverer" strømmen.

© EVU



Ligesom ved SINK-indgangen er der nogle regler for spændingen og tider på PLC-indgangen, som opgives af fabrikanten.

Eksempler på spændinger ved en SOURCE tilslutning. Plus antages at være tilsluttet 24 VDC:

Her vil de typiske spændinger være således, at PLC'en vil betragte indgangen som værende ON, når spændingen er under 10 V (A), og betragte indgangen som værende OFF, hvis spændingen er over 18 V (B). Det vil sige, at det "forbudte område" er mellem 10 V og 18 V.

© EVU

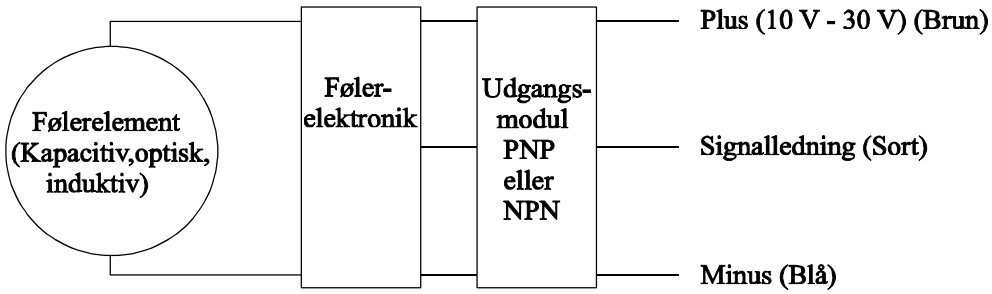
Nærhedsfølere og deres tilslutning

En nærhedsføler er fx en kapacitiv, en optisk eller en induktiv type. Disse følere har følgende virkemåde:

Type	Kan føle
Kapacitiv	Så godt som alt
Induktiv	Emner af metal
Optisk brydende	Emner som kan bryde en lystråle
Optisk reflekterende	Emner som kan reflektere en lystråle

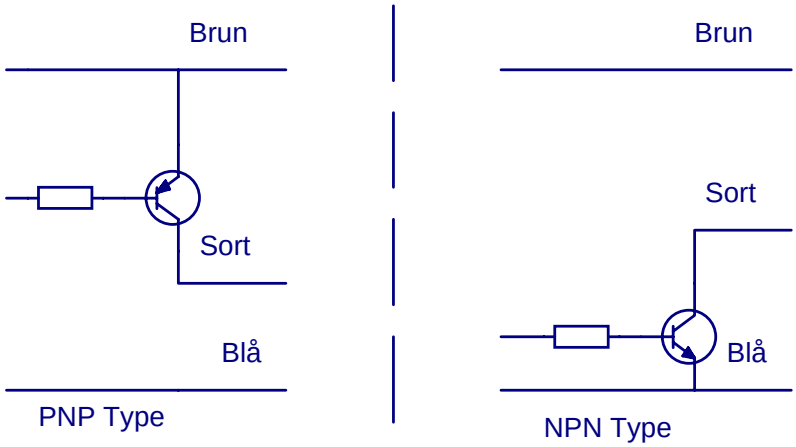
Disse nærhedsfølere er opbygget på samme måde og kan alle fås i to forskellige output versioner, nemlig en **PNP-** og en NPN-version.

Opbygning af en nærhedsføler



 © EVU

Udgangsmodulets opbygning



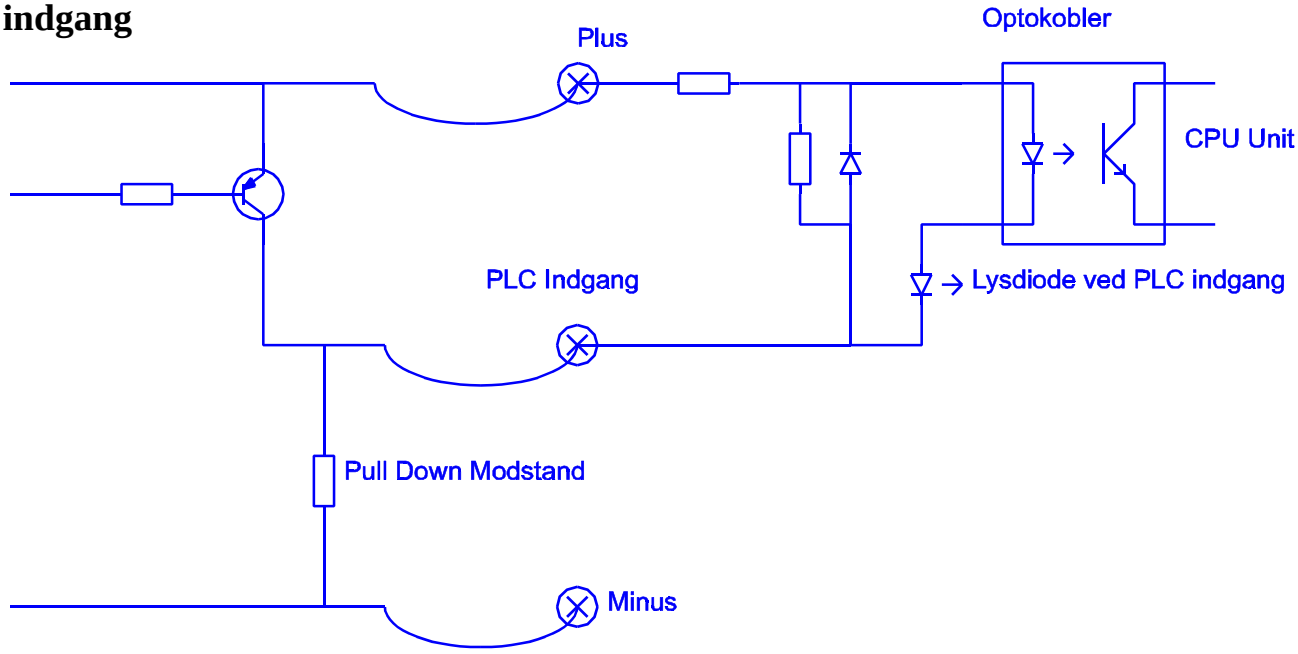
Når følerelementet aktiveres, sørger følerelektronikken for at aktivere transistoren (den går ON) gennem modstanden. Udgangen fra føleren (sort ledning) vil så få forbindelse med henholdsvis plusledningen (brun) for PNP typen og med minus (Blå) for NPN typen.

Dette betyder, at en føler af PNP-typen kan tilsluttes direkte til en PLC med SINK-indgang, og en NPN føler kan tilsluttes direkte til en PLC med SOURCE indgang.

Hvis man derimod vil tilslutte en PNP føler til en PLC med SOURCE-indgang, løber man ind i problemer. Dette problem kan dog nemt løses ved hjælp af en modstand, monteret på følgende måde:

© EVU

PNP føler til SOURCE indgang

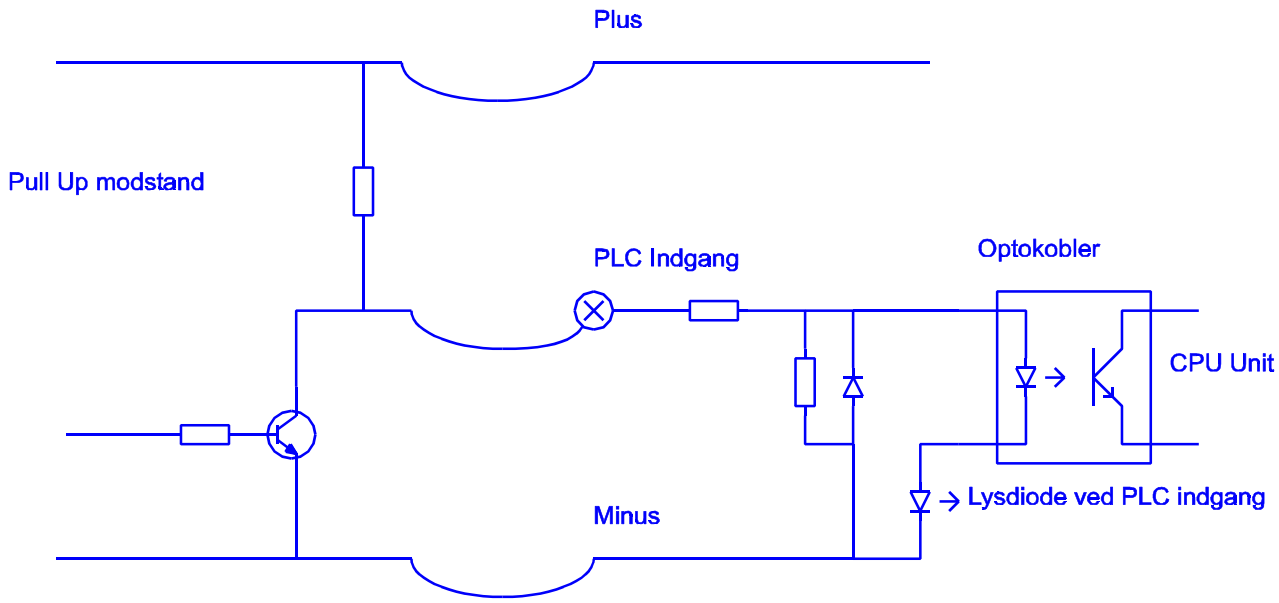


Dette virker på den måde, at strømmen ved føler "IKKE AKTIVERET" vil løbe gennem PLC'ens indgangsstruktur og videre gennem **Pull Down** (PD) modstanden til minus. Når føleren aktiveres, vil transistoren lave forbindelse mellem PLC'ens indgang og plus. PLC'en vil opfatte dette som et OFF-signal. Dette tages der højde for i programmeringen ved at programmere indgangen inverteret.

© EVU

NPN føler til SINK indgang

Det samme fænomen opstår, når der tilsluttes en NPN føler til en PLC med SINK indgang.



Dette virker på den måde, at strømmen ved føler "IKKE AKTIVERET" vil løbe gennem **Pull Up** (PU) modstanden og videre gennem PLC'ens indgangsstruktur til minus. Når føleren aktiveres, vil transistoren lave forbindelse mellem PLC'ens indgang og minus, og PLC'en vil opfatte dette som et OFF-signal. Dette tages der højde for i programmeringen ved at programmere indgangen inverteret.

Opsummering af tilslutning af nærhedsføler til en PLC:

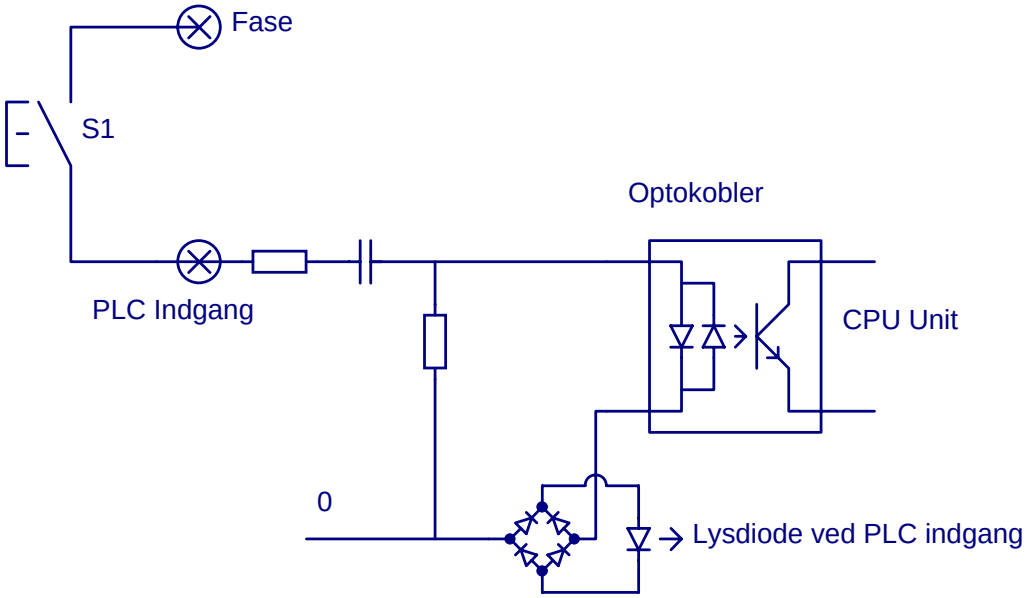
Føler udgang	PLC indgang	Modstand	Programmeres som
PNP	SINK	PD må være der	Almindelig
PNP	SOURCE	PD SKAL monteres	Inverteret
NPN	SINK	PU SKAL monteres	Inverteret
NPN	SOURCE	PU må være der	Almindelig

© EVU

Modstanden er i begge tilfælde på ca. 1,5 kΩ. Det er en god ide at montere den, da den virker støjdæmpende på indgangen. Ligeledes må den gerne monteres i forbindelse med tilslutning af almindelige kontakter til PLC'ens indgange, da den her også virker støjdæmpende.

AC digitale indgange på PLC

Den eneste forskel på en AC digital indgang og en DC digital indgang på en PLC er, at man anvender en anden slags optokobler samt en spændingsdeler, når der anvendes 230 VAC.



Når kontakten S1 aktiveres, løber strømmer fra fasen igennem PLC indgangsstruktur, hvorved der sendes et signal til PLC'ens CPU-del. Brokoblingen er monteret for at levere DC til lysdioden. Dette kunne gøres med en enkelt diode, men i så fald ville denne “blafre” lidt.

© EVU

PLC'ens udgange

PLC'ens digitale udgange.

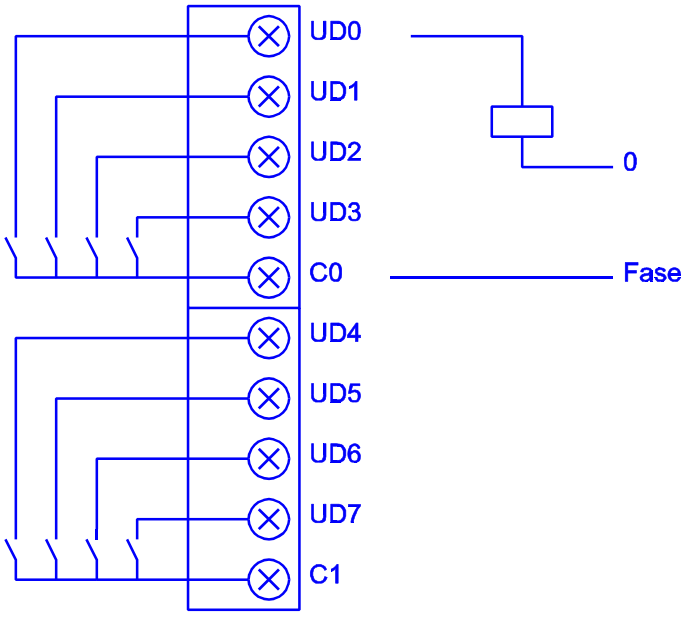
Udgangene fra PLC'en er ligesom indgangene opdelt i digitale og analoge. Af digitale typer findes der:

- Relæudgang.
- Transistorudgang. SINK og SOURCE.
- Triac-udgang (230VAC).

Relæudgange

Relæudgangen er den simpleste af de tre at tilslutte til omverdenen. Den består normalt af en række relæer, hvor man kan anvende en NO-kontakt. Den ene side af kontaktsættet er så forbundet til en fælles klemme. I nogle PLC'er er der en fælles klemme for alle udgange, hvor der i andre PLC'er er en fælles klemme for hvert 4. relæ. Det kan også være, man selv må forbinde den ene klemme på hvert relæ og derigennem danne en fælles klemme. Relæudgangene har den ulempe, at de er noget langsomme i forhold til de to andre typer.

Eksempel på en PLC med relæudgange hvor der er dannet grupper på 4 med hver sin fælles klemme (C0 og C1):



 © EVU

Som det ses, er kontaktorens ene side forbundet til 0, og fasen er tilsluttet fællesklemmen C0. Denne opdeling gør det muligt fx at anvende 230VAC og 24VDC efter behov. Strømmene, som man kan trække på en sådan udgang, er ofte op til 4A.

Den galvaniske adskillelse fra PLC'ens CPU del opnås her via relæet.

Det er dog en forudsætning, at adskillelsen mellem systemerne er lige så god som adskillelsen mellem primær- og sekundærsiden på en sikkerhedstransformer i følge EN 60204-1

Transistorudgange

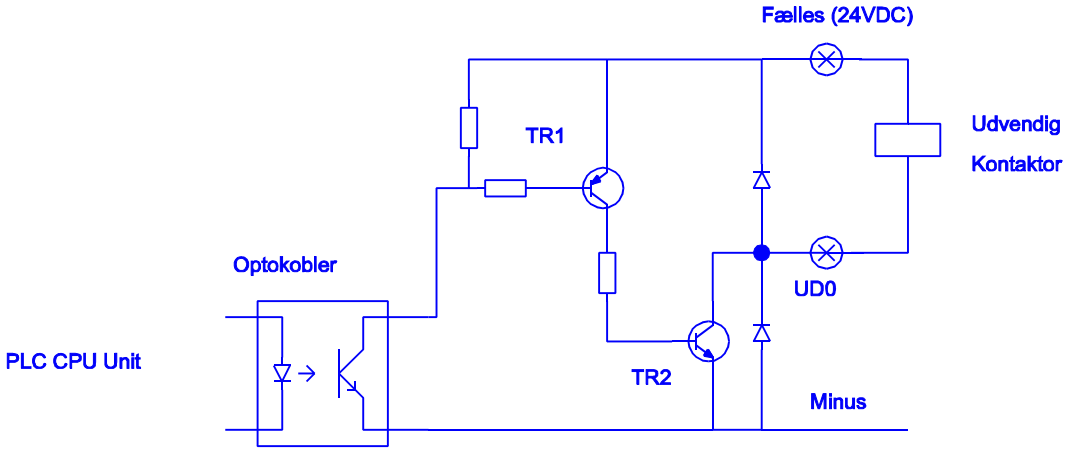
Transistorudgange fås i to forskellige udgaver, nemlig en SINK- og en SOURCE-model. De er lige nemme at anvende. Det er normalt således, at SINK-modellen kan tåle en større strøm end en SOURCE-model.

Transistorudgange kan udelukkende arbejde med DC og normalt med spændinger op til 30 VDC.

Strømmene, som de normalt kan arbejde med, er fra max. 0,5 A til 2 A, så hvis man ønsker større strømme, må der anvendes overføringsrelæer.

SINK type

Eksempel på en transistorudgang af SINK-typen med tilslutning af en udvendig kontaktor.

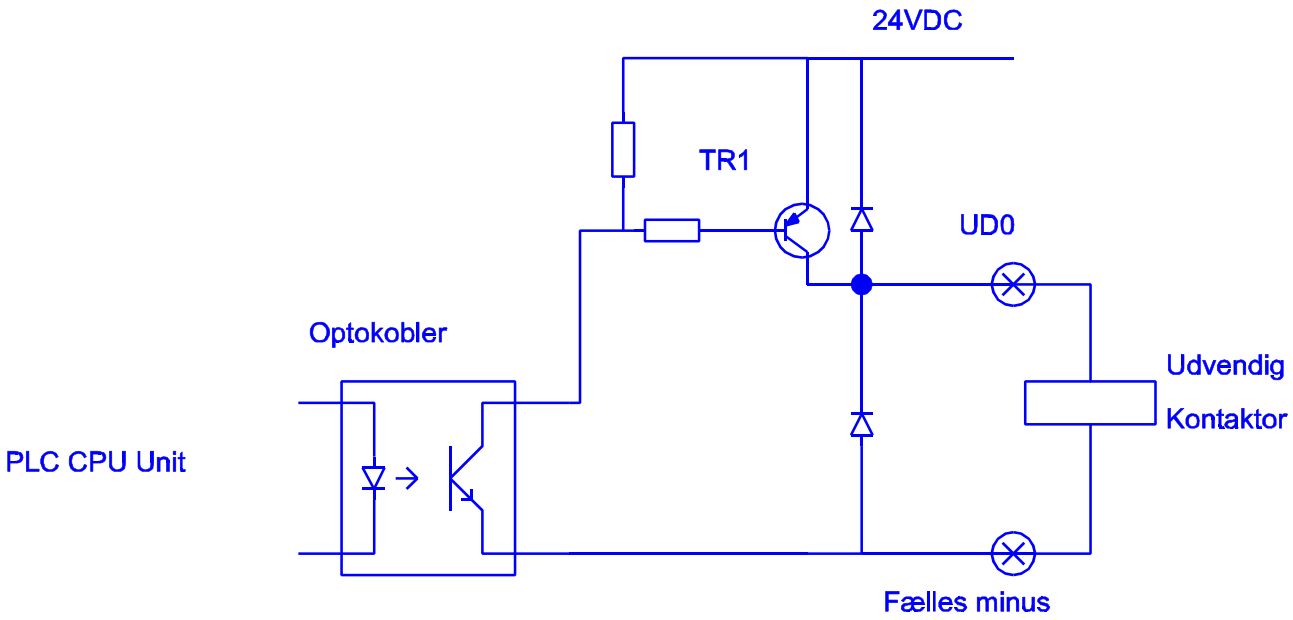


 © EVU

Virkemåden af dette trin er følgende: Når der kommer signal fra PLC'ens CPU-del, aktiveres optokobleren, som aktiverer TR1, som aktiverer TR2 (udgangstransistoren). Når denne går ON, trækkes den ene terminal på den udvendige kontaktor til minus. Da den anden terminal på kontaktoren er forbundet til den fælles 24VDC, aktiveres den udvendige kontaktor. De to dioder på udgangen er monteret for at beskytte transistoren.

SOURCE type

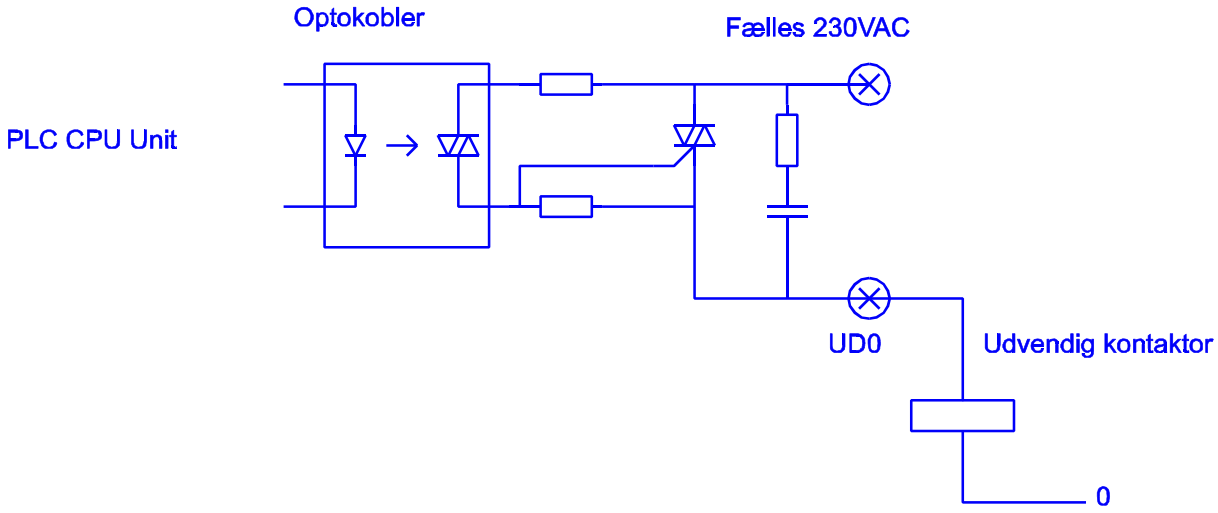
Eksempel på transistorudgang af SOURCE typen med udvendigt monteret kontaktor:



Virkemåden her er meget lig den for SINK-udgaven. Den eneste mærkbare forskel i forbindelse med montage er, at der her er fælles minus.

© EVU

Triac udgange eller AC-udgange



Som man ser, er der i en 230 VAC-udgang anvendt en speciel optokobler, hvor den normale lysfølsomme transistor er skiftet ud med en lysfølsom triac. Denne type optokoblere omtales meget ofte som en "MOC". Serieforbindelsen af modstanden og kondensatoren på triacen kaldes for et "snubberled" og har til formål at beskytte triacen mod transienter. Opbygningen er lig med opbygningen af et SSR (Solid State Relay).

© EVU

 © EVU

PLC analog input output

Hvad er egentlig et analogt signal? Et analogt signal er et signal, som ikke består af værdierne ON eller OFF som et digitalt signal. Eksempler på analoge signaler er varierende spændinger, strømme, temperaturer etc.

Da PLC'en ikke umiddelbart kan forstå et analogt signal, men jo kun kan forstå digitale signaler (ON/OFF signaler) , er det nødvendigt at omsætte disse analoge signaler til et digitalt signal. Dette gøres ved hjælp af en **analog til digital converter** eller kort, en AD converter.

En AD arbejder med 2-talssystemet eller det binære talsystem. Den virker på den måde, at den oversætter det analoge signal til en række af bit/signaler, som enten kan være ON = 1 eller OFF = 0.

Kort om det binære talsystem

Det binære talsystem er opbygget på samme måde som det talsystem, som vi er vant til, nemlig 10-talsystemet. Det binære talsystem indeholder tallene 0 og 1, ligesom 10-talsystemet indeholder tallene 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9.

Se nedenstående, hvordan tallet 237 er opbygget i 10 talsystemet. 2-tallet kalder vi "hundreder", 3 kalder vi "tiere", og de 7 kalder vi "enere". Vi kan nu prøve at beregne tallets værdi, som er bestemt af de enkelte cifres placering.

10-tal systemets opbygning

Tal (A)	2	3	7	
Cifferplacering	2	1	0	
Værdi for placering	10^2	10^1	10^0	
Omregnet placeringsværdi (B)	100	10	1	
Værdien af tallet = Σ(A • B)	200	30	7	237

© EVU

I det binære talsystem foregår det på samme måde. Vi kan altså omregne et binært tal til 10 talsystemet på følgende måde. Som eksempel anvendes det binære tal 10110:

2-talsystemets opbygning

Tal (A)	1	0	1	1	0	
1Cifferplacering	4	3	2	1	0	
Værdi for placering	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Omregnet placeringsværdi (B)	16	8	4	2	1	
Værdien af tallet = Σ(A • B)	16	0	4	2	0	22 i 10 talsystem

For at kunne anvende analoge signaler i forbindelse med PLC'ens indgange er det derfor nødvendigt at montere et modul, som indeholder den omtalte AD converter.

For ikke at få for mange forskellige typer af disse analoge indgange er man gennem tiderne blevet enige om at anvende følgende analoge signaler:

0 - 20 mA (Lidt ældre standard, som ikke bruges så meget mere)

4 - 20 mA (Meget udbredt signaltype)

0 - 10 V (Anvendes mest til motorstyringer)

0 - +/-10 V (Anvendes mest til motorstyringer)

Det vil altså sige, at man må omsætte det, som man ønsker at måle, til en af disse typer af analoge signaler.

Dette system anskueliggøres nemmest gennem et eksempel.

Eksempel:

Man ønsker at måle en temperatur fra 0 ˚C til 200 ˚C. Der er på PLC'en monteret et **analogmodul**, som programmeres til at anvende 4 til 20 mA.

© EVU

Det første, man nu må gøre, er at omsætte dette antal grader til den valgte signaltype. Dette gøres ved hjælp af en transmitter, som kalibreres til at afgive 4 mA ved en temperatur på 0 ˚C og 20 mA ved en temperatur på 200 ˚C.

Hvor god en opløsning, der opnås på analogsignalet, er afhængig af, hvor mange bit den pågældende **analogindgang** arbejder med.

Da den arbejder i 2-talsystemet, må man beregne opløsningen.

En 8 bit AD anvender altså 8 bit, som hver for sig enten kan være OFF = 0 eller ON = 1. Dette giver, at man med 8 bit har 2^8 - 1 = 255 trin i en 8 bit AD-indgang.

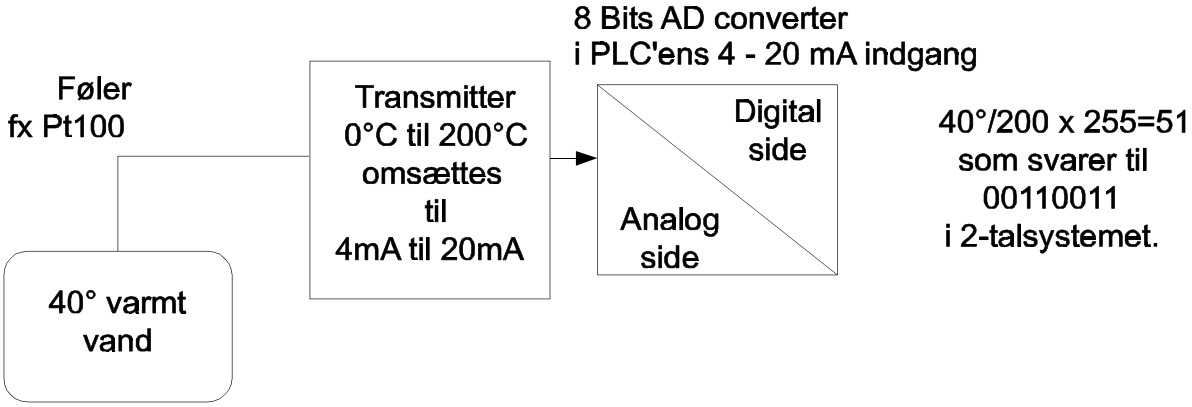
I vort tilfælde giver det os så en opløsning på 200˚C/255 = 0,78 ˚C/trin. Man kan, i vort eksempel, altså ikke med en 8 bit AD måle med en nøjagtighed bedre end 0,78 ˚C.

Hvis vi derimod anvender en 15 bit AD, bliver resultatet i vort tilfælde 200 ˚C/2^{15} - 1 = 0,006 ˚C/trin, som er en noget bedre opløsning. Dette får man selvfølgelig ikke for ingenting. Den værste ting er, at det analoge indgangsmoduls hastighed går drastisk ned, når man går op i antal bit. Man kan godt få nogle meget hurtige AD convertere, de er bare meget dyre.

© EVU

For at få en bedre forståelse af den analoge indgang vil vi se på følgende illustration med udgangspunkt i eksemplet med temperaturmåling:

AD-converter



Det vil altså sige, at man inde i PLC'en (i programmet), vil opleve et tal på 51 ved 40 ˚C. I programmeringen af PLC'en kan man så anvende sammenligningsfunktioner og matematiske funktioner på dette tal.

Som man ser, omsættes der til et vist antal bit. Det betyder også, at en 8 bit AD-converter faktisk fylder det samme som 8 digitale indgange i PLC'en.

Der kan i mange tilfælde fås moduler til PLC'en, så man kan tilslutte en temperaturføler direkte til denne, således at man undgår transmitteren. Det, der tit er afgørende for, om man vil anvende en transmitter, er for det meste afstanden mellem målestedet og PLC'en. Hvis der er langt, vil man foretrække at anvende en transmitter. En anden ting er, at de specialiserede PLC-moduler er temmelig dyre.

© EVU

PLC analog udgange

Hvis man ønsker, at PLC'en skal afgive et analogt signal til at styre fx en varmeregulering, en motors omdrejningstal, etc, er det nødvendigt at udstyre PLC'en med et analogt udgangsmodul. Her har man som ved de analoge indgangsmoduler bestemt sig for nogle standarder, som er de samme som ved indgangsmodulerne, altså:

0 - 20 mA	(ældre standard)
4 - 20 mA	(meget anvendt standard til meget forskelligt)
0V - 10V	(mest motorstyringer med en omdrejningsretning)
0V - +/-10V	(mest motorstyringer med mulighed for begge omdrejninger)

Den analoge udgang er opbygget ved, at man anvender en DA converter eller en **digital til analog** converter. Denne kan, som ordet siger, omsætte fra et digitalt signal til at analogt signal. Da PLC'ens CPU del kun kan arbejde med digitale signaler, er denne omsætning nødvendig, hvis man ønsker at anvende en analog udgang.

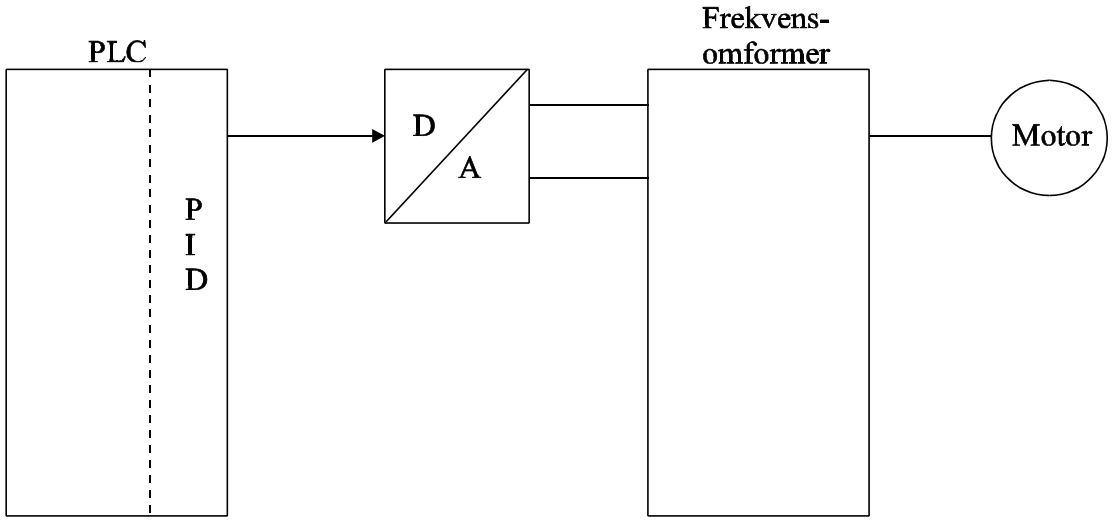
DA-converteren anvender ligesom AD-converteren det binære talsystem. For at give et overblik er det nemmest at se på et eksempel.

Eksempel på et system som anvender en analog udgang:

Hvis den analoge regulering af motoren har sikkerhedsrelaterede funktioner skal kravene i ISO 13849-1 eller IEC 62061 finde anvendelse.

© EVU

Analog udgang



Vi antager, at frekvensomformerens parametre er sat således, at 4 mA giver et omdrejningstal på 0, og 20 mA giver et omdrejningstal på 1480 o/m. Da det analoge udgangsmodul er et 8 bit modul, kan man fra PLC'en, via programmeringen, sende tal mellem 0 og 255 ud til dette modul. 0 fra PLC'en vil altså svare til en strøm på 4 mA 255 fra PLC'en vil give en strøm på 20 mA.

© EVU

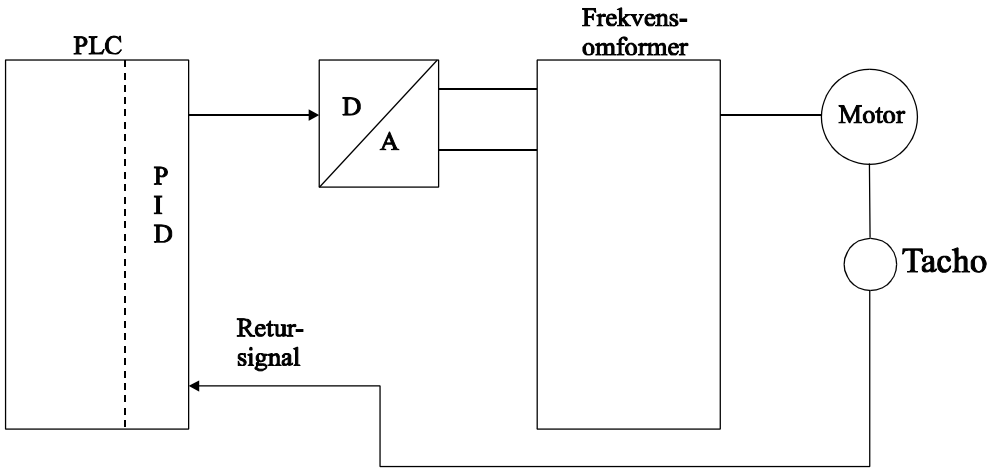
Nogle eksempler tabellagt.

Tal fra PLC	Omregning til strøm	Strøm (Afrundet)	Omregning til omdrejningstal	Omdrejninger
0	0/255 x 16 + 4	4 mA	(4 4)/16 x 1480	0
63	63/255 x 16+4	8 mA	(8 4)/16 x 1480	370
127	127/255 x 16+4	12 mA	(12 4)/16 x 1480	740
193	193/255 x 16+4	16 mA	(16 4)/16 x 1480	1110
255	255/255 x 16+4	20 mA	(20 4)/16 x 1480	1480

I det viste system har man ingen kontrol over, hvor hurtigt motoren egentlig kører. Man satser på, at frekvensomformeren gør det, man giver den besked på. Hvis man fra sit PLC-program vil vide, om motoren virkelig kører med det omdrejningstal, som man har bestilt, er man nødt til at måle omdrejningstallet og sende dette retur til PLC'en. Det program, som man så har lavet, kan så skrues lidt op eller ned afhængig af, hvad der er behov for. Dette kan gøres ved hjælp af simple matematiske funktioner eller sammenligningsfunktioner i PLC, eller man kan benytte en regulatorblok i PLC'en, en såkaldt **PID**-blok.

© EVU

Et sådant system kan se således ud.



Generelt kan man sige om analog ind/ud på en PLC, at det er lige så nemt at arbejde med/lave programmer til som digitale ind/udgange.

Funktionerne, som man skal anvende for at sende et tal ud på en analog udgang eller læse et tal på en analog indgang, er afhængig af, hvilken PLC man har; men så godt som alle PLC'ere i dag er i stand til dette.

© EVU

Logiske funktioner

Uanset at de fleste PLC-systemer i dag programmeres grafisk i et af sprogene Ladderdiagram eller Logikskema ligger der en instruktionsliste-kode, som fortolkes i PLC'en.

Det er derfor vigtigt at forstå måden, PLC'en fortolker instruktionerne på, specielt hvis man skal fejlsøge med håndprogrammeringsenheder.

I visse systemer kan programmet også være skrevet i instruktionsliste på en sådan måde, at det ikke kan oversættes til et af de grafiske sprog.

Logiske operationer beskrevet uden hensyn til PLC-fabrikat

LOAD eller STORE:

Indlæs en kontakts logiske værdi (kan i enkelte fabrikater være erstattet af de to næstfølgende udtryk).

AND:

Indsæt en kontakt i serie.

OR:

Indsæt en kontakt i parallel.

I kombination med en af ovenstående NOT eller INVERT:

Indlæs benævnte kontakt med dens inverterede logiske værdi

(hvis indgangen = "1", anvendes "0" i programmet og omvendt).

OUT eller =

Udlæs til udgang (evt. hjælperelæ).

Hele programafviklingen foregår gennem anvendelsen af et specielt register, i de fleste PLC'er kaldet stack. Denne stack kaldes i nogle tilfælde for en LIFO (FILO) Last In First Out (First In Last Out). Begge forkortelser er en forklaring på, at der i dette register kan

© EVU

indlæses data ("1" og "0"), og at det sidst indlæste automatisk vil være det første, der kan hentes ud.

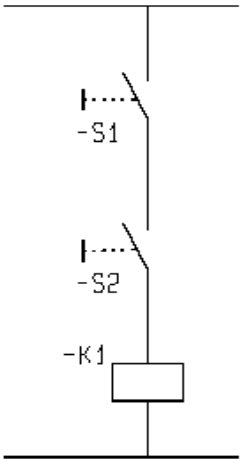
Der findes også en anden type stack kaldet en FIFO, First In First Out. Denne anvendes normalt ikke i PLC'er, men kan dog findes som separat instruktion.

Nogle PLC- fabrikater anvender ikke udtrykket stack, men arbejdsmåden vil stadig være stort set den samme for alle fabrikater.

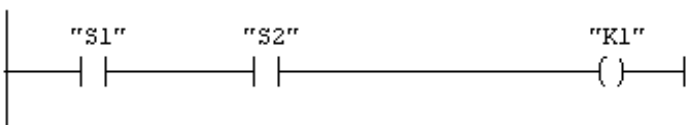
Eksempel 1

I det følgende er beskrevet arbejdsmetoden ved afvikling af nogle programeksempler. Der er anvendt styrekredsskemaets bogstavsbetegnelser i stedet for indgangs- og udgangsparametre, da disse er fabrikatafhængige.

Kredsskema:

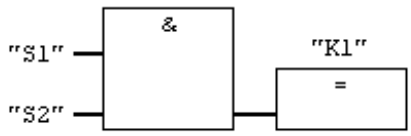


Ladderdiagram:



 © EVU

Logikskema:



LOAD (STORE) S1:

Indlæs den logiske værdi af kontakten S1, og placer denne værdi i stacken.

AND S2:

Indlæs den logiske værdi af S2, sæt denne værdi i serie med den, der ligger øverst i stacken, og placer resultatet øverst i stacken.

OUT KI:

Tag den værdi, der ligger øverst i stacken, og udlæs denne på udgang K1

Det samlede program vil se således ud i instruktionsliste.

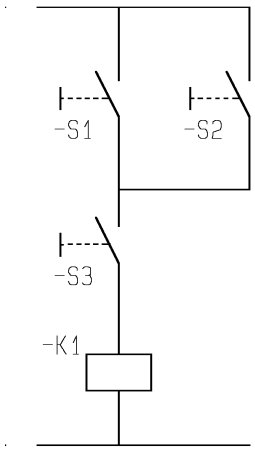
```
LD      S1
A       S2
=       K1
```


© EVU

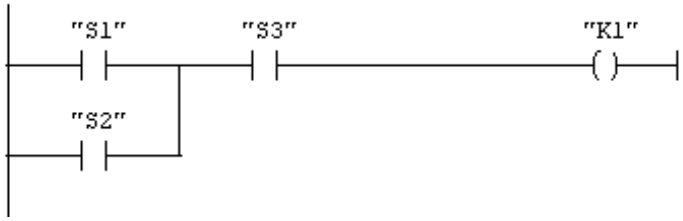
Eksempel 2

Dette program er lidt mere komplekst end det foregående.

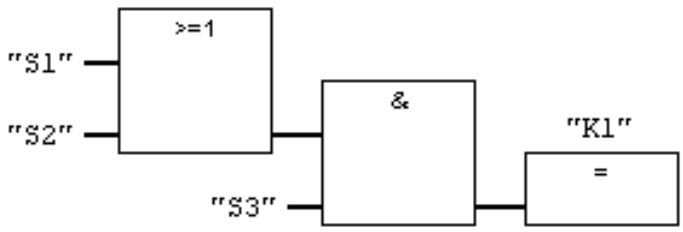
Kredsskema:



Ladderdiagram:



Logikskema:



LOAD (STORE) S1:

Indlæs den logiske værdi af kontakten S1, og placer denne i stacken.

© EVU

OR S2:

Indlæs den logiske værdi af S2, sæt denne værdi i parallel med den, der ligger øverst i stacken, og placer resultatet øverst i stacken.

AND S3:

Indlæs den logiske værdi af S3, sæt denne værdi i serie med den, der ligger øverst i stacken (her ligger nu resultatet af den tidligere programmerede parallelforbindelse), og placer herefter resultatet øverst i stacken.

= K1: Tag den værdi der ligger øverst i stacken, og udlæs denne på udgang Kl.

Det samlede program vil se således ud i instruktionsliste:

```
LD      S1
O       S2
A       S3
=       K1
```


© EVU

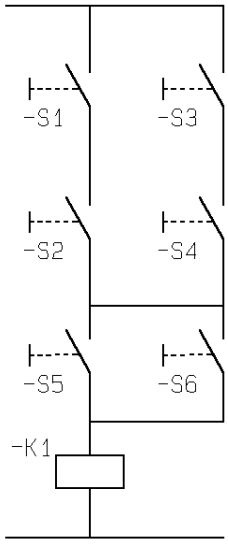
Eksempel 3

I de tidligere eksempler har vi kun anbragt én kendt variabel i stacken ad gangen. Hvis man placerer flere og derefter ønsker at hente dem igen, anvendes kombinerede instruktioner:

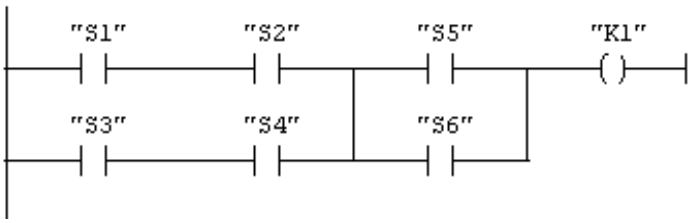
AND LOAD (AND STORE, AND BLOCK)

OR LOAD (OR STORE, OR BLOCK).

Kredsskema:

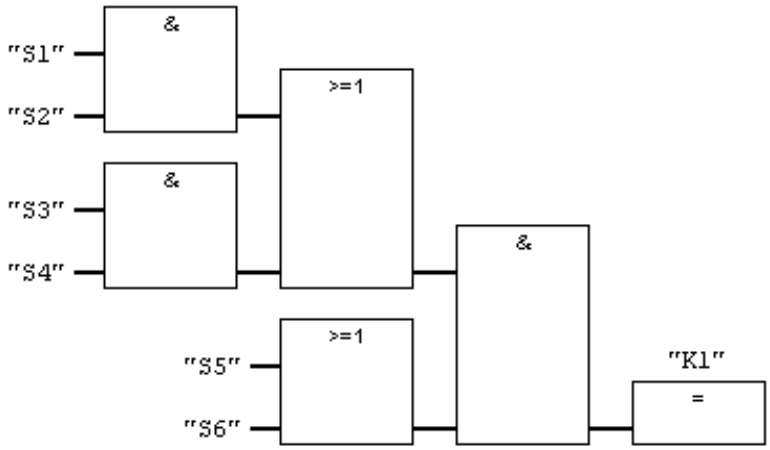


Ladderdiagram:



© EVU

Logikskema:



LOAD (STORE):

Indlæs den logiske værdi af kontakten S1, og placer denne i stacken.

AND S2:

Indlæs den logiske værdi af S2, sæt denne værdi i serie med den, der ligger øverst i stacken, og placer resultatet øverst i stacken.

LOAD (STORE) S3:

Indlæs den logiske værdi af kontakten S3, og placer denne i stacken.

Der ligger nu to kendte størrelser i stacken.

AND S4:

Indlæs den logiske værdi af S4, sæt denne værdi i serie med den, der ligger øverst i stacken, og placer resultatet øverst i stacken.

OR LOAD (OR STORE, OR BLOCK):

Lav en parallelforbindelse mellem de to værdier, der ligger øverst i stacken, og placer resultatet øverst i stacken.

© EVU

LOAD (STORE) S5:

Indlæs den logiske værdi af kontakten S5, og placer denne i stacken. Der ligger nu to kendte; øverst den lige hentede værdi og dernæst resultatet fra før placeret lige under denne.

OR S6:

Indlæs den logiske værdi, af S6, sæt denne værdi i parallel med den værdi der ligger øverst i stacken, og placer resultatet øverst i stacken

AND LOAD (AND STORE, AND BLOCK):

Lav en serieforbindelse mellem de to værdier, der ligger øverst i stacken (vore to tidligere resultater), og placer resultatet øverst i stacken.

= K1:

Tag den værdi, der ligger øverst i stacken, og udlæs denne på udgang K1.

Det samlede program vil se således ud i instruktionsliste:

```
LD      S1
A       S2
LD      S3
A       S4
OLD
LD      S5
O       S6
ALD
=       K1
```


© EVU

Parenteser:

Nogle systemer anvender parenteser i stedet for stack funktionen. Opbygningen er her baseret på den logiske ligning, der ligger til grund for logikskemaet.

Det tidligere eksempel er her gengivet i et system, der anvender parenteser:

```
A(
A       “S1”
A       “S2”

0
A       “S3”
A       “S4”
)
A(
0       “S5”
0       “S6”
)
=       “K1”
```


© EVU

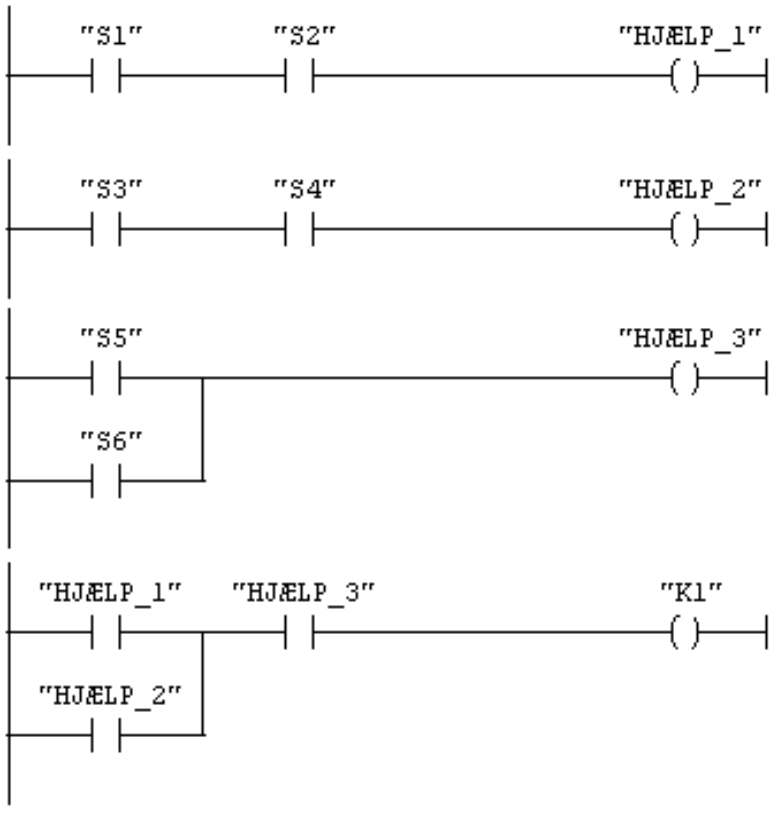
Komplekse kredsløb

Hvis programmeringen af sådanne sammensatte kredsløb bliver for kompleks, vil man ofte i stedet for stack-operationen anvende hjælperelæer. Disse kendes også under betegnelserne memory bits, merker, eller flag.

Alle PLC'er er forsynet med et antal hjælperelæer. Der skelnes mellem retentive og ikke retentive hjælperelæer. Retentive hjælperelæer kaldes også somme tider remanente.

At et hjælperelæ er rententivt vil sige, at det beholder sin stilling, når spændingen vender tilbage efter et eventuelt spændingssvigt. Hjælperelæer behandles programmæssigt akkurat som en udgang. Der kan altså skrives ud til dem én gang i et program, og læses fra dem, så ofte man ønsker det.

Det tidligere viste eksempel løses her ved brug af hjælperelæer.



© EVU

Det samlede program vil se således ud i instruktionsliste:

```
LD   S1
A        S2
=        HJÆLP_1

LD   S3
A        S4
=        HJÆLP_2

LD   S5
O        S6
=        HJÆLP_3

LD   HJÆLP_1
O    HJÆLP_2
A        HJÆLP_3
=        K1
```

Programmet kan selvfølgelig laves med færre hjælperelæer og som tidligere vist helt uden.

En opbygning som den viste giver en servicevenlig og overskuelig programmering, hvilket er hensigtsmæssigt, hvis man anvender programmeringsudstyr, der udelukkende kan fremstille programmet på listeform.

Programmering af specielle kredsløb

Når man skal begynde programopbygningen, må man danne sig et overblik over opgavens karakter og ud fra denne vælge en arbejdsmetode.

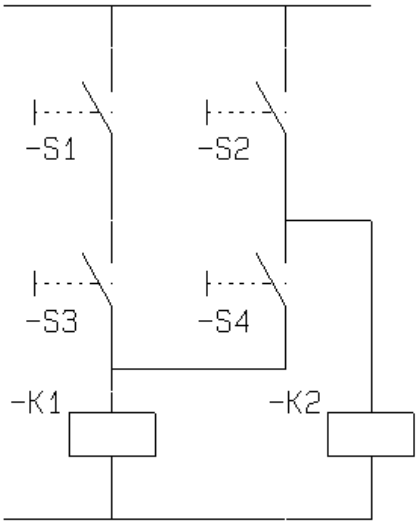
Hvis der i forvejen eksisterer et styrestrømsskema eller logikskema over styringen, kan man i princippet programmere direkte efter dette, når man overholder visse grundregler.

© EVU

De to vigtigste grundregler er:

1. En PLC-indgang, -udgang, -timer, -tæller eller hjælperelæ kan indprogrammeres som indgang, lige så mange gange man ønsker det, men der må kun skrives ud til en udgang eller hjælperelæ en gang i hvert program, dog kan der anvendes SET/RESET-funktion for samme parameter flere gange.
2. Signalvejen må kun gå i en retning i en kontakt.

I det viste kredsløb går signalet begge veje i kontakten S4. I et sådant tilfælde ser man på betingelserne for de enkelte udgange.



K1:

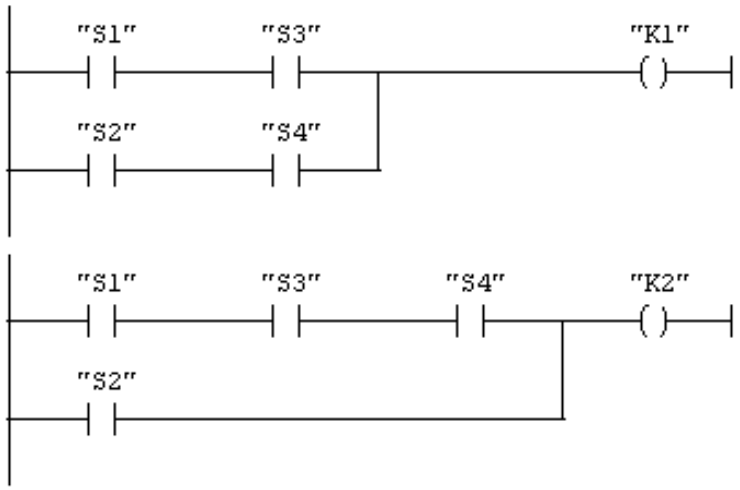
K1 er aktiv, hvis S1 og S3 er sluttet, eller S2 og S4 er sluttet.

K2 :

K2 er aktiv, hvis S1, S3 og S4 er sluttet, eller S2 er sluttet.

© EVU

Ladderdiagrammet vil så se således ud.

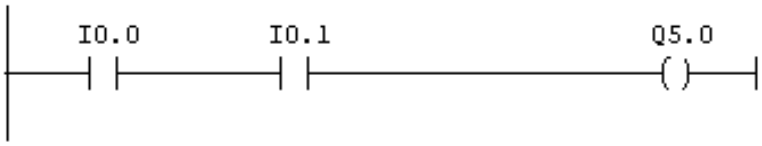


PLC instruktioner

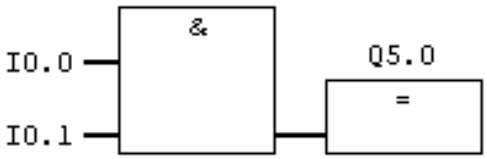
I det efterfølgende vises forskellige PLC-instruktioner realiseret med forskellige typer PLC-systemer.

Serieforbindelse (Og Funktion).

Ladderdiagram:



Function Block Diagram (Logikskema):

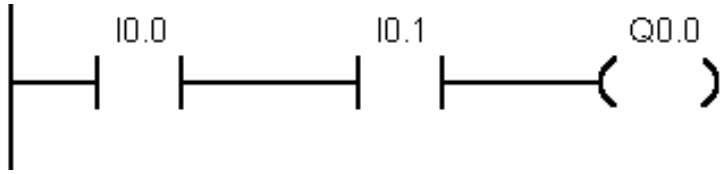


© EVU

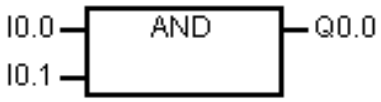
Statement list.

```
A       I       0.0
A       I       0.1
=       Q       5.0
```

Serieforbindelse (Og Funktion) i andet system.
Ladderdiagram.



Function Block Diagram (Logikskema):



Statement list (Listeprogram):

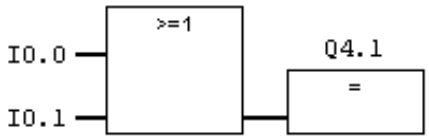
```
LD      I0.0
A       I0.1
=       Q0.0
```

Parallelforbindelse (ELLER funktion):
Ladderdiagram.



 © EVU

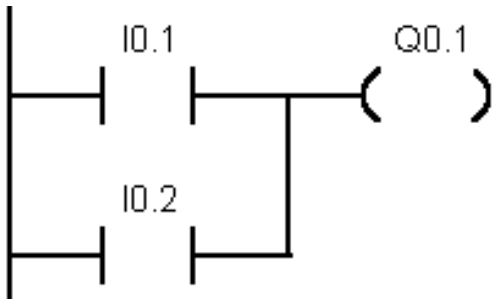
Function Block Diagram.(Logikskema):



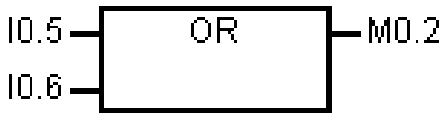
Statement list (Listeprogram):

```
0       I    0.0
0       I    0.1
=       Q    4.1
```

Parallelforbindelse (Eller Funktion) i andet system.
Ladderdiagram:



Function Block Diagram (Logikskema):



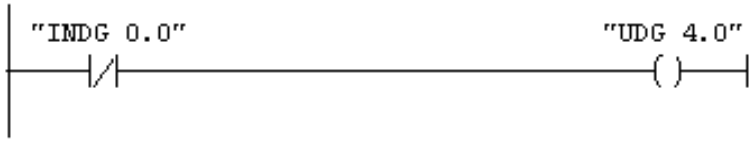
Statement list (Listeprogram):

```
LD      I0.1
O       I0.2
=       Q0.1
```

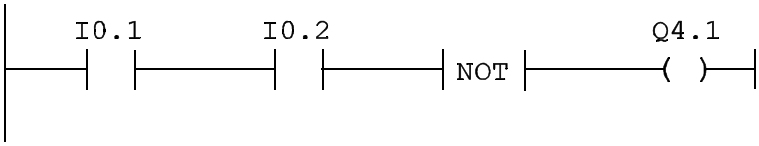
 © EVU

Inverteret funktion (*IKKE funktion*)

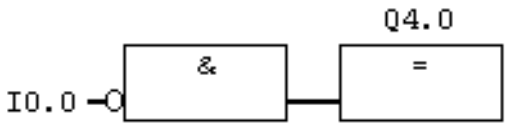
Ladderdiagram:



Inverteringen foregår normalt på indgangen, men kan også være midt i kredsløbet.



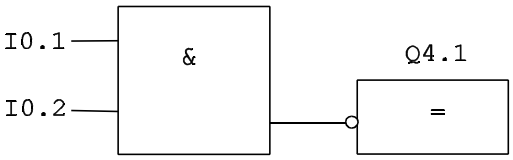
Function Block Diagram.(Logikskema):



Statement list (Listeprogram):

```
AN      I0.0
=       Q4.0
```

Inverteringen foregår normalt på indgangen, men kan også være midt i kredsløbet.



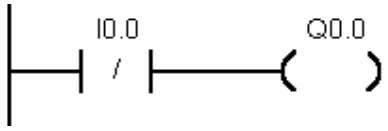
 © EVU

Inverteringen foregår normalt på indgangen, men kan også være midt i kredsløbet.

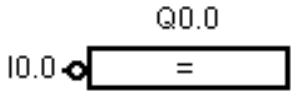
```
A       I     0.1
A       I     0.1
NOT
=       Q     4.1
```

Invertering i andet system.

Ladderdiagram.



Function Block Diagram (Logikskema):

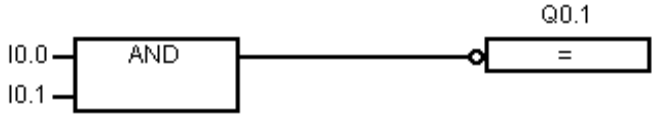


Statement list (Listeprogram):

```
LDN  I0.0
=Q      0.0
```

Inverteringen foregår normalt på indgangen, men kan også være midt i kredsløbet.

Inverteringen foregår normalt på indgangen, men kan også være midt i kredsløbet.



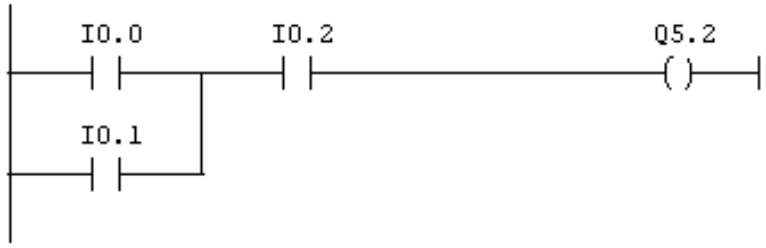
 © EVU

Inverteringen foregår normalt på indgangen, men kan også være midt i kredsløbet.

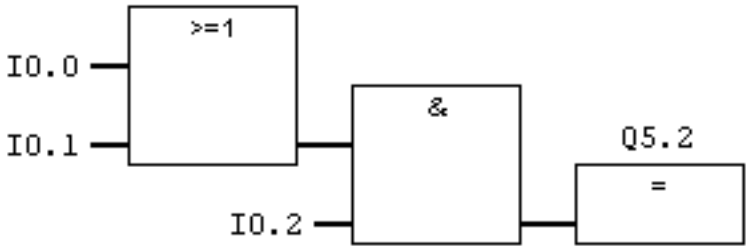
```
LD      I0.0
A       I0.1
NOT
=       Q0.1
```

Kombineret forbindelse 1.

Ladderdiagram:



Function Block Diagram (Logikskema):

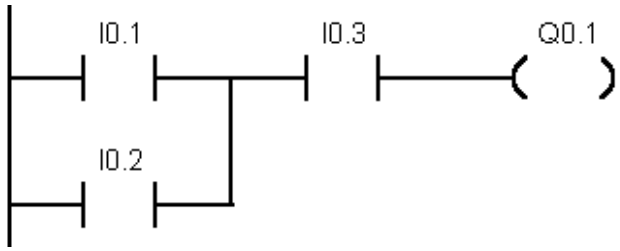


© EVU

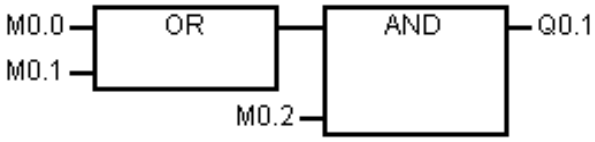
Statement list (Listeprogram):

```
A(
0       I    0.0
0       I    0.1
)
A       I    0.2
=       Q    5.2
```

Kombineret forbindelse 1(andet system).
Ladderdiagram:



Function Block Diagram (Logikskema):

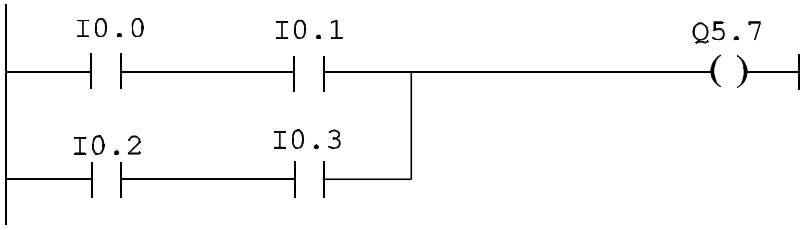


Statement list (Listeprogram):

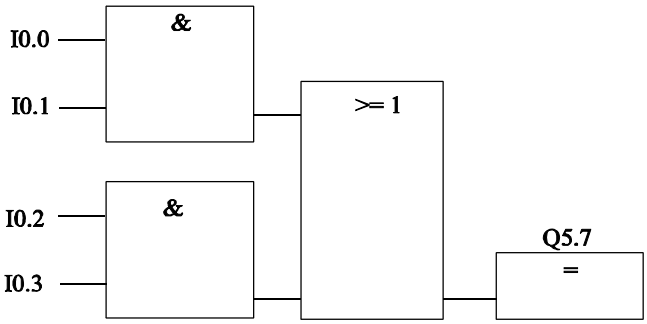
```
LD      I0.1
O       I0.2
A       I0.3
=       Q0.1
```


© EVU

Kombineret forbindelse 2 .
Ladderdiagram:



Function Block Diagram (Logikskema):

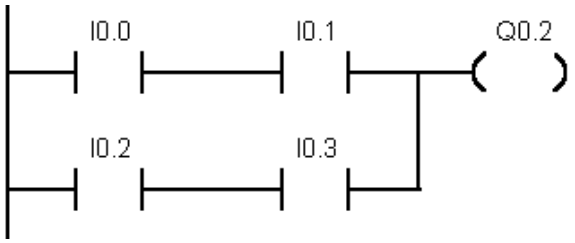


Statement list (Listeprogram):

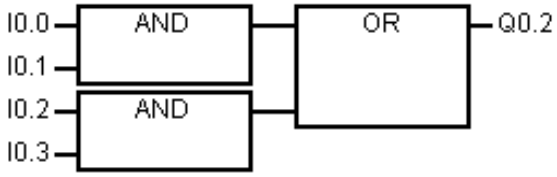
```
A       I     0.0
A       I     0.1
0
A       I     0.2
A       I     0.3
=       Q     5.7
```


© EVU

Kombineret forbindelse 2 (andet system).
Ladderdiagram:



Function Block Diagram (Logikskema):

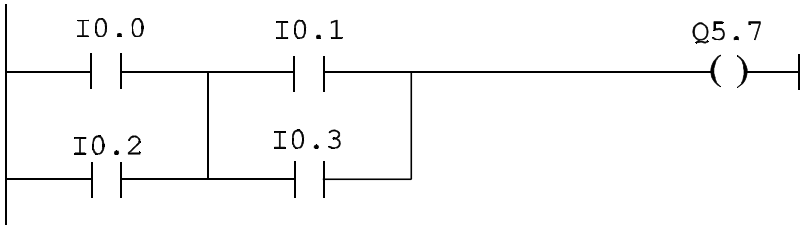


Statement list (Listeprogram):

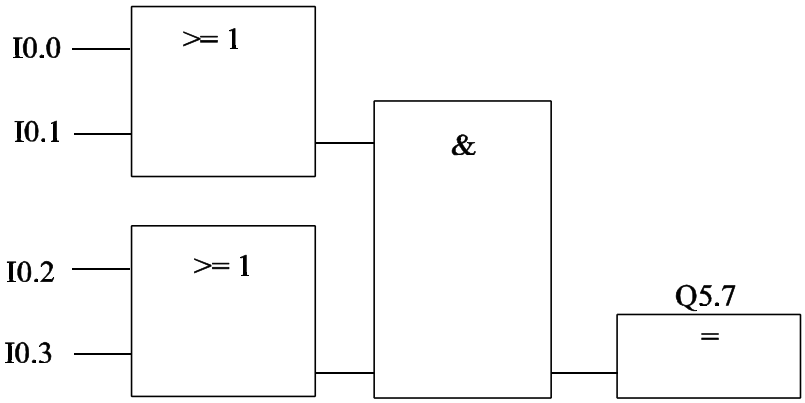
```
LD      I0.0
A       I0.1
LD      I0.2
OLD
=       Q0.2
```


© EVU

Kombineret forbindelse 3.
Ladderdiagram:



Function Block Diagram (Logikskema):

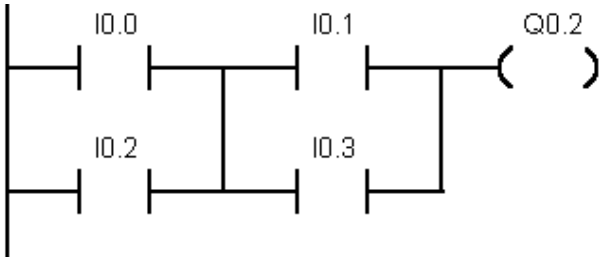


Statement list (Listeprogram):

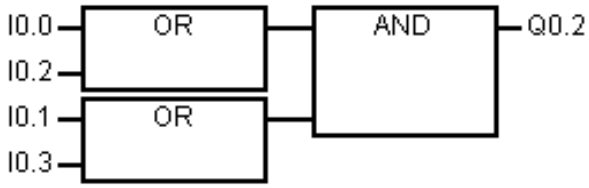
```
A(
0       I    0.0
0       I    0.1
)
A(
0       I    0.2
0       I    0.3
)
=       Q    5.7
```


© EVU

Kombineret forbindelse 3 (andet system).
Ladderdiagram:



Function Block Diagram.(Logikskema):



Statement list (Listeprogram):

```
LD      I0.0
O       I0.2
LD      I0.1
O       I0.3
ALD
=       Q0.2
```

 © EVU

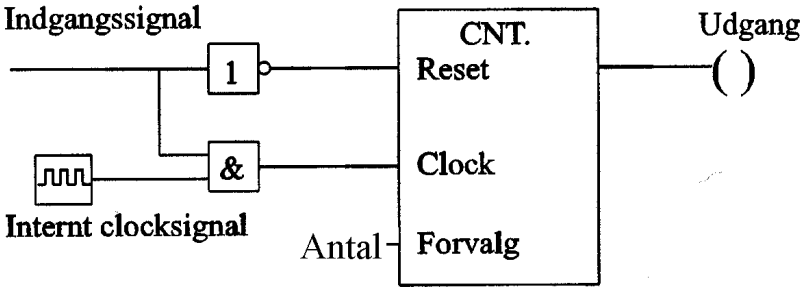
 © EVU

Tidsfunktioner

I alle PLC-systemer er der mulighed for at anvende tidsfunktioner. Disse kan virke meget forskelligt; faktisk har alle systemer i dag mulighed for at programmere softwareopbyggede timere. I nogle systemer er der dog derudover mulighed for at montere hardwaretimere. Fordelen ved en hardwaretimer er, at man kan stille tiden på timeren uden at skulle programmere. Hardwaretimeren er dog næsten afløst af softwaretimere med ekstern indstillingsfunktion, fx fra et operatørpanel.

Ud over de egentlige timerfunktioner er der i de fleste PLC'er indbygget et ur (Real time clock). Dette kan dels anvendes i forbindelse med sammenligningsfunktioner, dels ved at generere et interrupt, der så afvikler en interruptrutine på et givet tidspunkt.

Softwaretimeren findes i mangfoldige udgaver. Generelt er alle systemer forsynet med et antal timere efter systemet "forsinket tiltræk". Man kan så programmæssigt ændre timeren til den funktion, man ønsker sig.



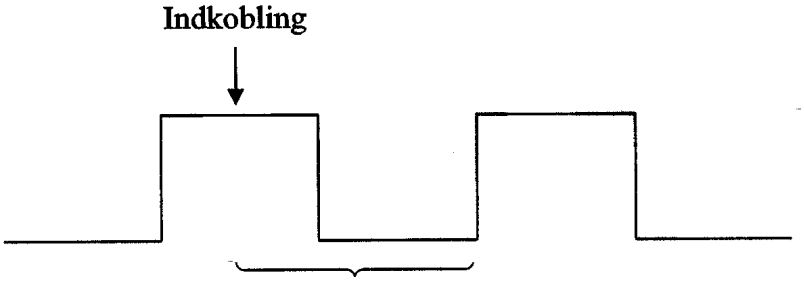
Softwaretimeren er opbygget af en tæller og et internt clocksignal, normalt med en tidskonstant på 10, 100, 1000 eller 10000 millisekunder. Man indlæser så det forvalg til tælleren der multipliceret med tidskonstanten giver den ønskede tid.

Tidsbasen kan i de fleste systemer ændres enten ved at vælge timere med andre numre eller angive en tidsbase i forbindelse med tidskonstanten.

© EVU

Nøjagtighed:

Set ud fra opbygningen af timeren er det klart, at den må have en vis tolerance i forhold til forvalget. I systemer, hvor der kan vælges flere forskellige tidsbaser (intern clockfrekvens), er det vigtigt at vælge den hurtigst mulige tidsbase, hvis man ønsker høj præcision. I nogle systemer indskrives blot tidskonstanten, og systemet vælger derefter selv den hurtigst anvendelige tidsbase.



Ud over denne unøjagtighed må der også regnes med den forsinkelse, der er i PLC'ens scannesystem, indgangsmodulets responstid samt, hvis der læses ud til en udgang, responstiden på denne.

Disse tidsforsinkelser er dog så mikroskopiske i forhold til de tider, der normalt anvendes i styringer, at de i praksis uhyre sjældent har betydning.

© EVU

Første system

I forskellige fabrikater kan timere se ret forskellige ud. Timeren er vist i flere sprog.

Ladder

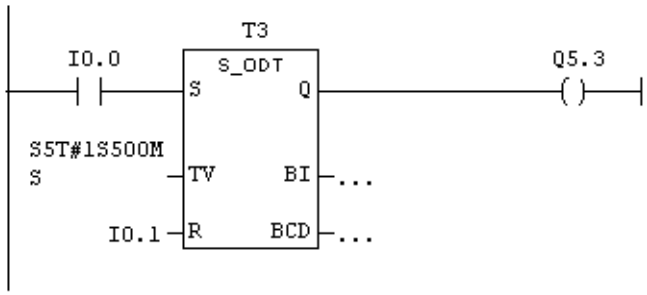


Instruktionsliste

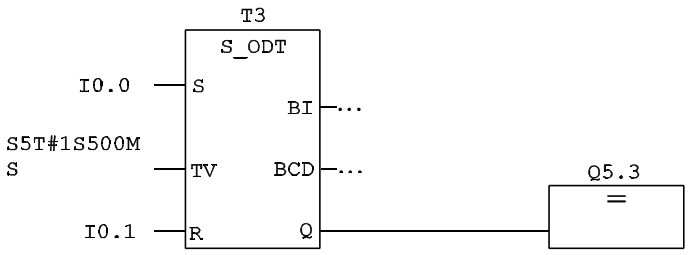
```
00000 LD     10000
00002 TIM    T000
       100
00005 OUT    Q0000
```

Andet system

Ladderdiagram



Function block diagram



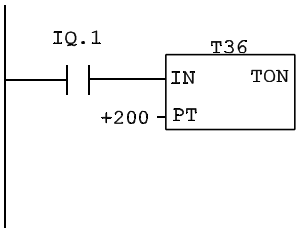
© EVU

Instruktionsliste

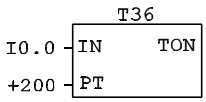
```
A       I    0.0
L       S5T#1S500MS
SD      T    3
A       I    1.1
R       T    3
NOP  0
NOP  0
A       T    3
=       Q    5.3
```

Tredje system

Ladderdiagram



Function block diagram



Instruktionsliste

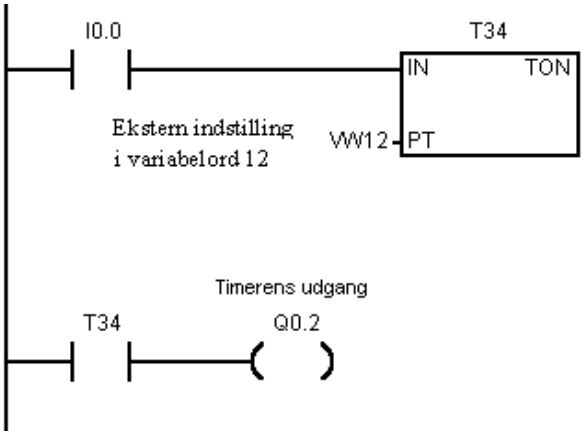
```
LD      I0.0
TON  T36,     +200
```

Som det ses, kan man i nogle systemer lægge en udgang eller et hjælperelæ direkte efter timeren, men i alle systemer kan der programmeres kontakter fra timeren hvor som helst i programmet.

© EVU

Ekstern indstilling

Ønskes der ekstern indstilling af en timer, skrives blot en adresse på "Tidskonstant terminalen".



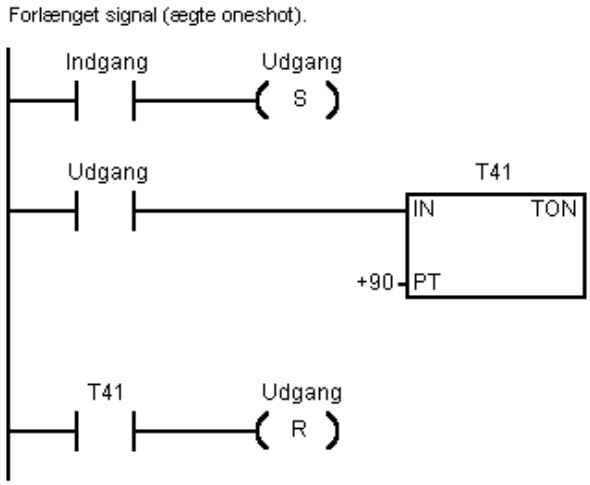
Man kan så skrive til variabelord 12 fra fx et operatørpanel.

Pulstimer med forsinket tiltræk

Eksempel på konstruktion af timere der ikke er indbygget i den aktuelle PLC.

De efterfølgende eksempler vises kun i sproget Ladder.

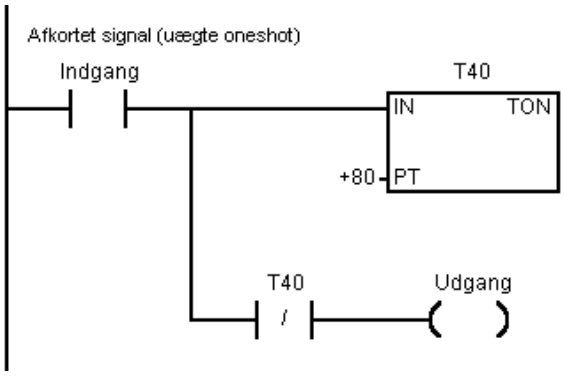
TP-timer (pulstimer) konstrueret ud fra TON (forsinket tiltræk).



 © EVU

Impulsafkortning med forsinket tiltræk

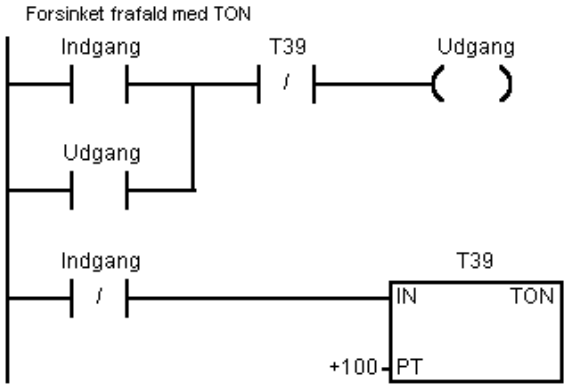
En impulsafkortning kan laves således.



Forsinket frafald med forsinket tiltræk

TOF-timer (forsinket frafald) konstrueret ud fra TON (forsinket tiltræk).

Taktgivere

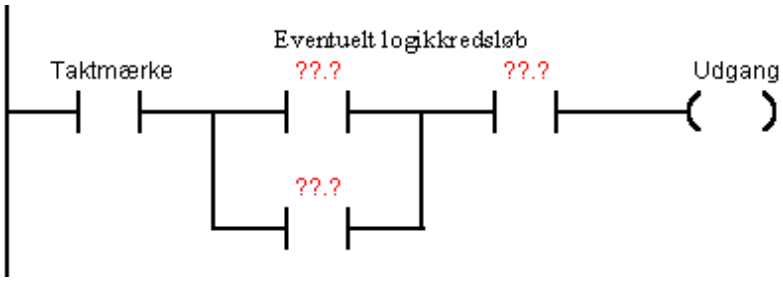


I de fleste systemer er der indbygget nogle taktmærker.

Hvis disse ønskes benyttet, fremtræder de blot som en indgang.

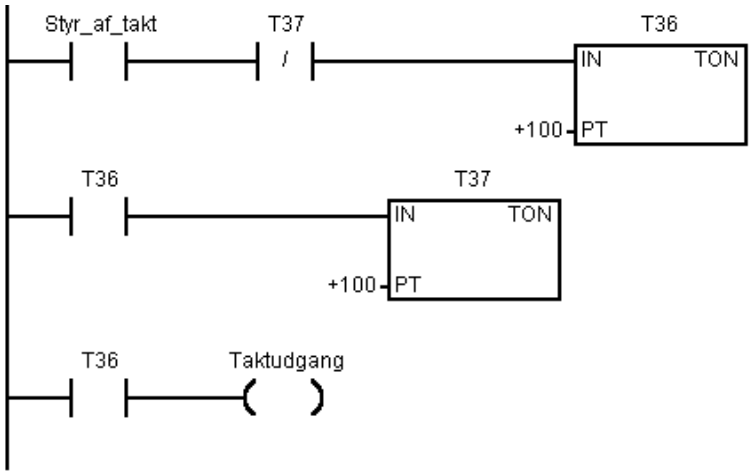
© EVU

Taktmærket sættes blot i serie med det, som det skal styre.

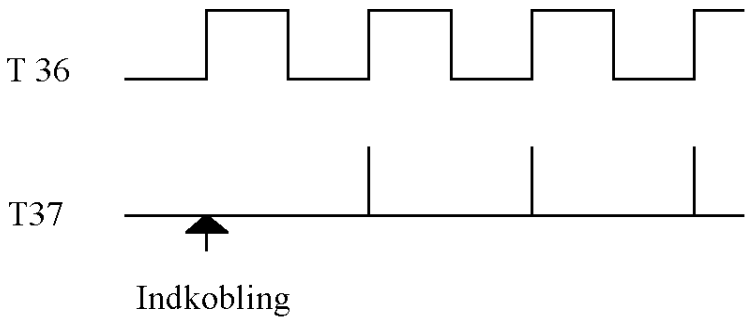


Ønsker man at kunne stille takten, kan man lave taktgiveren af 2 forsinket tiltræk timere.

Kredsløbet er her styret af en kontakt, men det er ofte sådan, at man bare lader taktgiveren køre og så bruger udgangen fra den første timer til at styre med, som vist under taktmærker.



Tidssekvensdiagram for de 2 timere



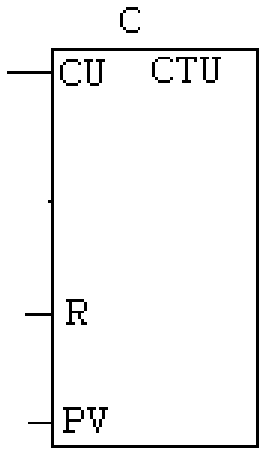
© EVU

Alle PLC-systemer er i dag forsynet med et antal tællere, normalt et antal på 16 - 128 i små systemer og flere i store systemer.

I normen IEC 1131-3 beskrives 3 tællertyper; optæller, nedtæller og op/nedtæller. Disse findes i forskellige varianter i næsten alle PLC-systemer.

Basistælleren, der findes i næsten alle systemer, er en forvalgstæller; den kan være en op- eller nedtæller, men ens i alle systemer er, at tælleren har en reset indgang, der enten resetter tælleren til 0, eller presetter den til den indstillede værdi. Standardtælleren har en tælleindgang (impulsindgang), hvor tælleimpulserne tilføres.

I de fleste systemer bliver udgangen aktiveret, når det forvalgte antal impulser er modtaget. I nogle typer skal forvalgsfunktionen dog udføres med sammenligningsinstruktioner.



Reset-signalet har dominans; det vil sige, at et fast reset-signal vil holde tælleren resat, uanset at der tilføres tællepulser.

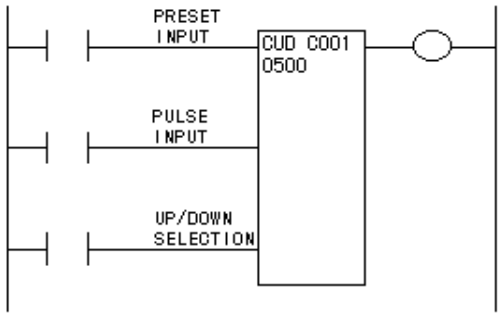
I nogle systemer kan udgangen programmeres direkte efter tælleren, men tællerens udgang kan generelt anvendes som indgang overalt i programmet, altså også flere gange. Tællere har mangfoldige anvendelser udover egentlige forvalgsopgaver. Tællere kan således

© EVU

anvendes til langsomme positioneringsopgaver, special timere og opbygning af rækkefølgestyringer. Mange af disse opgaver stiller dog krav om, at der skal kunne sættes flere forvalg i enkelte tællere, eller anvendes flere tællere til opgaven. Man må dog gøre sig klart, at der er en begrænsning for, hvor hurtigt indgangssignalet til tælleren må være. Denne begrænsning ligger i PLC-systemets scantid og indgangsmodulets responstid (forsinkelse). Beregnet med standardværdier vil en tællers responstid ligge mellem 20 og 60 ms, svarende til en tællefrekvens mellem 17 og 50 Hz. Hvis dette ikke er hurtigt nok til processen, er der i mange systemer mulighed for at anvende en high-speedtæller enten med separate indgangsklemmer eller med mulighed for at programmere angivne indgange direkte til tælleren. Man kan da komme op i kilohertz området, men må dog stadig huske på, at der ligger den forsinkelse, som scannesystemet giver, inden udgangen bliver aktiveret.

I de fleste systemer er der også mulighed for at programmere op/nedtællere. Disse kan være opbygget på forskellig måde.

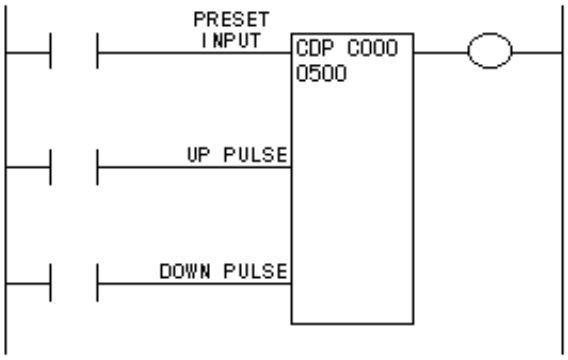
Enkelt pulsindgang



Den her viste op/nedtæller har en preset-indgang, som presetter tælleren med den forvalgte værdi. Op/ned-indgangen bestemmer, om tælleren skal tælle op eller ned. Selve tælleimpulsen tilføres pulsindgangen. Når tælleren er talt ned til 0, skifter udgangen.

© EVU

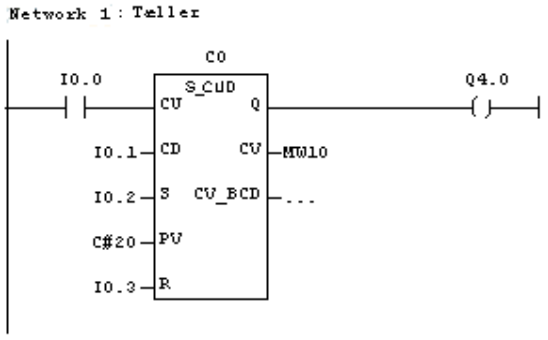
Dobbelt pulsindgang

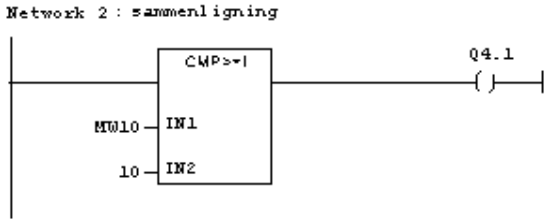


Denne op/nedtæller har en presetindgang, der presetter tælleren med forvalgsværdien. De 2 tælleindgange tæller så tælleren henholdsvis op og ned.

Forvalg med sammenligning

I systemer hvor tællere ikke er forvalgstællere, må forvalg laves med sammenligningsfunktion:





I 0.0 tæller 1 op,

I 0.1 tæller 1 ned

I 0.2 sætter talt værdi til den værdi, der står på PV her 20

I 0.3 resetter tælleren

Q 4.0 er aktiv, når talt værdi er forskellig fra 0

MW 10 bruges til at transportere tællerens værdi til sammenligningsboksen.

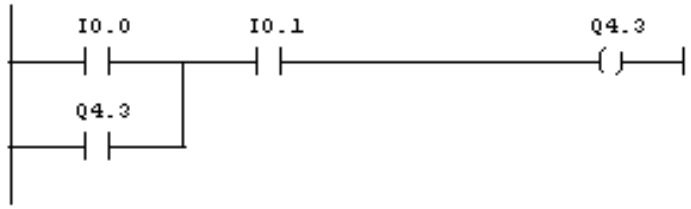
Forvalg 10

Q 4.1 er aktiv, når talt værdi er større end eller lig med 10.

© EVU

Holdefunktion

I de her viste eksempler anvendes kun sproget Ladder.



Her bruges altså blot en udgang (eller hjælperelæ) som indgang (holdefunktion).

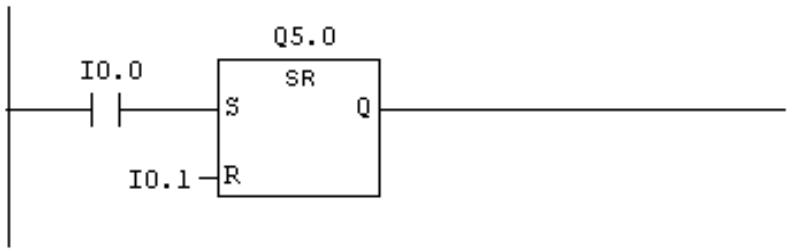
Bemærk, at indgangen I0.1 er tegnet som ikke inverteret, da den typisk kommer fra en brydekontakt (NC kontakt).

Aktiveres både I 0.0 (Start) og I 0.1 (Stop), vil udgangen være nulstillet. Dette kaldes Reset-dominans.

S-R funktion

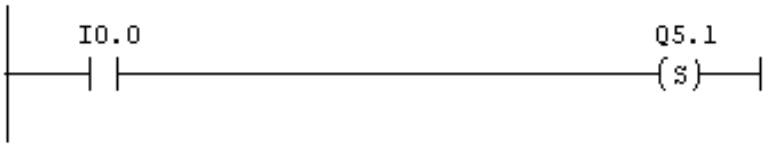
En tilsvarende funktion kan udføres med Set-Reset funktion.

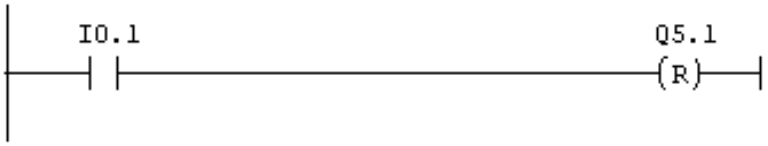
Denne funktion kan i nogle systemer tegnes som "Box" instruktion



S-R funktion (Reset-dominans)

og i nogle som udgangsinstruktion





© EVU

Dominans

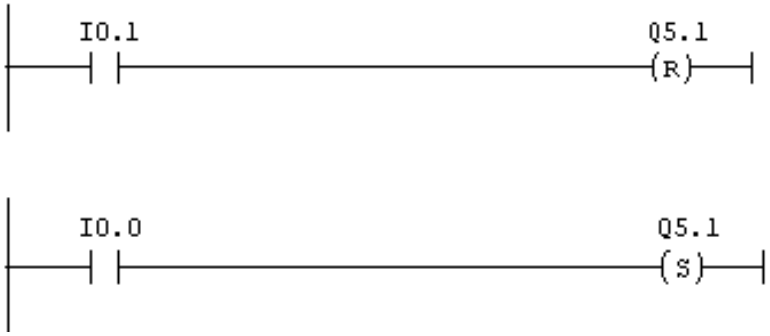
Dominansen angives her ved programmeringsrækkefølgen:

Den sidst programmerede instruktion har dominans.

Det ovenfor viste kredsløb har **Reset-dominans.**

Dette anvendes typisk ved start af maskiner eller lignende.

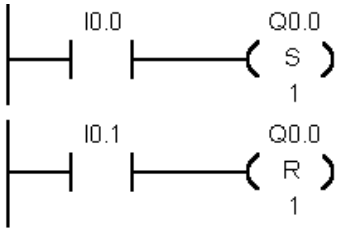
Set dominans



Det ovenfor viste kredsløb har **Set dominans.**

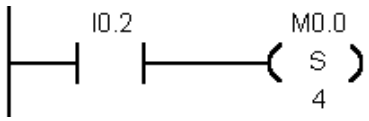
Dette anvendes typisk ved afstilling af alarmkredsløb eller lignende.

I nogle systemer angives der et tal under S og R funktionen.



Tallet angiver det antal bit, der skal settes eller resettes, inkl. den ovenfor angivne begyndelsesadresse.

© EVU

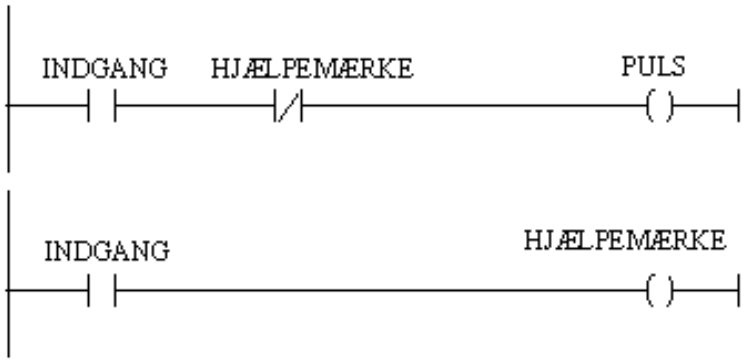


Det viste kredsløb setter altså M0.0, M0.1, M0.2 og M0.3.

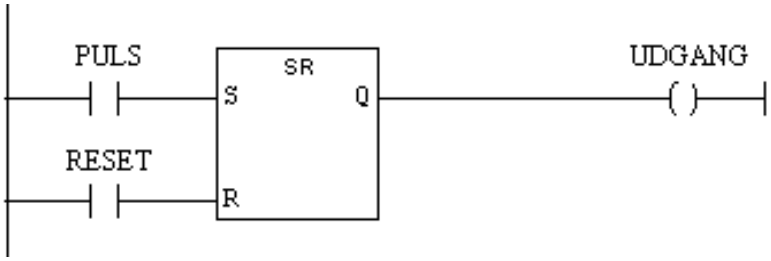
Scantidsoneshot

Den korteste tid, der kan forekomme i en PLC-styring, er scantiden: den tid PLC'en er om at afvikle sit program. En impuls af denne længde er altså ikke defineret i længde, men vil typisk være et antal millisekunder. Impulsen vil med sikkerhed kunne registreres i det videre programforløb.

Scantids-oneshotten er normalt indbygget som programinstruktion, men kan i alle PLC'er laves som vist nedenfor.

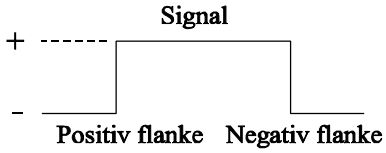


Da pulsen er så kort, at den ikke kan ses, må man anvende et kredsløb, der kan huske, at den har været der, fx en Flip-Flop.

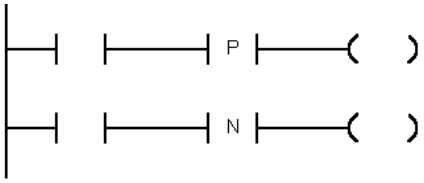


 © EVU

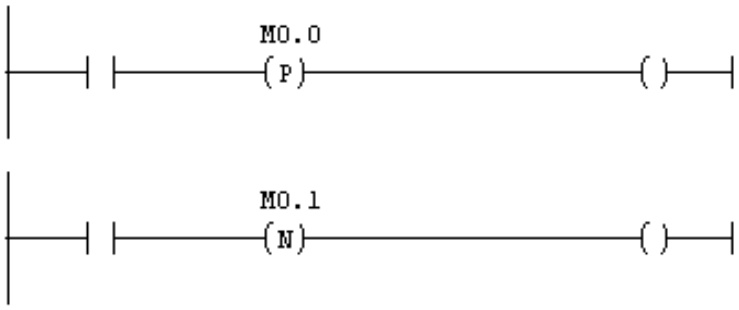
I systemer, hvor den findes som instruktion, kan den både vælges på positiv flanke og på negativ flanke af signalet.



Typisk som en instruktion før en udgangsinstruktion eller hjælperelæinstruktion.



I nogle tilfælde skal der programmeres en hjælperelæ-adresse på instruktionen.



Scantids-oneshotten anvendes, når et signal ønskes afkortet af automatiseringstekniske grunde, samt når man vil være sikker på, at en indgang, der skal give en impuls, kun giver et signal, der opfattes i en scanning.

© EVU

Sekvensteknik

I automatiske anlæg, hvor de forskellige aktiviteter sker i en fast sekvens (rækkefølge), kan styringen udarbejdes systematisk efter en teknik, der kaldes sekvensteknik. Dette har den fordel, at styringen udarbejdes efter en helt fast fremgangsmåde og derfor bliver mere overskuelig og lettere at lave systematisk fejlfinding på.

Dette kan foregå ved, at man tager udgangspunkt i et sekvensdiagram, udarbejdet ud fra normen DS/EN 60848 eller IEC61131-3 (SFC) .

DS/EN 60848 er et værktøj til at diagrammere virkemåden af en styring, uanset hvorledes denne styring tænkes udført (relæstyring, fastfortrådet logik PLC mm).

IEC61131-3 (SFC). Er defineret til at strukturere den interne organisation af et PLC- program eller Function block. Denne sidste norm tager væsentligst sigte på grafisk programmering. Det her gengivne værktøj giver en vejledning i at udarbejde sekvensprogram i et af de kendte sprog.

Se desuden afsnittet om normer.

En del PLC systemers software tilbyder direkte grafisk programmering efter ovennævnte normer (Sequential Function Chart, Graph , Grafcet mm.). Dette behandles senere i afsnittet.

Har man ikke denne mulighed, må man programmere på en af de her viste måder.

Systematisk udarbejdelse:

I det følgende beskrives nogle måder til systematisk udarbejdelse af sekvensstyringer. Det vigtige i dette er at beherske systematikken. Når dette er opnået , er det faktisk kun fantasien, der sætter grænser for den praktiske udformning. Senere i afsnittet vises også nogle af de mere avancerede løsninger.

I afsnittet er anvendt symboler fra IEC 61131-3 afsnittet **(S**equential **F**unction **C**hart).

I de viste eksempler er taget hensyn til, at de skal være

© EVU

praktisk gennemførlige i flere (alle) PLC-fabrikater.

Programmet opdeles i 3 blokke:

Blok 1 Sekvenskæden:

Opbygges normalt af hjælperelæer og med et antal steps svarende til sekvensdiagrammet. I nogle systemer findes der direkte specielle instruktioner (step) til denne opbygning af sekvenskæder.

Blok 2. Udgangslogik:

Logik omkring udgange kan i nogle tilfælde indeholdes i Blok 1.

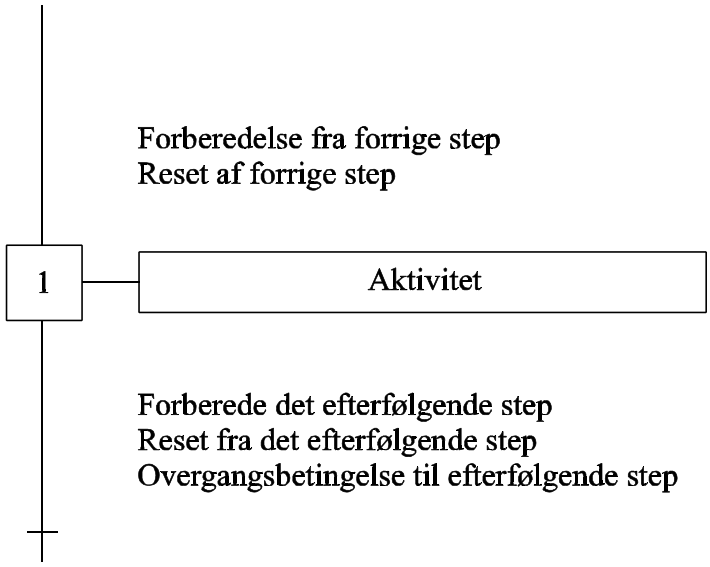
Blok 3. Planlogik:

Indgangslogik, timere, tællere, beregninger mm.

Rækkefølgen af disse blokke er principielt ligegyldig, men programmeres ofte i ovennævnte rækkefølge eller integreres.

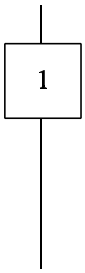
Opbygning af sekvenskæde.

Et typisk step indeholder følgende:

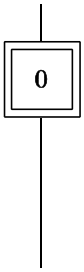


 © EVU

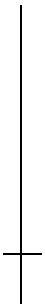
Generelt symbol for et STEP. Step nummereres fortløbende, ofte efter numre på anvendte hjælperelæer.



Initialstep. Styringen befinder sig her i sin udgangsposition. Nystart af PLC eller betjening af en evt. reset kontakt skal bringe styringen i en stilling, hvor initialsteppet er sat, og øvrige stop er resat.

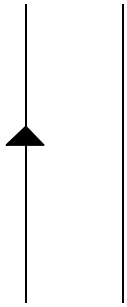


Et steps overgangsbetingelse. Når betingelsen er aktiv, skiftes til det efterfølgende step , **under forudsætning af at steppet er forberedt.**

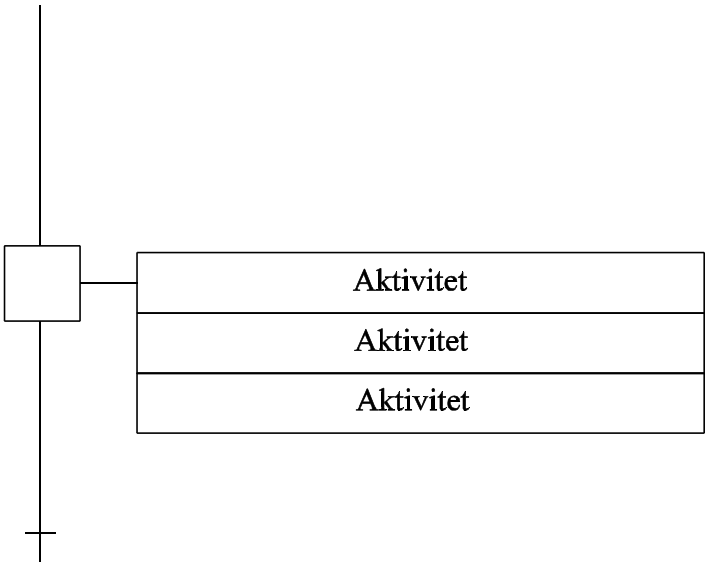


 © EVU

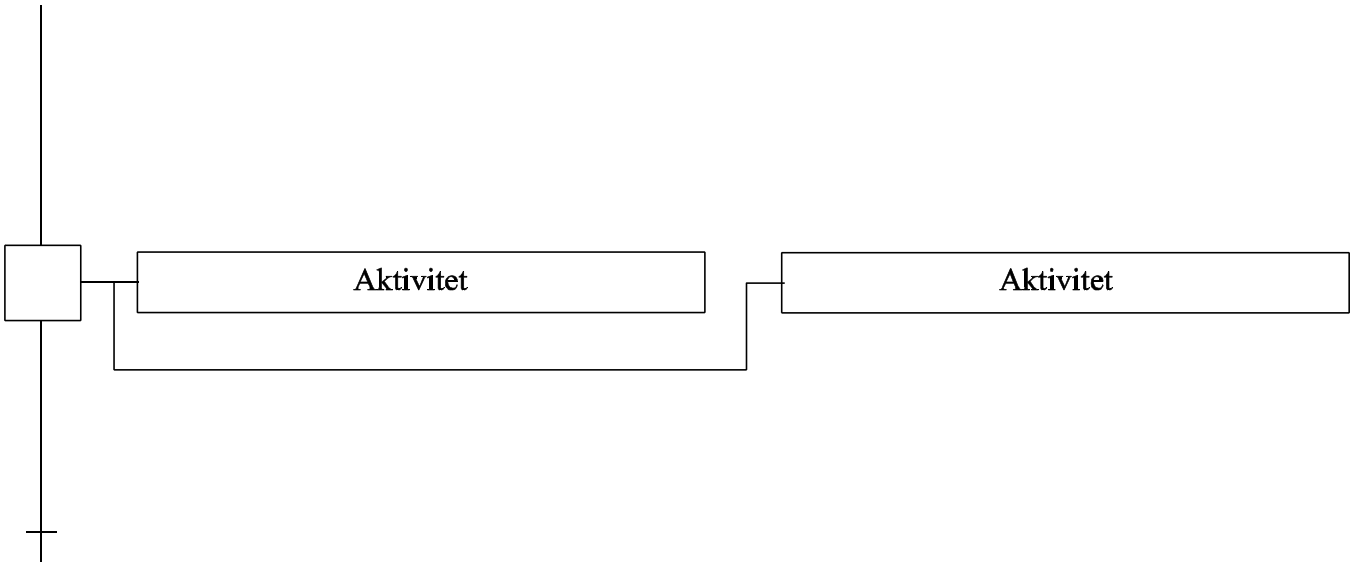
Forbindelse. Hvis signalvejen ikke går oppefra og nedefter, forsynes forbindelsen med en pil.



Et step kan indeholde en eller flere aktiviteter, og de kan anbringes under hinanden eller ved siden af hinanden.

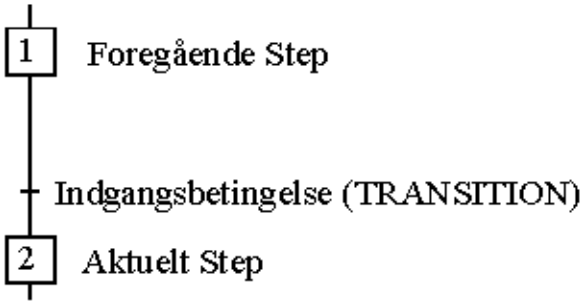


 © EVU

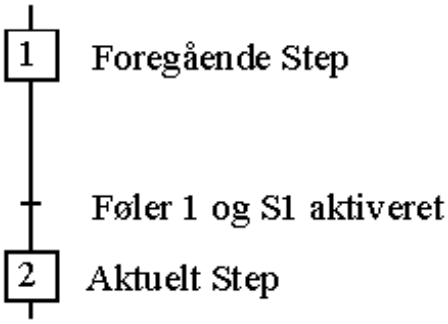


Transition:

Et steps indgangsbetingelse (TRANSITION) kan skrives på forskellige måder.



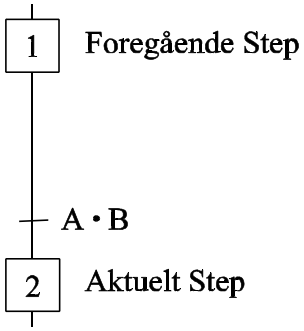
Der kan anvendes klart sprog



 © EVU

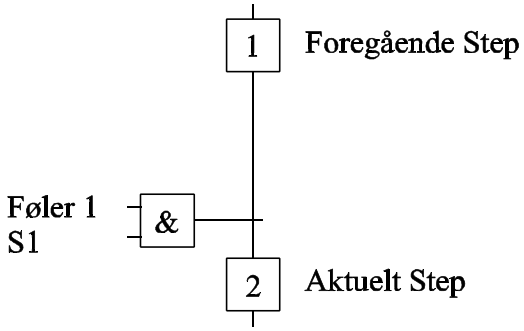
Klart sprog har den fordel, at sekvensdiagrammet også til dels kan anvendes til at instruere maskinoperatøren om fremstillingsprocessens forskellige stadier.

Der kan anvendes boolske ligninger.

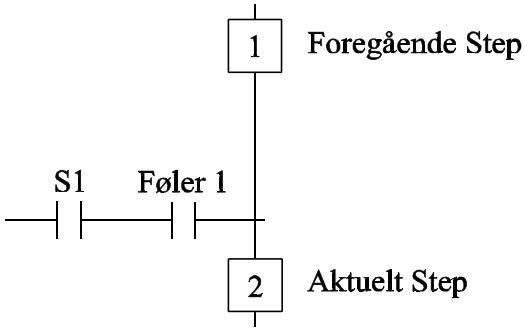


Der kan anvendes grafiske symboler, dvs. FBD eller LAD. IEC60848 beskriver ikke noget om placeringen, men IEC 61131-3 beskriver, at boolske udtryk placeres på højre side af transitionen, mens grafiske symboler placeres på venstre side. Så længe der er tale om dokumentation af styringer, udarbejdet i andre sprog end SFC, må det konkluderes, at placeringen er ligegyldig.

Her i FBD (logikskema).



Og her i ladderdiagram.



© EVU

Et step udført efter holdefunktionsprincippet.

Samtlige programelementer (kontakter) er **Memory Bits** (hjælperelæer).

Foregående step

```
                                  Step 1                                -Step 0
+---] [---+------------] [----+---]/[---+---------+---------+---------+--(   )-!
!         !                  !
!         !                  !
+---] [---+------------------+
```

Aktuelt step

Forberedelse fra foregående step

Steppets indgangs-betyingelse

Reset fra Efterfølgende step-betingelse

Steppets udgang

```
!-Step 0             -Indgb S1  Step 2                                -Step 1
+---] [---+-------------] [---+---]/[---+---------+---------+---------+--(   )-!
!         !                  !
!-Step 1  !                  !
+---] [---+------------------+
 Holdefunktion
```

Efterfølgende step

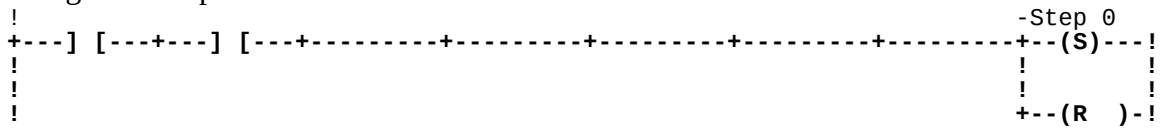
Forberedelse Fra aktuelt Step

```
!-Step 1                                                                -Step 2
+---] [---+-------------] [---+---]/[---+---------+---------+---------+--(   )-!
!         !                  !
!         !                  !
+---] [---+------------------+
```


© EVU

Sekvenskæden kan også udføres efter SET/RESET princippet

Foregående step!

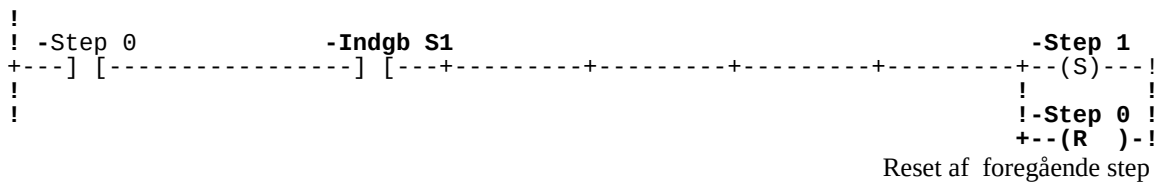


Aktuelt step!

Forberedelse fra foregående step

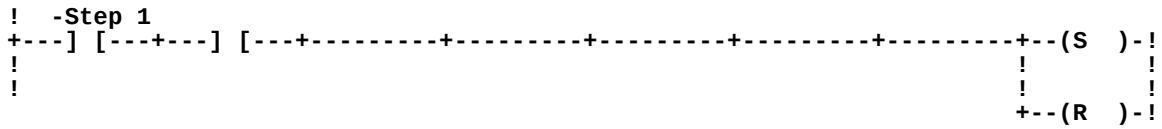
Steppets indgangs-betingelse

Steppets udgang



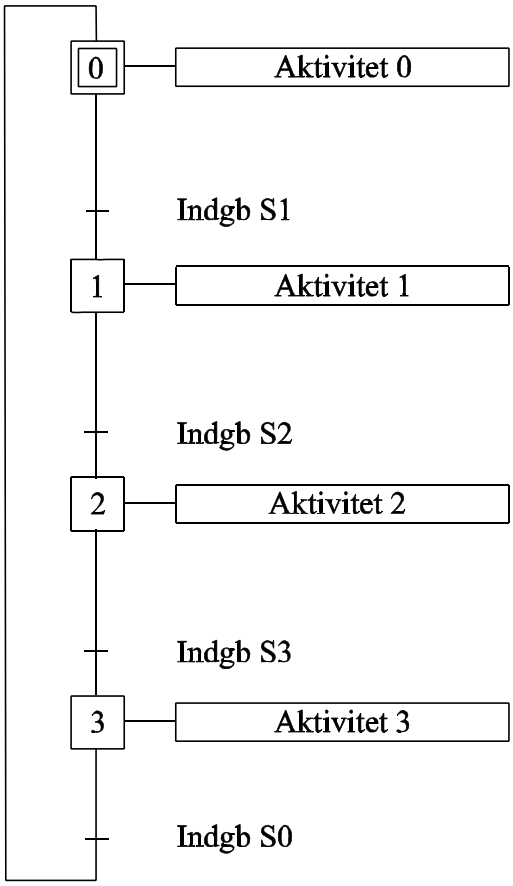
Reset af foregående step

Efterfølgende step
Forberedelse fra aktuelt step



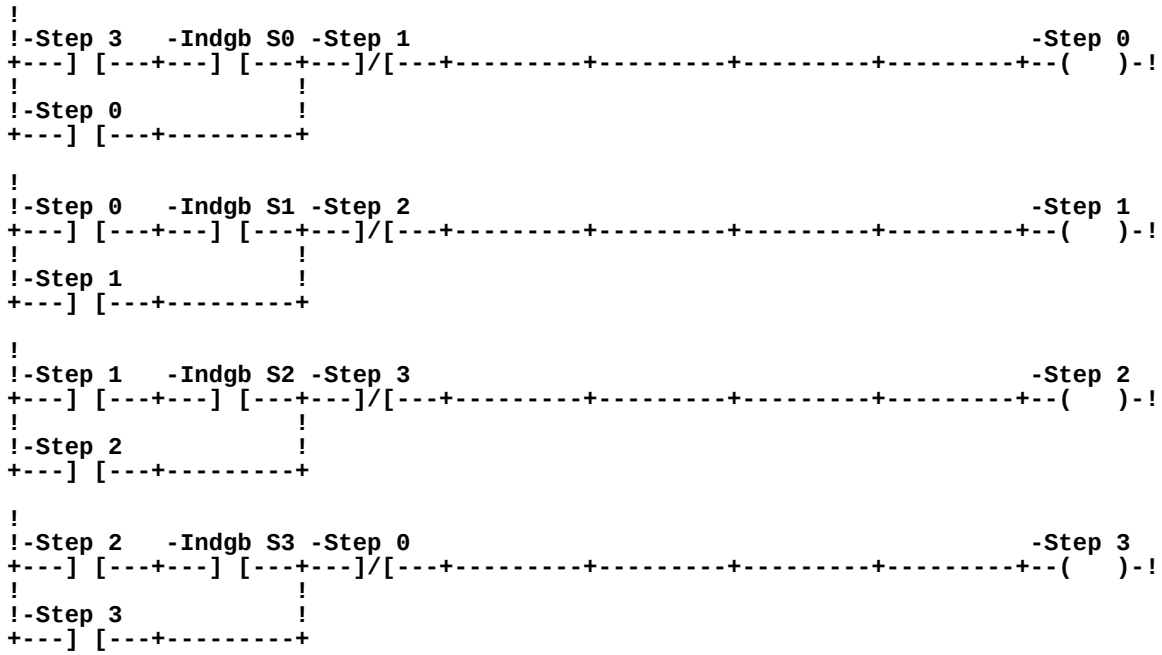
 © EVU

Eksempel på sekvenskæde

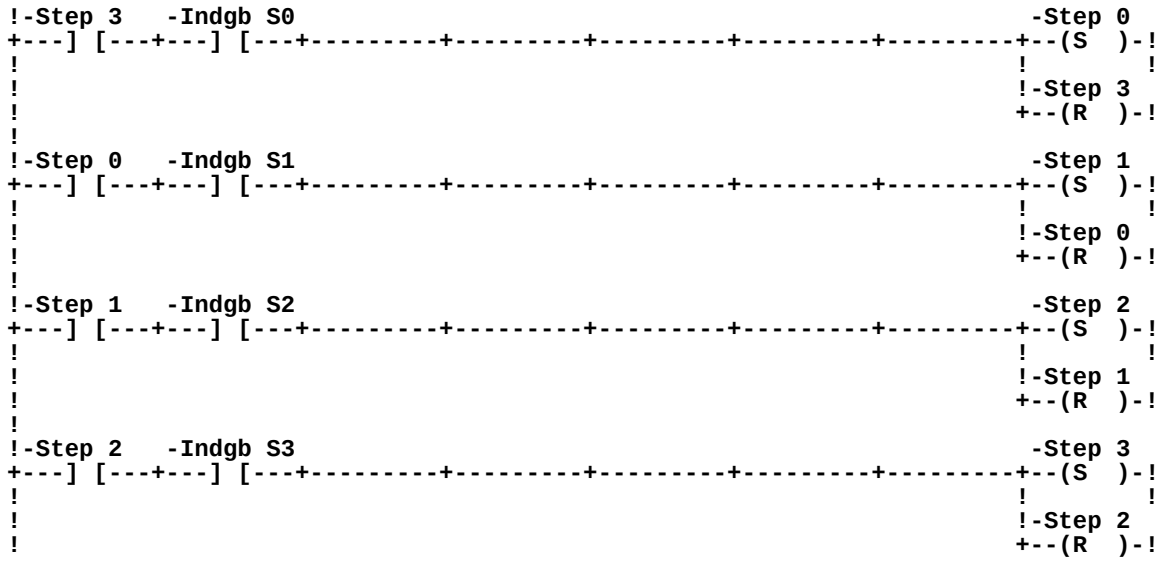


© EVU

Her udført med holdefunktion.



Den samme sekvens udført med Set - Reset funktion.



 © EVU

Initialisering af sekvenskæden

At initialisere sekvenskæden vil sige at bringe kæden i sin udgangsposition; det vil sige, at initialsteppet



er **aktiv**t - og **alle andre** step er **ikke aktive**

Initialiseringen kan udføres enten fra en manuel reset-knap eller automatisk, når PLC'en sættes i drift, eller når spændingen vender tilbage efter spændingssvigt.

I mange PLC'er laves denne funktion blot ved at anvende en special bit (se afsnittet om specielle funktioner).

```
      INIT          der læses blot fra INIT mærket,
--------]  [----------  der hvor det skal bruges.
```

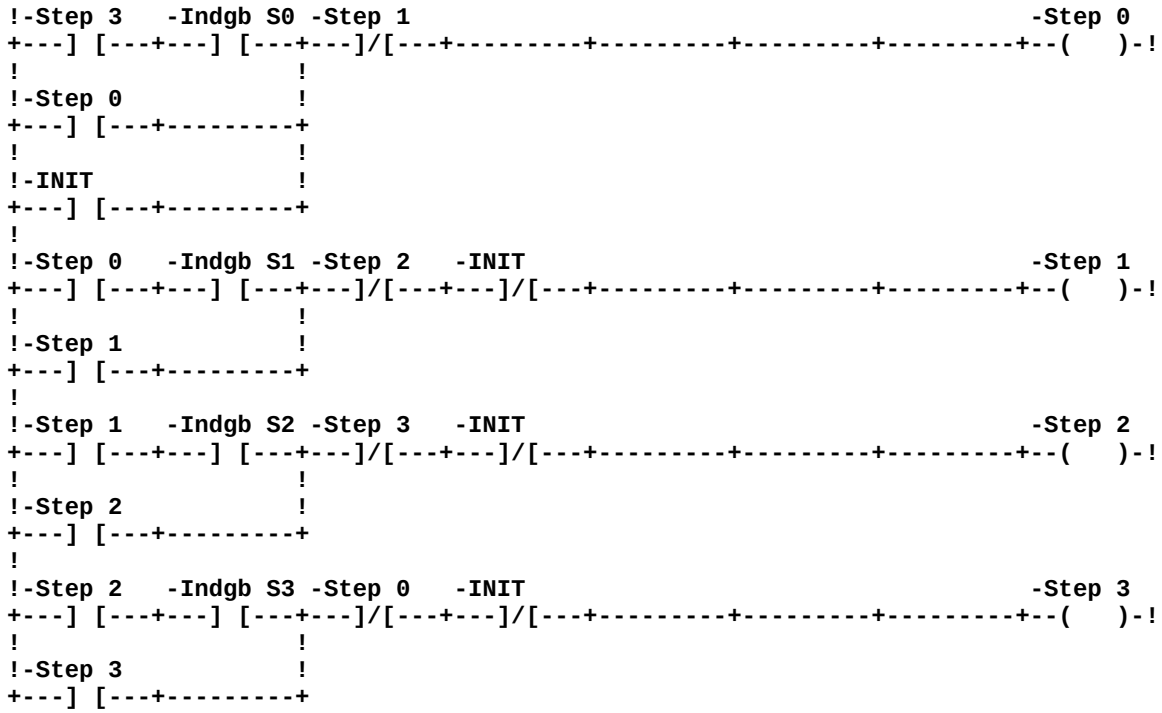
I andre PLC -typer findes dette initialiseringsbit i systemområdet, eller der aktiveres en subrutine i første programgennemløb.

Man bør være opmærksom på ikke alene at sette initialsteppet, men også at resette alle andre step.

I denne forbindelse er det vigtigt at holde sig for øje, at ikke remanente memory bits (hjælperelæer) normalt kun resettes efter spændingssvigt, ikke efter nystart.

© EVU

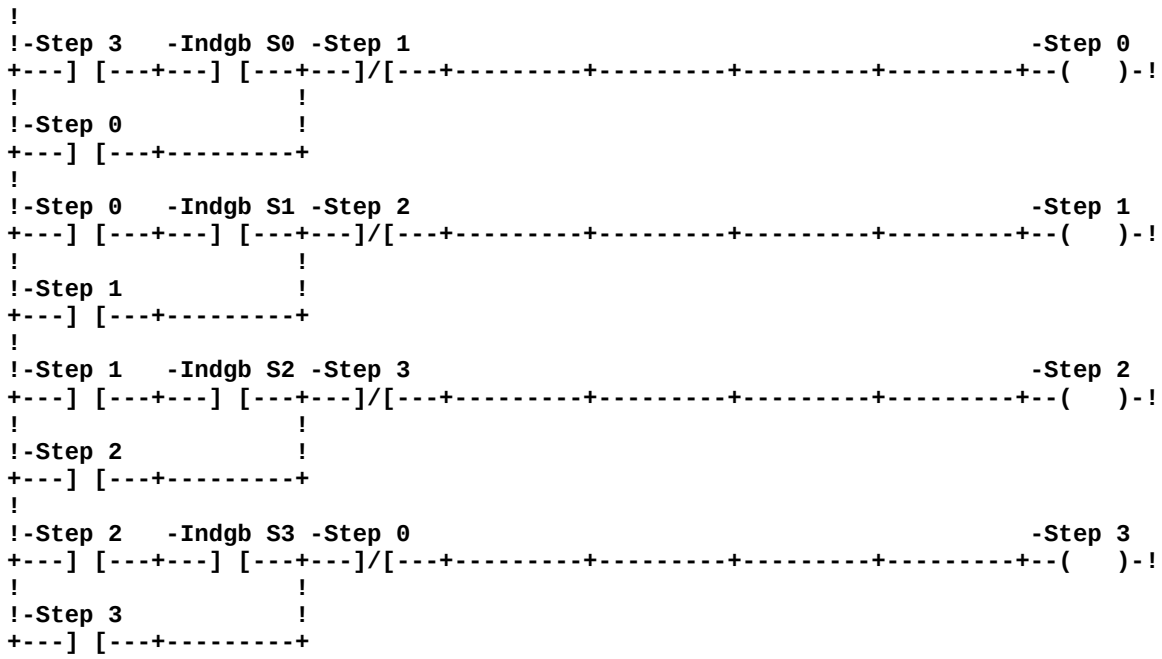
Traditionelt kan initialisering laves som vist i det følgende.



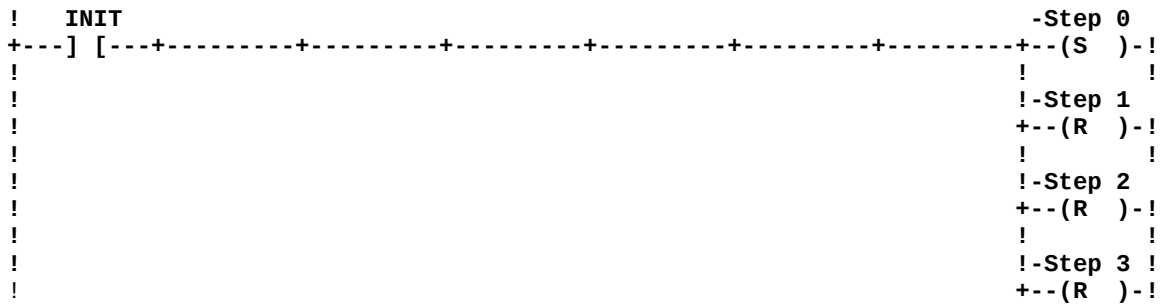
 © EVU

Er man lidt mere utraditionel, kan initialisering også også udføres som vist her.

Selve sekvenskæden er ganske traditionel!



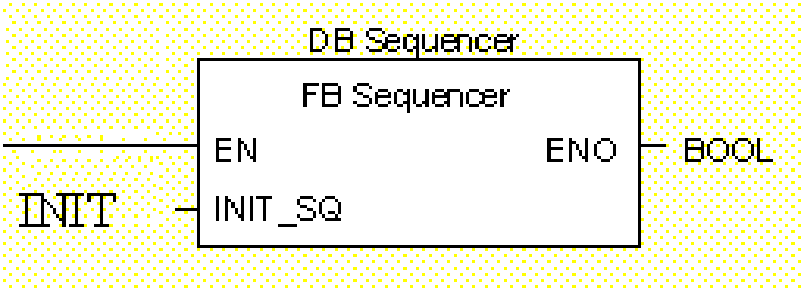
Initialiseringen er her lavet med Set/Reset funktiner.



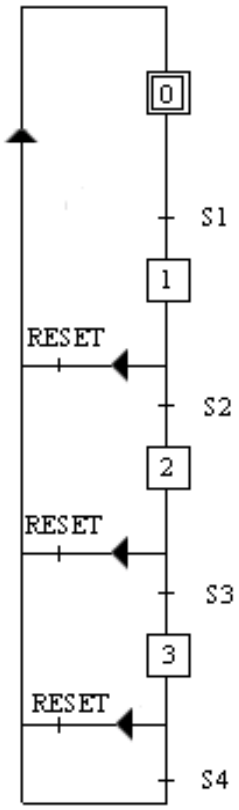
 © EVU

Initialisering og hermed også reset af sekvenskæden beskrives ikke i IEC-standarderne for sekvensstyring, da disse standarder beskriver selve opbygningen af sproget SCL, og initialisering i de PLC-typer, der kan det, foregår ved at aktivere et systembit eller programbit i PLC'en.

Fx i sproget GRAPH laves det i kaldet af sekvensen.



Diagrammering af INITIALISERING / RESET:



Ønsker man, at INIT/RESET skal diagrammeres, er der nogen, der gør det som vist herunder.

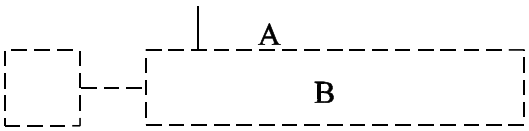
Programmeringen efter denne diagrammering svarer ganske nøje til det tidligere viste.

© EVU

Aktivitetstyper

Bilag 1.





Felt B: Beskriver handling i klar tekst.

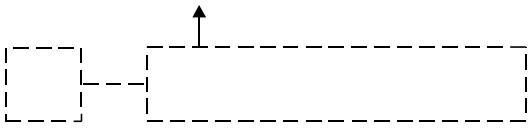
Streg A: Beskriver, hvordan handlingen bliver udført.

I det følgende vil de mest anvendte kommandoer blive beskrevet.

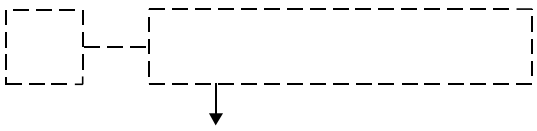
a) **Ingen streg** er en ikke husket handling. Bruges til aktiviteter, der er inde i et enkelt step eller flere ikke på hinanden følgende step **(Not Stored).**

2. **En streg op** i venstre hjørne af handlingen beskriver aktion under visse betingelser **(Conditional action)**.

3. Pil op beskriver, at det er en husket "SET" handling.



4. Pil ned beskriver, at det er en husket "RESET" handling.

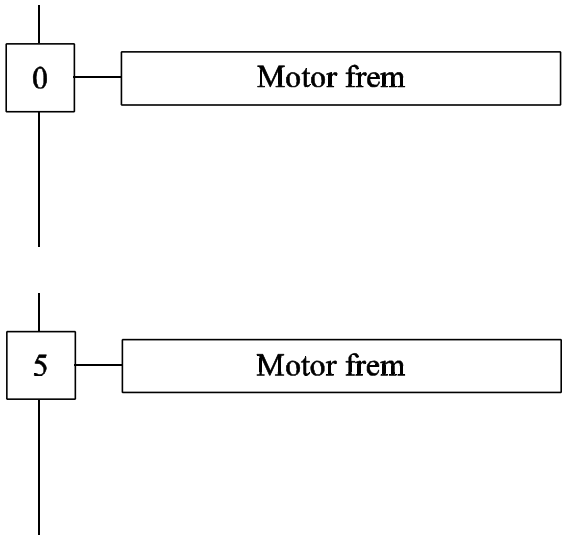


© EVU

Pil op og ned bruges til aktiviteter, der er inde i flere (mange) på hinanden følgende step.

Eksempel på **Not Stored** aktivitet:(en Not Stored aktivitet bruges typisk, når en aktivitet er inde i et enkelt-step eller flere ikke på hinanden følgende step).

Sekvensskema:



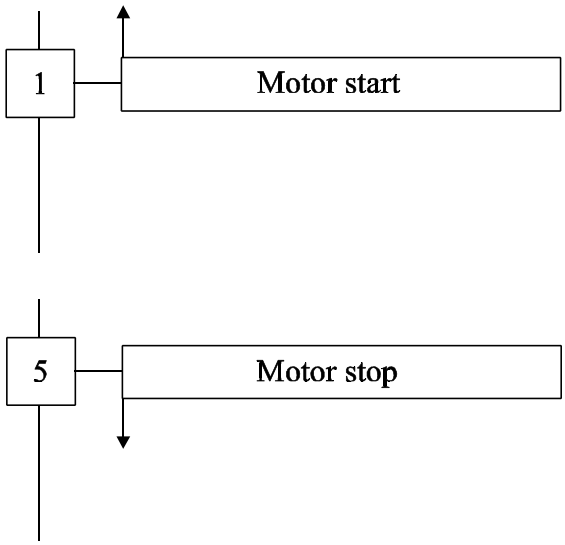
Udgangslogik:

```
!-Step 0                                                -Motor Frem
+---] [---+---------+---------+---------+---------+--( )-!
!         !
!-Step 5  !
+---] [---+
```

 © EVU

Eksempel på SET/RESET aktivitet (en Stored aktivitet bruges typisk, når en aktivitet er inde i flere/mange på hinanden følgende step).

Sekvensskema:



Udgangslogik:

```
!-Step 1   -Step 5                          -Motor
+---] [---+---]/[---+---------+-----------+-(   )-!
!         !
!-Motor   !
+---] [---+
```

Her udført med holdefunktion, men kan også udføres med SET/RESET funktion.

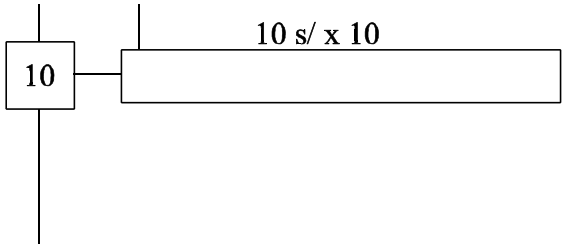
```
!-Step 1                                    -Motor
+---] [---+---------+---------+-----------+-( S  )-!

!-Step 5                                    -Motor
+---] [---+---------+---------+-----------+-( R  )-!
!
```

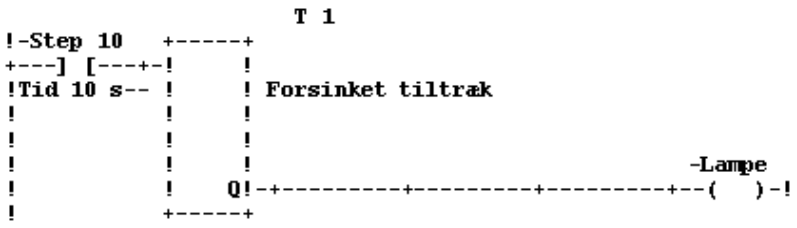

© EVU

Brug af tidsfunktioner.

Typen **Delay** (forsinket indkobling), hvor steppet styrer aktiviteten gennem en timer.

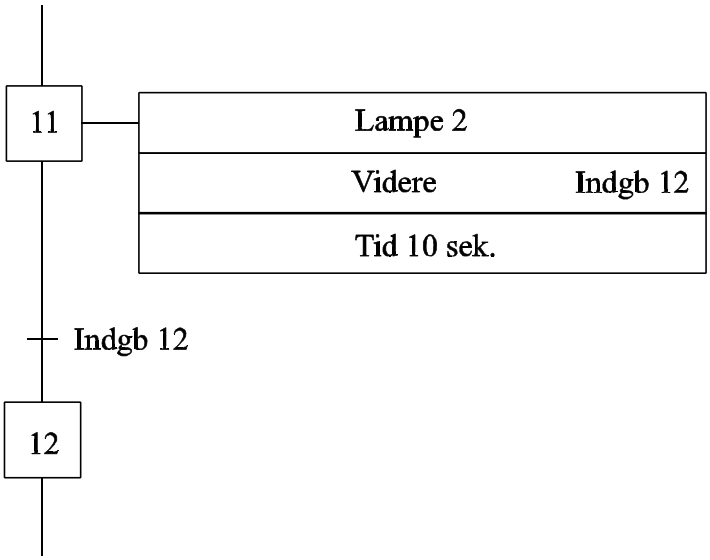


Lampen tænder, 10 s efter trin 10 er blevet aktiv.



 © EVU

Ofte bruges timere til videreføringsbetingelse og skaber hermed tidsfunktionen:



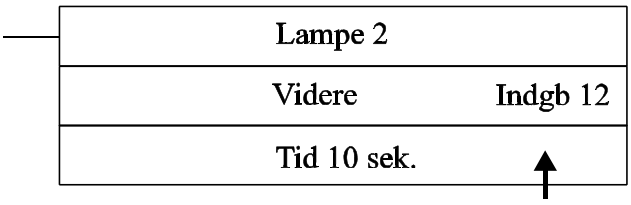
© EVU

Blok 3

```
                  T2
 !-Step 11      +-----+
 +---] [---- +-!     !
 !             !     !
 !             !     !
 !             !     !
 !             !     !                                  -Indgb 12
 !  Tid/10s ---!    Q!-+---------+---------+---------+--(   )
 !             +-----+
Blok 1
 !          -Indgb 12                                    -Step 12
 +---] [---+---] [---+-----]/[---+---------+---------+--(   )
 !                  !
 !-Step 12          !
 +---] [---+---------+

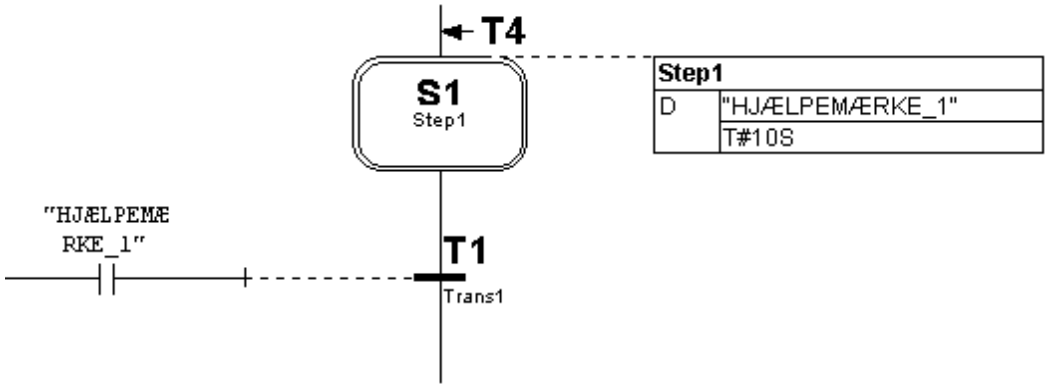
Blok 2
 ! -Step 11                                             -Lampe 2
 +---] [---+---------+----------+---------+---------+--(   )
```

Bemærk, at det højre felt i aktivitetsboksen er udfyldt. Det der skrives her, er defineret som tilbagemeldingssignal, altså at aktiviteten er opfyldt.



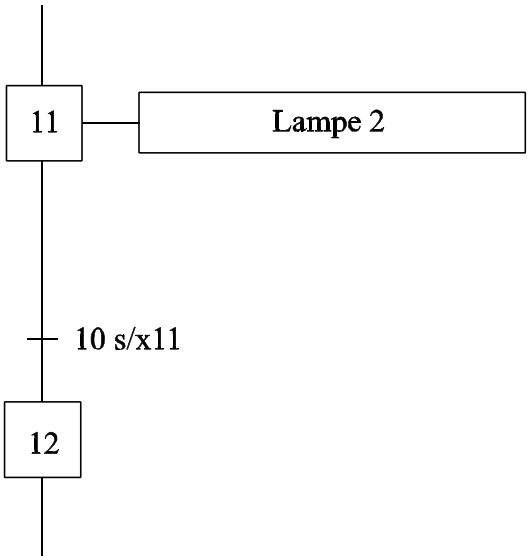
 © EVU

Dette er direkte efter normen, men tager sigte på en del af de grafiske sekvenssprog, hvor tidsfunktionen er indbygget i aktivitetsfunktionen, som her vist i sproget GRAPH.



 © EVU

Sålænge der anvendes traditionelle sprog, er det langt mere brugt at læse ud til en timer med typen Not Stored og derefter lade timeren være overgangsbetingelse til næste step. Dette vises herunder.



Blok 3

```
                T 0
 !-Step 11     +-----+
 +---] [---- +-!     !
 !  Tid10s  ---!     !  Forsinket tiltræk
 !             !     !
 !             !     !
 !             !     !
 !             !    Q!
 !             +-----+
```

Blok 1

```
 !             T0                                    -Step 12
 +---] [---+---] [---+-----]/[---+---------+---------+--(   )-!
 !                   !
 !-Step 12           !
 +---] [---+---------+
```

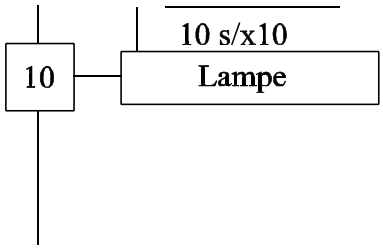
Blok 2

```
 !  -Step 11                                           -Lampe 2
 +---] [---+---------+----------+---------+---------+--(   )-!
```

<u>OBS! Bemærk at timeren styres af steppet, ikke af indgangsbetingelsen.</u>

© EVU

Eksempel på Time Limited aktivitet.




```
!-Step 10     +-----+
+---] [---+---!     !
!  Tid 10 s---!     ! Oneshot - Forlænget puls
!             !     !
!             !     !
!             !     !                                  -Lampe
!             !    Q!-+---------+---------+---------+--(   )-!
!             +-----+
```

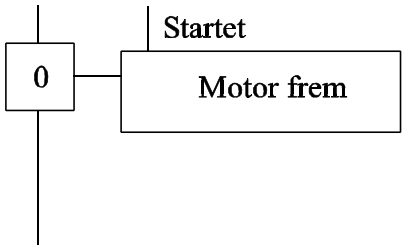
Bemærk, at i nogle systemer kan udgangen (her Lampe) være aktiv i længere tid, også efter at steppet er deaktiveret.

© EVU

Aktiviteten kan også hedde P (Puls shaped). P svarer til limited, pulsen er blot kun en scantid lang.

Eksempel på Conditional aktivitet

Conditional aktiviteter betegnes også "aktiviteter underlagt interlock."

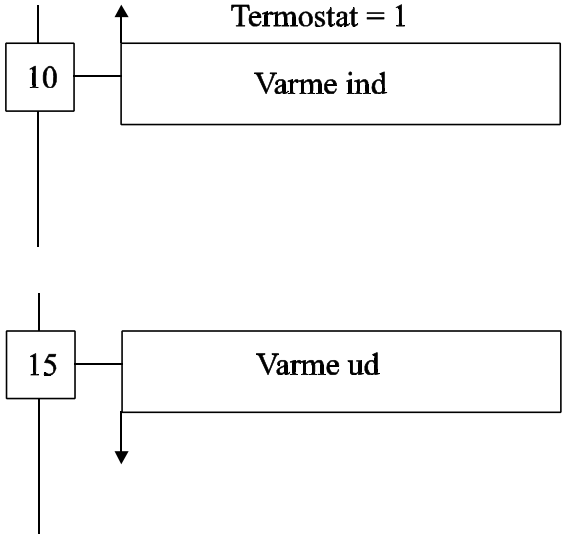



```
!-Step 0   -Startet                          -Motor Frem
+--] [---+--] [---+--------+--------+--------+-( )-!
```

Konditionen (betingelsen) “Startet” vil typisk være udgang fra et planlogisk kredsløb, for eksempel en Start/Stop funktion.

© EVU

Eksempel på SET conditional aktivitet

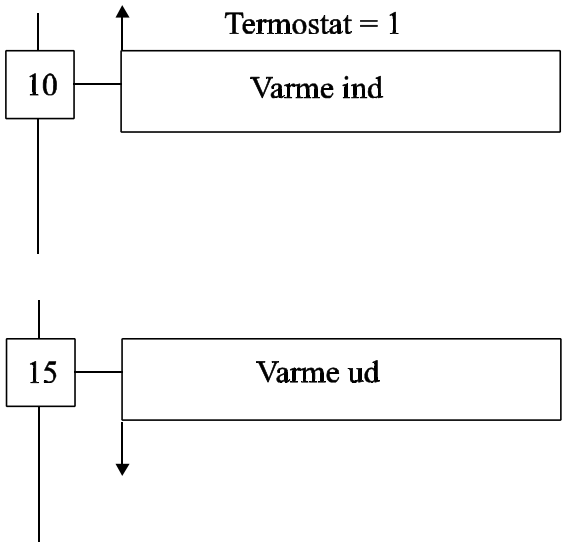



```
!-Step 10  -Step 15                                -Hjrel 1
+---] [---+---]/[---+---------+---------+---------+--(   )-!
!         !
!-Hjrel 1 !
+---] [---+
!
!
!-Hjrel 1  -Termostat                               -Varme
+---] [---+---] [---+---------+---------+---------+--(   )-!
```


© EVU

Eksempel på Conditional SET aktivitet

Aktiviteten bliver kun sat, hvis conditionen er sand i indkoblingssteppet.




```
!-Step 10   -Termostat -Step 15                      -Varme
+---] [---+---] [---+---]/[---+---------+---------+--(   )-!
!                  !
!-Varme             !
+---] [-------------+
```

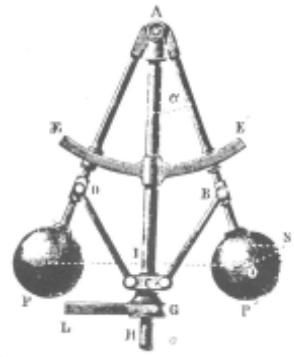

© EVU

Lidt historie

Gennem de sidste mange hundrede år har der været behov for at kunne regulere forskellige former for processer. Eksempelvis da James Watt omkonstruerede dampmaskinen fra kun at kunne udføre en frem og tilbage bevægelse til en maskine, der kunne udføre en roterende bevægelse. Da dette lykkedes, opstod der imidlertid det problem, at man ikke automatisk kunne holde et omdrejningsantal, som var uafhængigt af belastningen på maskinens aksel. Det man behøvede, var en metode til at kontrollere dampmængden til den roterende del af maskinen. Det som James Watt opfandt til dette, var den såkaldte centrifugalregulator.



Skotsk ingeniør og opfinder
James Watt 1736 - 1819



Centrifugalregulatoren

Centrifugalregulatoren virker på den måde, at når de to kugler kører rundt, drives de udad og opad på grund af centrifugalkraften. Hvor langt de drives udad og opad, afhænger af hastigheden, hvormed de kører rundt. Hvis kuglerne så kom for langt ud, kunne de skrue lidt ned for damptilførslen til maskinens roterende del og dermed nedsætte maskinens omdrejningstal. Ved at justere på kuglernes placering på de to aksler, kunne man justere til det ønskede omdrejningstal.

© EVU

Regulering kontra styring

Man skelner mellem det at styre en proces og det at regulere en proces. Ved styring forstås fx, at man skruer op for en lysdæmper, til skalaen viser 50 %, men man kontrollerer ikke, om lamperne egentlig lyser de 50 %. Et andet eksempel kunne være en 2 kW elradiator, som man havde sat op i et rum og derpå indstillet den til hele tiden at afgive 1 kW. Denne styring ville ikke tage hensyn til, om det var koldt eller varmt i rummet. Hvis man udstyrede samme elradiator med en termostat, så kunne den selv regulere rumtemperaturen til det ønskede. Termostatstyring er et eksempel på det, man kalder On/Off regulering med hysterese. Et dagligdags eksempel på dette er en dybfryser.

Sikkerhedsrelaterede spektre ved reguleringsopgaver

Ved reguleringsopgaver bliver de sikkerhedsrelaterede aspekter ofte overset.

Hvis en motorregulator programmeres med en maksimal hastighed, er denne ofte sikkerhedsrelateret.

Dette gælder især i træindustrien, hvor visse roterende værktøjer ikke må løbe med overhastighed. Der kan være fare for udslyngning. I den situation er indlægning af maksimal hastighed en sikkerhedsrelateret betragtning.

Det sætter krav til såvel hardware som software.

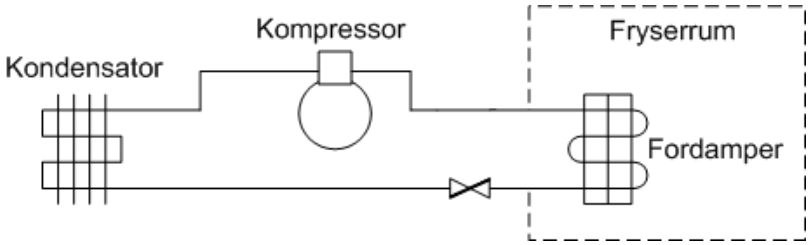
Begge dele skal leve op til kravene til det relevante performance level i overensstemmelse med ISO 13949-1 eller SIL Niveau i overensstemmelse med IEC 62061.

Det betyder, at både frekvensomformer og eventuel PLC skal ledsages af et mål for pålidelighed målt i MTTFd (middeltiden til farlig fejl) eller B10d værdi.

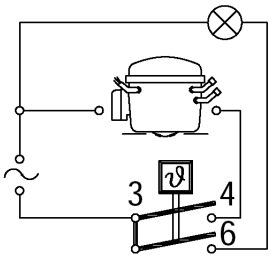
Sikkerhedsrelaterede styresystemer er behandlet i DS Håndbogen Funktionssikre Maskiner - Hvad er meningen?

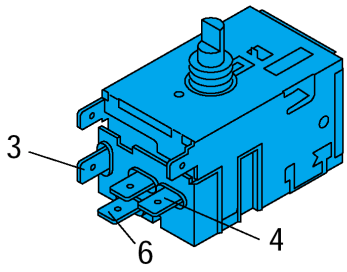
© EVU

Dybfryserens opbygning

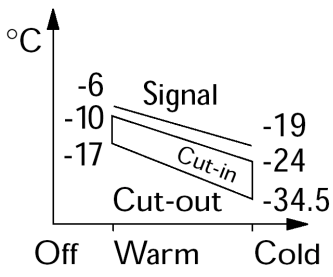


Selve kompressoren styres af en termostat, som er forbundet med en temperaturføler i fryserummet. En sådan termostat virker på følgende måde:





Som det ses, styres kompressoren over klemmerne 3 & 4. Termostaten kan indstilles til at starte kompressoren ved en temperatur på -10 ˚C og stoppe kompressoren igen ved -17 ˚C. Her kan man se at hysteresen er 17 - 10 = 7 grader. Hvis man indstiller den til at starte kompressoren ved -24 ˚C, vil den stoppe kompressoren ved -34,5 ˚C. Her er hysteresen så 10,5 grader. Termostaten er trinløs i hele området. Det viste eksempel er en Danfoss servicetermostat nummer 6 til dybfrysere.



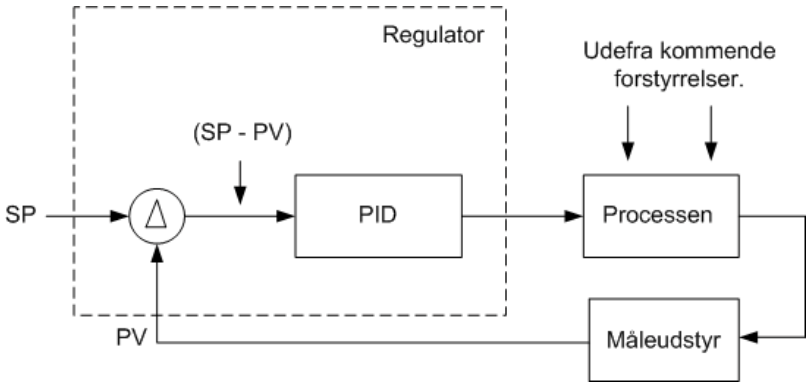
Hvis man ikke ønsker denne hysterese, må man gå andre veje. Det man kunne gøre i ovenstående eksempel var at have en kompressor, som ikke havde et fast omdrejningstal, men kunne reguleres således, at man kunne få den kølemængde, man lige netop havde behov for. Dette kræver, at man ud over kompressoren med regulerbart omdrejningstal skal

© EVU

have en temperaturmåler/temperaturtransmitter, som kan afgive et analogt signal (et analogt signal er et vedvarende (kontinuert) signal).

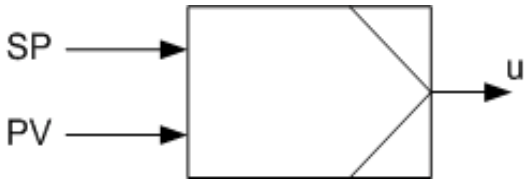
Derfor er alle reguleringssystemer opbygget som reguleringssløjfer. Princippet er vist på nedenstående tegning og kaldes en reguleringssløjfe. Udtrykket "sløjfe" kommer sig af, at der sendes et signal fra udgangen tilbage til indgangen, som så har indflydelse på udgangssignalet, som så sendes tilbage til indgangen, osv. osv. osv. Det man i praksis anvender, er en såkaldt PID regulator, som står for **P**roportional, **I**ntegral og **D**ifferential.

Reguleringssløjfe, en lukket sløjfe



Diagramsymbol for en regulator efter DS 3511-3

© EVU



Delene på tegningen har følgende betydning:

SP:

SP betyder setpunkt. Her kunne fx angives en ønsket temperatur, tryk, hastighed, osv.

PV:

PV betyder procesværdi. Det er den værdi, der måles på udgangen af processen. Det kunne fx være en temperaturmåler, en trykmåler, omdrejningstæller, osv.

Δ:

Δ betyder delta eller forskel. Her trækkes procesværdien (PV) fra setpunktet (SP) og giver os dermed den fejl eller afvigelse, der er i processen. Denne fejl kaldes for proceserror og forkortes (E).

PID:

Omsætter denne fejl (E) til et signal, som selve processen kan anvende.

Processen:

Her sker det, vi egentlig ønsker. Det kunne fx være en asynkronmotor, hvis hastighed var styret af en frekvensomformer. Påmonteret motoren kunne der så være en pumpe, der pumpede vand op i en tank.

Måleudstyr:

Her måles de parametre, som vi ønsker at kontrollere. Det kunne være niveauet i føromtalte tank.

SP og PV angives normalt i %, da man før en eventuel regulering har kalibreret disse.

© EVU

P-regulering

P, eller proportionaldelen af regulatoren, er den simpleste at have med at gøre, da det eneste, den gør, er at gange fejlen (SP - PV) med en faktor kaldet for Kp eller forstærkningen. Udgangssignalet (output) bliver derfor:

U = Kp x (SP - PV)

I stedet for at anvende Kp anvendes i nogle regulatorer PB, også kaldet proportionalbånd. Sammenhængen mellem PB og Kp er:

PB = 100/Kp

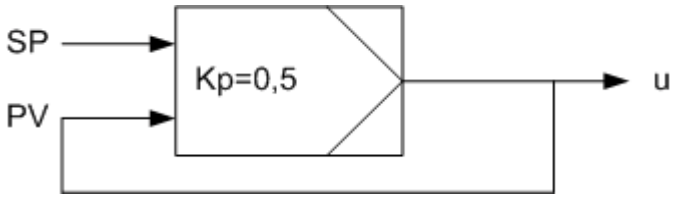
PB kan sagtens blive større end 100, dette betyder bare at forstærkningen er mindre end 1 gang.

Denne ligning kan man omsætte til et diagram, hvor X-aksen angiver tid, og Y-aksen angiver, hvor mange procent regulatoren afgiver.

Eksempel:

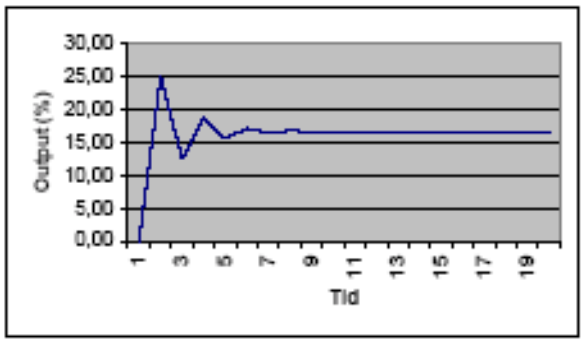
Kp = 0,5

SP = 50 %

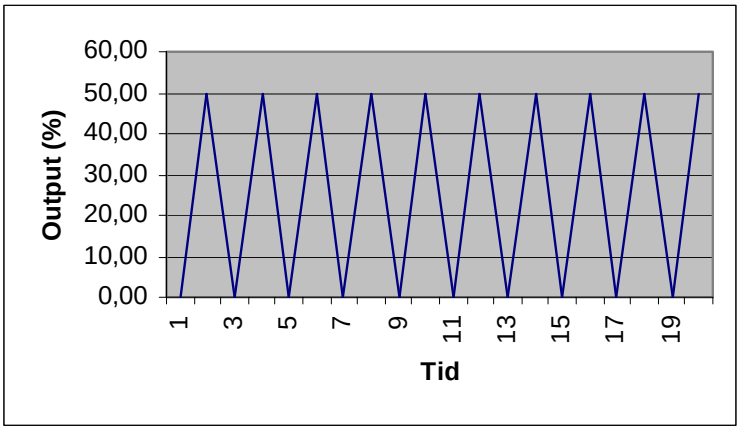


 © EVU

Update	PV	Error	Output
1			0,00
2	0,00	50,00	25,00
3	25,00	25,00	12,50
4	12,50	37,50	18,75
5	18,75	31,25	15,63
6	15,63	34,38	17,19
7	17,19	32,81	16,41
8	16,41	33,59	16,80
9	16,80	33,20	16,60
10	16,60	33,40	16,70
11	16,70	33,30	16,65
12	16,65	33,35	16,67
13	16,67	33,33	16,66
14	16,66	33,34	16,67
15	16,67	33,33	16,67
16	16,67	33,33	16,67
17	16,67	33,33	16,67
18	16,67	33,33	16,67
19	16,67	33,33	16,67
20	16,67	33,33	16,67



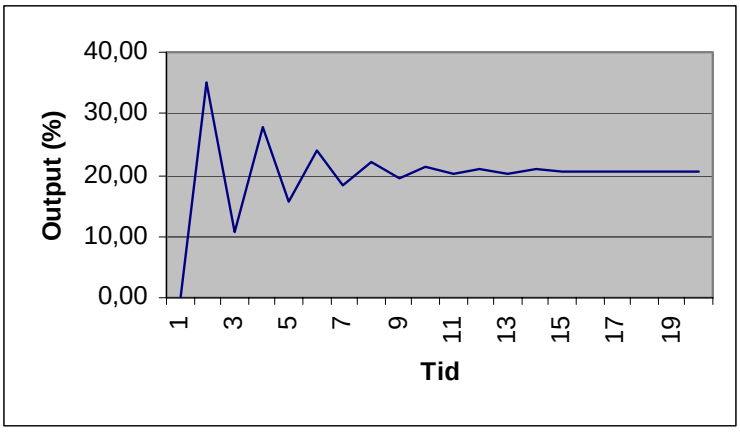
Som det ses, stabiliserer systemet sig efter et stykke tid. Desværre stabiliserer systemet sig ikke omkring de 50 %, som vi ønskede, men omkring 16,7 %. Nu kunne man tro, at man bare kunne hæve Kp-værdien eller forstærkningen. Den går bare ikke, da vi så får følgende udseende af kurven.



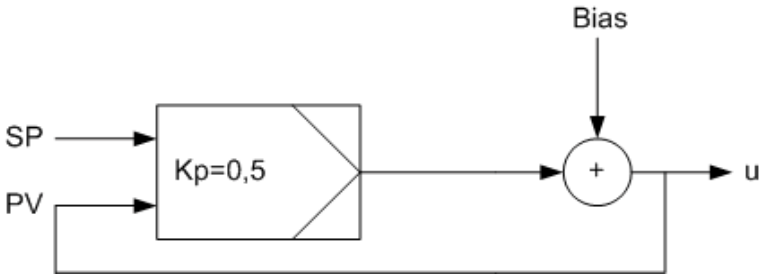
Vi ser nu, at kurven bliver mere ustabil, end den var før. Den stabiliserer sig omkring 20,5 %. Den viste kurve har en Kp-værdi på 0,7 og et SP på 50 %.

© EVU

Hvis vi yderligere hæver Kp-værdien, sker der det, at systemet begynder at svinge - ude af kontrol. Det sker for dette system, når Kp bliver 1.



Ren proportionalregulering kan altså ikke anvendes uden lidt modifikation. En af metoderne er at indlægge en bias, også kaldet regulatorens normaloutput.

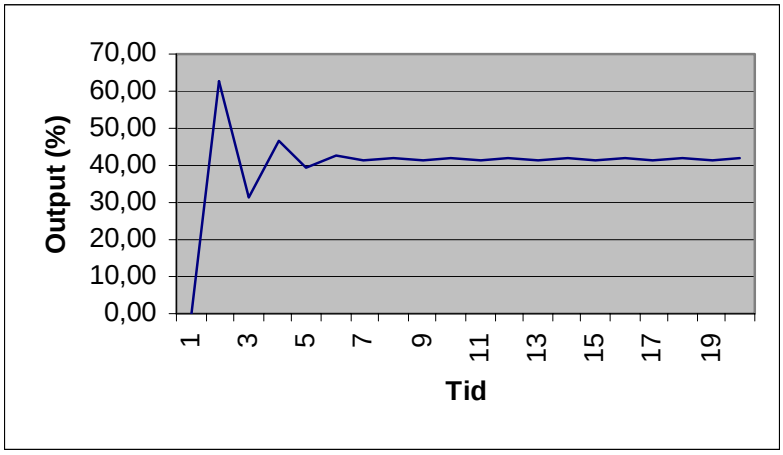


Ved hjælp af bias kan man lægge lidt til den værdi, som regulatoren giver fra sig og dermed komme op på det setpunkt, som man ønsker. Bias skal så svare til det normaloutput man ønsker, som i dette tilfælde er 50 %. Denne type for efterregulering kan anvendes, hvis der kun er små ændringer i SP. Ved større ændringer i SP vil regulatoren til mange formål ende på et output, som er for langt fra det setpunkt, man ønsker sig.

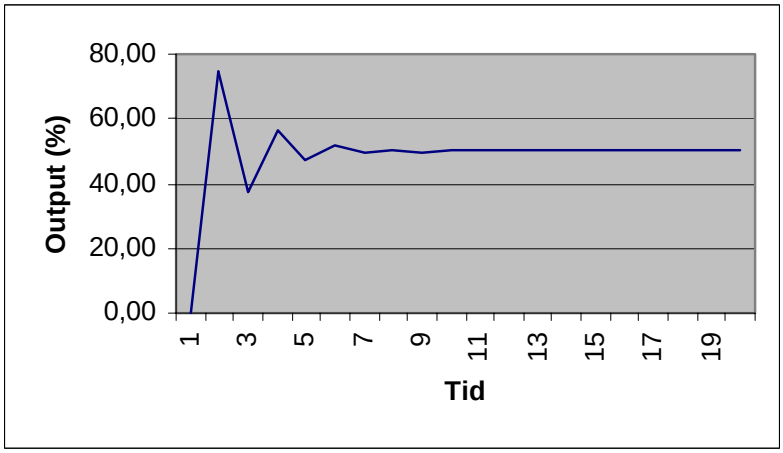
© EVU

Eksempler på SP ændring med bias på 50 %.

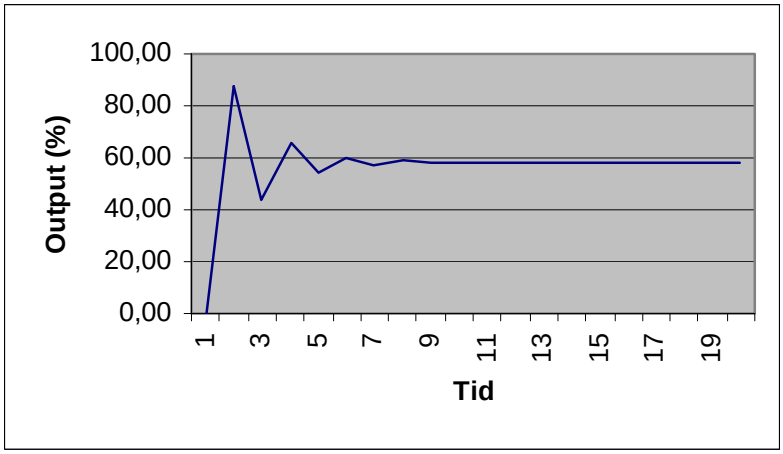
SP = 25 %
Kp = 0,5
Bias = 50 %



SP = 25 %
Kp = 0,5
Bias = 50 %



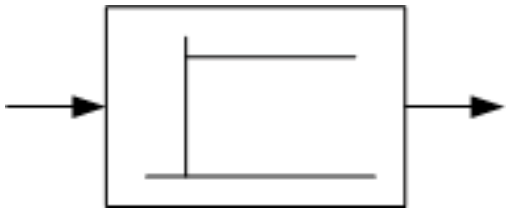
SP = 25 %
Kp = 0,5
Bias = 50 %



© EVU

Det ses, at ved et SP på 25 % stabiliserer regulatoren sig på ca. 42, og ved et SP på 75 % stabiliserer regulatoren sig på ca. 58 %. Ved et SP på 50 % stabiliserer regulatoren sig på de 50 %, som er ønsket via SP. Det vi godt kunne ønske os, var en automatisk bias. En automatisk bias er en integrator, her kaldet for integraldelen af regulatoren.

Diagramsymbol P-delen efter DS 3511-3:



I-regulering

I regulering eller integral kommer af det matematiske "at integrere". At integrere betyder, at man summerer eller lægger sammen. Det regulatoren i praksis gør, er at summere den fejl, der er over tid. Resultatet af denne sum, ganget med en faktor kaldet Ki, anvendes så som bias. I mange tilfælde indstiller man den tid, som man ønsker, regulatoren skal tage et gennemsnit over. Den reciprokke værdi af denne tid anvendes så som faktor på summen af fejlen. Resultatet anvendes så som bias. Tidsmålingen kan foretages på 2 måder; enten ved at indstille en tid i sekunder eller minutter eller ved at indstille, hvor mange gange det skal gøres pr. minut. Når det angives i antal gange pr. minut, kaldes det også, hvor mange gange der skal resettes pr. minut. Det vil sige, at matematisk ser I-delen således ud.

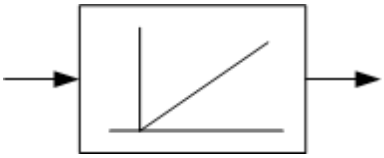
I = Ki x (summen af fejl over tid) = bias eller

$$\frac{1}{I_{tid}} \text{ x (summen af fejl over tid) = bias}$$

© EVU

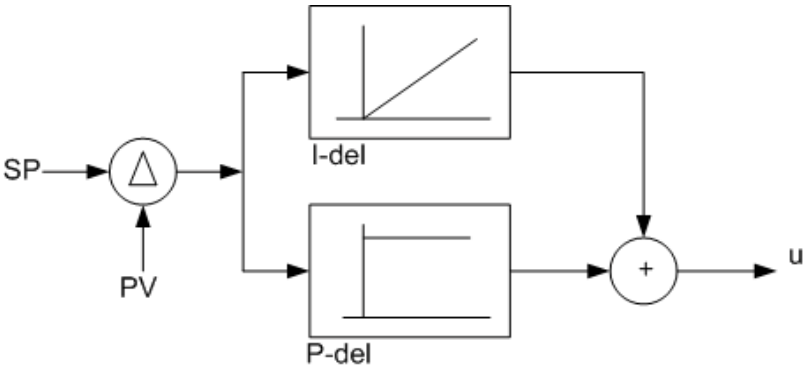
I-delen af en regulator kan ikke anvendes alene, men skal være sammen med grundelementet, P-delen.

Diagramsymbol I-delen efter DS 3511-3

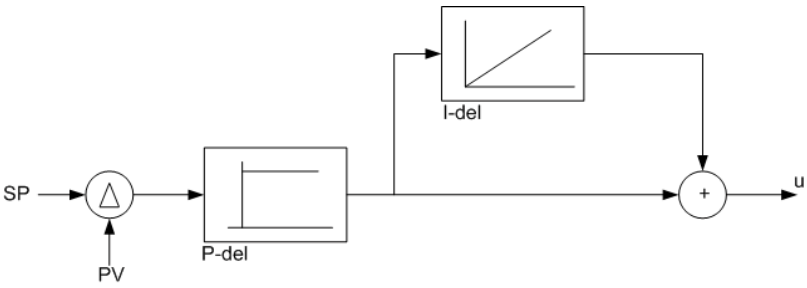


PI-regulering

Når vi nu sammensætter de to, nemlig P-delen og I-delen, får vi en regulator, som virker. P-delen og I-delen kan sammensættes på to måder: I parallel eller i serie. Dette vil være forskelligt fra regulator til regulator.

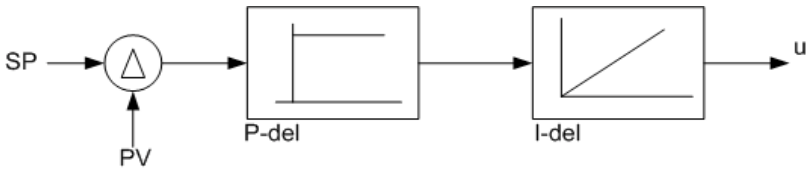


Parallelregulator



Halv serieregulator

© EVU

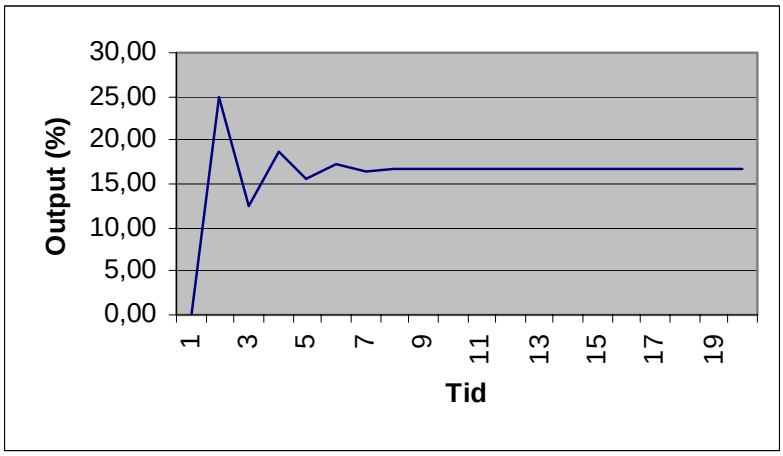


Serieregulator

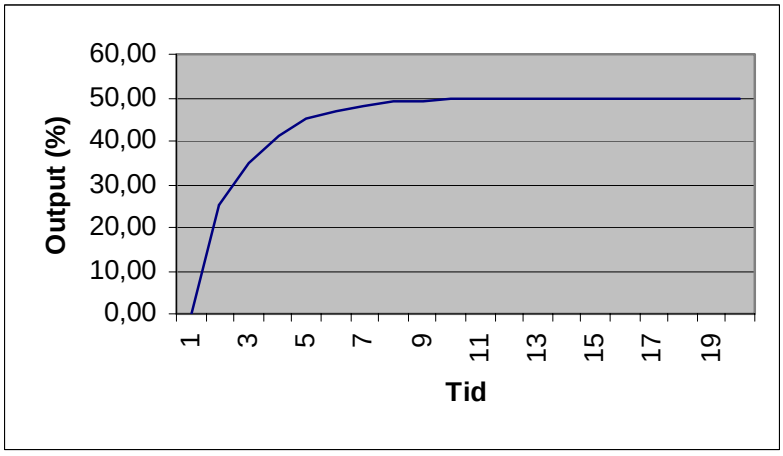
Om det er den ene eller den anden slags regulator, man har i hænderne, må man se efter i regulatorens datablad. Hvis integralvirkningen ændres, når Kp ændres, kan man være sikker på, at det er en serieregulator, man har i hænderne.

Vi prøver at sætte integralvirkning på vores eksempel fra før.

SP = 25 %
Kp = 0,5
Ki = 0



SP = 25 %
Kp = 0,5
Ki = 0,9



© EVU

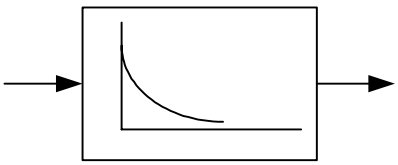
Vi ser nu, at vores regulering virker. Vi når op på det ønskede setpunkt (SP), uden at regulatoren bliver ustabil. Den anvendte regulator i dette matematiske eksempel er en halv serieregulator.

D-regulering

D, eller differential regulering, kommer af det matematiske "at differentiere". Når man differentierer, finder man hældningen (stigningstallet) af en kurve. I reguleringsverdenen bruger man D-delen af en PID- regulering til at lave meget hurtige efterreguleringer, som I-delen ikke kan nå at tage sig af; den samler op over tid. D-delen har i sin natur en stabiliserende virkning på en reguleringssløjfe. Hvis man i forvejen har en meget hurtig sløjfe, kan en D virkning have den effekt, at systemet bliver ustabilt. D virkningens størrelse angives i tid, hvilket vil sige, hvor tit den skal udføre sin gerning. Det, den gør, er at se på fejlen lige nu og så lægge det til den samlede virkning af regulatoren. Matematisk ser dette sådan ud:

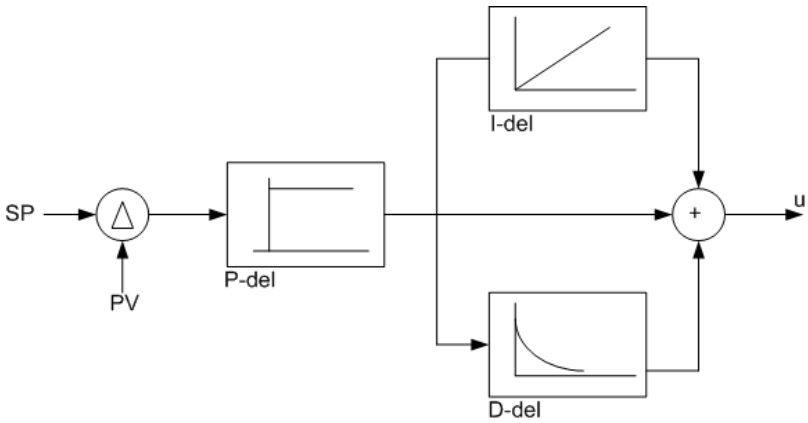
D = Td x (fejlen lige nu).

Diagramsymbol D-delen efter DS 3511-3



© EVU

Udseendet af vores samlede regulator bliver nu:



En parallelregulator

En PID regulering som denne kan klare de fleste opgaver, men findes også i serieversioner. Den viste er jo en parallel type.

Opsummering

P delen tager sig af det grove arbejde med den direkte fejl mellem SP og PV. I-delen samler over tid det, som P-delen ikke kunne klare. D-delen kigger på fejlen lige nu og laver sit bidrag derudfra. Så den samlede virkning af en PID-regulator er:

$$U = Kp \cdot (SP - PV) + \frac{1}{I_{tid}} \cdot (sum\ af\ fejl\ over\ tid) + Td \cdot (fejl\ lige\ nu)$$

Eller

U = P + I + D

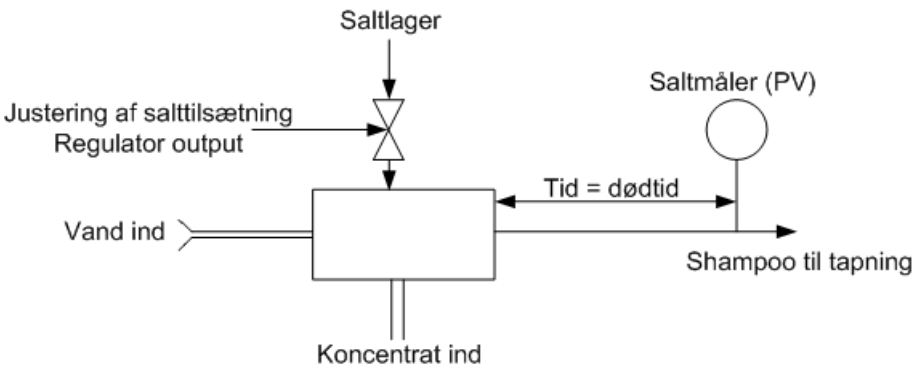
© EVU

En lille anekdote.

Peter, Ivan og David skulle passe det lokale vandværk, så vandstanden og dermed vandtrykket var konstant til indbyggerne i den lille by. Peter skulle sørge for at aflæse forbruget og trække det fra den vandstand, man ønskede, der var på vandværket. Ud fra sit resultat prøvede han så på at få det til at passe, men tit fik han skruet for meget op, eller han fik skruet for lidt op. Ivan kunne se, at det ikke var godt nok, så han gik og skrev det, der manglede ned, og over en vis tid. Sit resultat brugte han så til at efterregulere det, som Peter havde indstillet. Nu blev det meget bedre. Men David kunne se, at Ivan ikke fik de små fine ændringer med, så da han var fiks på fingrene og nok lidt hurtigere til bens end Ivan, lavede han de små justeringer, som Ivan ikke fik med. Men David skulle dog passe lidt på ikke at overvurdere sine evner, da det kunne bringe de to andres arbejde i fare.

Dødtid

I en reguleringssløjfe kan der være det, man kalder for dødtid. En dødtid opstår, når der, fra man har ændret på processen, går lang tid, inden resultatet ses af den regulering, man har lavet. Det kunne være en hårshampoomaskine, hvor shampooekstrakt iblandes salt for at give den rigtige konsistens. Da saltet først skal opløses, har man et problem.



© EVU

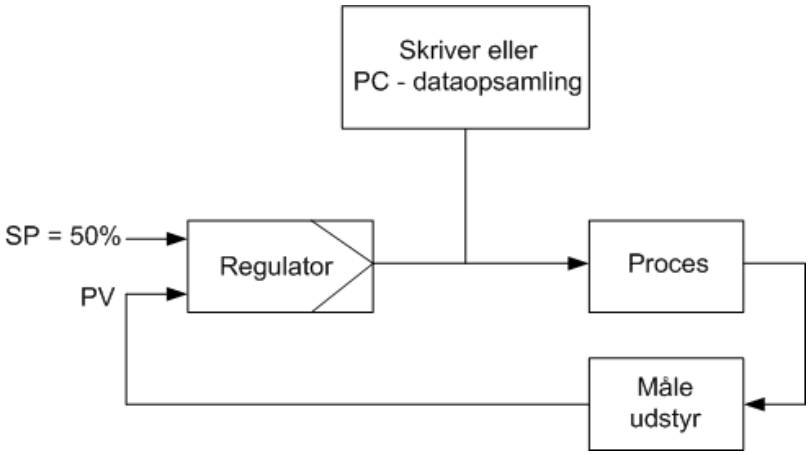
Setpunktet angives på regulatoren. Desværre modtager regulatoren den målte saltmængde noget senere end det tidspunkt, hvor blandingen af de tre ting sker. Dette fænomen kaldes dødtid og skal undgås eller minimeres, hvis man kan. I denne type regulering skal man være meget forsigtig med Kp-værdien, medens I-delen skal overtage rigtig meget af opgaven i regulatoren. D-delen er her ikke anvendelig.

Praktisk indregulering

Når man i praksis skal indregulere et system, kan dette gøres på flere måder.

Ziegler & Nichols lukket sløjfe metode

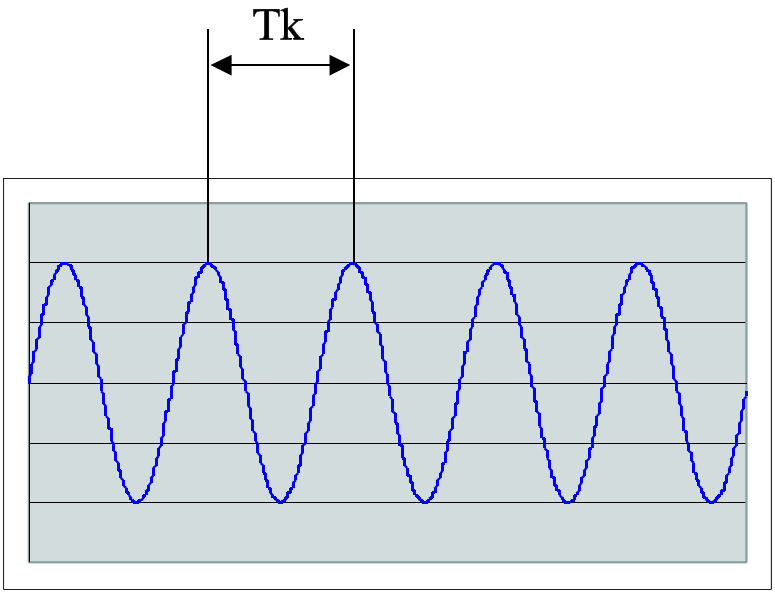
1. Sæt både P-, I-, og D-parametrene ud af drift på regulatoren.
2. Sørg for, at reguleringssløjfen er lukket (regulator forbundet til proces og målesystem er koblet tilbage til regulatoren).
3. Sørg for, at måleudstyret er kalibreret.
4. Angiv et SP på 50 %.
5. Skru nu op for forstærkningen (eller ned for proportionalbåndet), indtil processen går i sving. Husk, at der skal måles på regulatorens udgang.



Processen skal gå i sving på en sådan måde, at den

© EVU

svinger med konstant amplitude. Tiden t i det viste diagram kaldes systemets kritiske svingningstid, Tk.



Tiden Tk mellem to toppe måles og anvendes i nedenstående skema sammen med den Kpk-(Kp kritisk) værdi, som gav denne svingning.

Type af regulering man ønsker, og regulatortype man har.

En parallel regulator			
Type	Kp	Ti	Td
P	0,5 x Kp		
PI	0,45	0,8 x Tk/Kp	
PID	0,6 x Kp	0,5 x Tk/Kp	0,125 x Tk x Kp
En serie regulator			
Type	Kp	Tn	Tv
P	0,5 x Kpk		
PI	0,45 x Kpk	0,8 x Tk	
PID	0,6 x Kpk	0,5 x Tk	0,125 x Tk

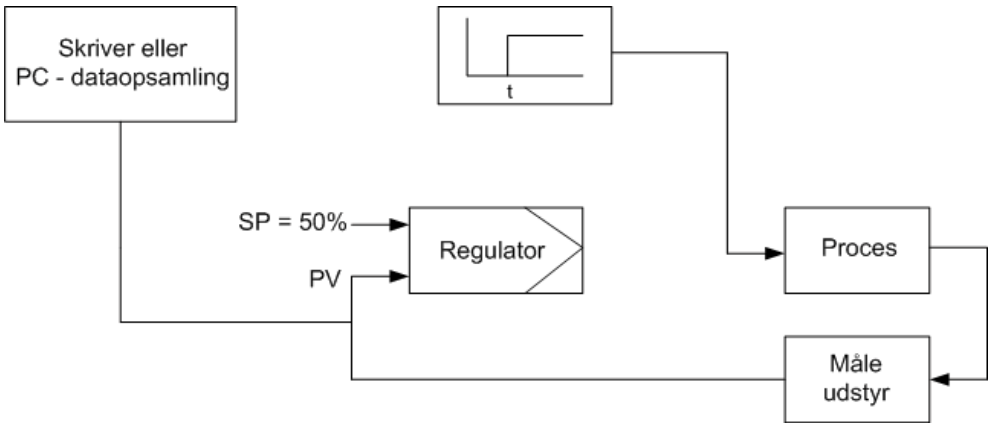
De parametre som man finder ud fra denne metode, er normalt meget gode, men de skal ALTID efterjusteres, da de passer på en slags gennemsnitsproces. Ud over dette er det langtfra i alle tilfælde, at de kan anvendes. Nogle reguleringssystemer er så langsomme, at det at

© EVU

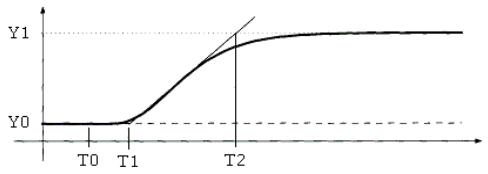
finde indsvingningskurven, er en meget tidsrøvende proces. Andre regulerede systemer er af en sådan natur, at det maskineri, man skulle indregulere, ville gå i stykker, hvis det blev sat i sving. Tænk bare på en motor, påmonteret et stort svinghjul, som man så satte i svingninger. Det ville ødelægge både motor og ophæng. En anden metode at anvende er de såkaldte trinsvarsmetoder.

Trinsvarsmetode

En trinsvarsmetode kan anvendes både på en lukket og en åben sløjfe. Åbensløjfemetoden ser således ud.



Vi kan se, at sløjfen er åben, fordi der ikke længere er forbindelse hele vejen rundt. Til tiden t laver vi et hop på indgangen til processen, der svarer til at skulle gå fra et setpunkt på 0 % til et setpunkt på f.eks. 25 % eller fra 25 % til 35 %. Trinsvaret vælges, så det er inden for det normale arbejdsområde. Vi opsamler nu, hvad der sker med PV-værdien. Det kunne se sådan ud:



© EVU

Vi kan nu fra dette springsvar finde nogle værdier til brug for vores PID regulering. Disse er:

For parallel regulator			
	Kp	Ti	Td
P	$\frac{\nu}{k \cdot t}$		
PI	$\frac{0{,}9 \cdot \nu}{k \cdot t}$	$3 \cdot t$	
PID	$\frac{1{,}2 \cdot \nu}{k \cdot t}$	$2 \cdot t$	$0{,}5 \cdot t$

$$Hvor\ k = \frac{Y1 - Y0}{U1 - U0}\ ;\ t = T1 - T0\ ;\ \nu = T2 - T1$$

U1 - U0 er springets størrelse på indgangen af processen, og Y1 - Y0 er reaktionen på dette springsvar, når systemet er faldet til ro. Metoden er anvendelig, men skal anvendes med omhu, da den i mange situationer kan ødelægge det udstyr, som man skal indregulere. Metoden er, igen med omhu, god til indregulering af fx en tank, hvori man skal holde et vist tryk. Man skal bare passe på, at springsvaret ikke gør, at tanken eksploderer, eller der sker andet uforudset. Det er ikke ret tit, man kan anvende trinsvarsmetoden, og pas på, hvis den alligevel anvendes. Ud over at den er lidt "farlig", kan det være svært at aflæse de nødvendige værdier med en stor nok nøjagtighed.

Den empiriske metode

Den empiriske metode går ud på, at man med omhu og omtanke prøver sig frem. Ikke på må og få, men systematisk.

© EVU

1. Sæt alle parametre i regulatoren ud af funktion. (P, I, og D).
2. Sørg for, at sløjfen er lukket.
3. Skru stille op for Kp, indtil systemet føles uroligt
4. Skru så ned for Kp, indtil systemet er helt roligt, og skru så yderligere 10% ned.
5. Skru nu stille op for integralvirkningen (I-tiden gøres kortere eller antal reset pr. minut øges), indtil systemet igen føles uroligt.
6. Skru så ned for integralvirkningen, indtil systemet er helt roligt, og skru så yderligere 10 % ned.
7. Gentag step 3 til 6, indtil de maksimale værdier er fundet, og systemet er roligt.
8. Skru nu stille op for differentialvirkningen, indtil systemet føles uroligt, og skru så ned, indtil systemet igen er roligt.
9. Test nu systemet ved at lave setpunktsændringer og se, om disse ændringer giver en fornuftig procesrespons.
10. Hvis ikke, gentages step 3 til 6, men med en anden værdi end de 10 %.
11. Indstil nu regulatoren til en SP-værdi på 50 %.
12. Lav nogle naturlige belastninger i processen (åbn og luk en ventil, belast en motor, osv).
13. Se om regulatoren kan efterkomme de krav, som processen stiller.
14. Hvis ikke, gentag step 3 til 6, igen med en anden værdi end de 10 %.
15. Hvis du er nået hertil, er alt i den skønneste orden.

Metoden kaldes også for Ib Holm Nielsen metoden.

© EVU

Autotune

De fleste regulatorer kan udføre det, man kalder for autotune. Det, som regulatoren gør, er, at den ud fra nogle små springsvar, finder nogle anvendelige parametre for regulatoren. Til autotune skal regulatoren altid køre i lukket sløjfe. De parametre, den finder, skal altid efterjusteres, da regulatoren jo ikke ved, hvilke krav vi stiller til systemet. Autotune kan dog for det meste give nogle gode retningslinier.

Et par konkluderende bemærkninger

Ved indregulering af et system er det vigtigt, at man kender det system eller den proces, man skal regulere på. Ud fra dette kendskab kan man så med lidt erfaring og manualen til regulatoren tit give et godt bud på, hvordan regulatoren skal indstilles. En anden ting ved reguleringssløjfer er, at det er meget vigtigt, at man holder sløjfen lukket, da der ellers kan opstå mange uønskede virkninger, som fx at systemet går amok. Dette sker oftest i motoranlæg og ikke så tit i flow, niveau og temperaturreguleringer. En god ting at huske er at nulstille alle indstillinger, inden man starter en indregulering, da der ligeledes ellers kan opstå meget uønskede situationer.

Desværre kan man konkludere, at regulering altid vil volde problemer, da “vi” altid er bagefter. Dette skyldes, at PV-værdien altid er "for gammel"; det vi regulerer på, er allerede historie. Når alt kommer til alt, står vi med lidt af en umulig opgave, som vi må løse bedst muligt. Inden for emnet regulering findes der utroligt mange andre aspekter, som man kan studere, hvis man vil.



OMRON general purpose regulator

© EVU

Sikkerhedsrelaterede betragtninger

Inden man starter design og konstruktion af en reguleringsfunktion, skal der foretages en risiko- og analysevurdering. Det er af største vigtighed, at man inden den afsluttende indregulering har gjort sig de fornødne tanker om, hvilke reaktioner der kan komme fra systemet ved en normal drift og en worst case situation. Tjernobyl er eksemplet på, hvor galt det kan gå, når det går rigtig galt.

© EVU

Frekvensomformere

Fra man så den første seriefremstillede frekvensomformer i 1968, som i øvrigt er dansk, og så til i dag, må man sige, at der er sket store fremskridt. Hvor det tidligere var et særsyn at se en frekvensomformer, er det i dag mere et særsyn at se en applikation, der ikke er hastighedsreguleret.

Frekvensomformeren anvendes til at hastighedsregulere almindelige asynkronmotorer, som er den motor, der er langt den mest udbredte. Hastighedsreguleringen foregår trinløst.

I det følgende vil der blive gennemgået almene grundteorier og informationer, der er nødvendige for at arbejde med statiske frekvensomformere.

Sikkerhedsrelaterede betragtninger

Hver gang der indkøbes og sælges en frekvensomformer, er der tale om leverance til en maskinfabrik (juridisk person i forhold til Maskindirektivet og Produktansvarsdirektivet). Det betyder, at de implicerede parter skal have styr på de overensstemmelsesdokumenter, der skal skrives i de sammenhænge.

Hver gang en frekvensomformer installeres, er der en roterende del, der markedsføres. Det er præcis definitionen på Maskindirektivets gyldighedsområde. Dette medfører en lang række krav, som ligger uden for rammerne af denne lærebog:

- Maskinens udstrækning og begrænsning
- Risikoanalyse
- Risikovurdering
- Evaluering/verificering
- Validering
- Ikke mindst brugsanvisning i overensstemmelse med kravene i Maskindirektivet og til sidst
- evt. CE-mærkning af maskinen.

© EVU

Opbygning

Efter tilslutningsklemmerne sidder der en ensretter, som omdanner forsyningsspændingens vekselspænding til en jævnspænding, som er frekvensomformerens mellemkreds. Mellemkredsspændingen er $\sqrt{2}$ højere end forsyningsspændingen. I udgangstrinnet sidder der en vekselretter, som omdanner mellemkredsens jævnspænding til en pulserende jævnspænding med variabel frekvens, alt sammen styret af frekvensomformerens styrekredsløb, også kaldet styrekortet.

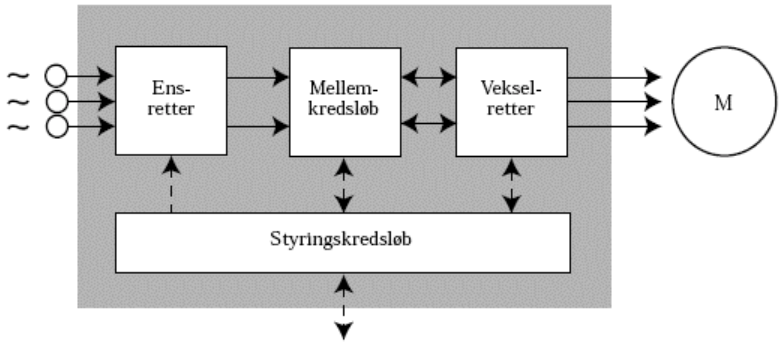


Fig. 1. Opbygning.

© EVU

Virkemåde

Figur 2 viser middelværdien af udgangsspændingen som funktion af udgangsfrekvensen.

Da frekvensomformerens udgangstrin består af 6 styrede halvledere, som i switch-mode forsyner motoren med pulserende DC, ser det virkelige billede en del anderledes ud.

Udgangsspændingen består af bølgetog af op til 16.000 DC pulser pr. helperiode.

De enkelte frekvensomformeres opførsel er afhængigt af fabrikatet.

Jerntabet er konstant

Dette gælder dog med modifikationer, idet motoren har et grundtab, som er nogenlunde konstant - nemlig jerntabet i rotor og stator. Dertil kommer at tabet ved strømfortrængningen ved den høje switchfrekvens heller ikke er lineært.

Den sidste faktor er, at langsomt gående motorer ikke så let slipper af med overskudsvarmen, idet rotationshastigheden på ventilatorvingen er reduceret med forøget temperatur i jern og kobber til følge.

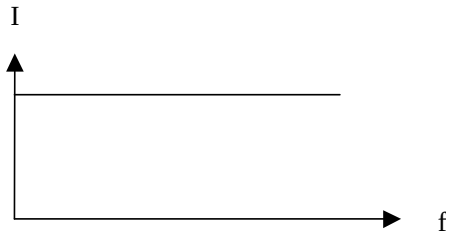


Fig. 2.1. Udgangsstrøm som funktion af udgangsfrekvens.

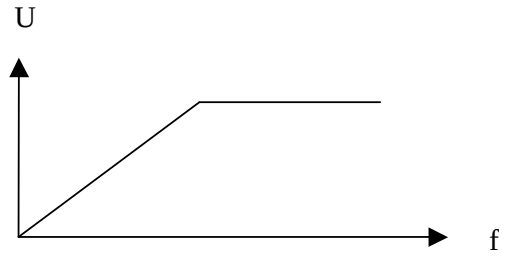


Fig. 2.2.Middeludgangsspænding som funktion af udgangsfrekvens.

© EVU

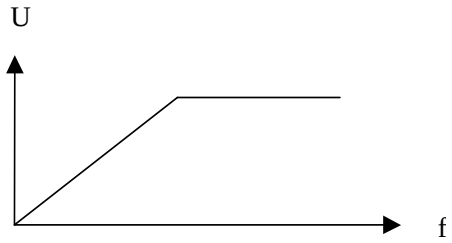


Fig. 2.3. Udgangseffekt som funktion af udgangsfrekvens.

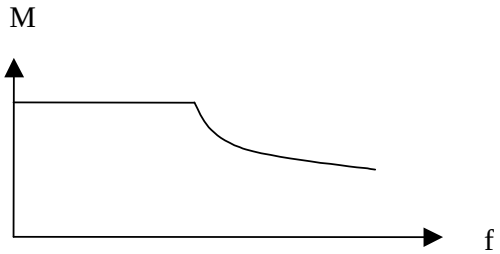


Fig. 2.4. Tilladt belastningsmo - ment som funktion af udgangs- frekvens.

Af figur 2.3 ses udgangseffekten som funktion af udgangsfrekvensen.
De almindelige kendte regneregler gælder for sinusformet vekselstrøm. Det er derfor ikke muligt at anvende disse regler på frekvensomformerens afgangsside (såvel som tilgangssiden). Anvend fabrikantens data!

Af fig. 2.2. ses udgangsspændingen, som er lineært stigende op til motorens knækfrekvens, som på en motor beregnet til 50 Hz netop er 50 Hz. Ved oversynkron drift, altså udgangsfrekvenser over knækfrekvensen, vil spændingen være konstant. Frekvensomformeren kan altså ikke afgive en spænding, der er højere end forsyningsspændingen.

Af fig. 2.3. ses udgangseffekten, som er

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Det tilladte belastningsmoment findes ud fra formlen

$$M = \frac{P \cdot 9{,}55}{n}$$

Af fig. 2.4. ses, at motoren kan belastes nominelt op til

© EVU

knækfrekvensen, da effekten og omdrejningstallet/frekvensen stiger proportionalt.

Da effekten bliver konstant ved oversynkron drift, og omdrejningstallet stiger, vil belastningsmomentet være faldende ved oversynkron drift. Ved dobbelt hastighed vil det tilladte belastningsmoment således være faldet til det halve.

Motorens belastning

De fleste frekvensomformere tillader, at motoren overbelastes intermitterende. Det betyder, at der typisk kan tillades belastninger op til ca. 150-170 % i ca. 1 minut, og nogle frekvensomformere tillader op til ca. 200 % belastning i en kort periode. Disse overbelastningsgrænser bruges ved applikationer med højt løsrivelsesmoment, stødende belastning eller ved hurtige accelerationer. Se fig. 3.1.

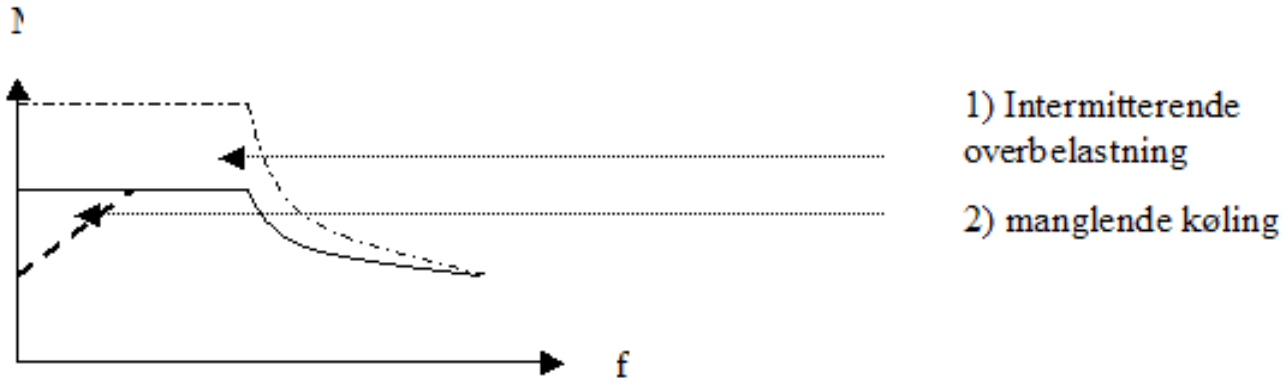


Fig. 3

Når motorens hastighed sænkes, vil motorens ventilator også køre langsommere. Derved reduceres motorens køling. Det betyder, at motoren skal aflastes, hvis hastigheden kommer under ca. halvt omdrejningstal i længere tids drift. Motoren kan tåle ca. halv last ved stilstand. Se fig. 3.2.

© EVU

Ved valg af motor skal der tages højde for, om applikationen kræver, at der skal køres med høj belastning ved lave omdrejninger i længere tid. Hvis dette er tilfældet, kan køleproblemet løses ved at vælge motoren ét nummer større eller montere forceret køling på motoren (ventilator drevet af ekstern motor).

På vekselstrømsmotorers mærkeplade er der nævnt, hvilke strømme, spændinger, og frekvenser motoren er designet til. Hvis én af delene overskrides i positiv eller negativ retning, skal motorfabrikantens data anvendes. Hvis disse data ikke er umiddelbart tilgængelige skal fabrikanten kontaktes og rådspørges.

Installation af frekvensomformer

Frekvensomformerens udgangsspænding er langt fra sinusformet. Den består af pulserende DC i variable frekvenser fra 4 til 16 KHz.

Dette giver en del problemer af forskellig slags.

Som udgangspunkt skal leverandørens anvisning følges, og det betyder bl. a., at de af ham anviste kabler skal anvendes.

© EVU

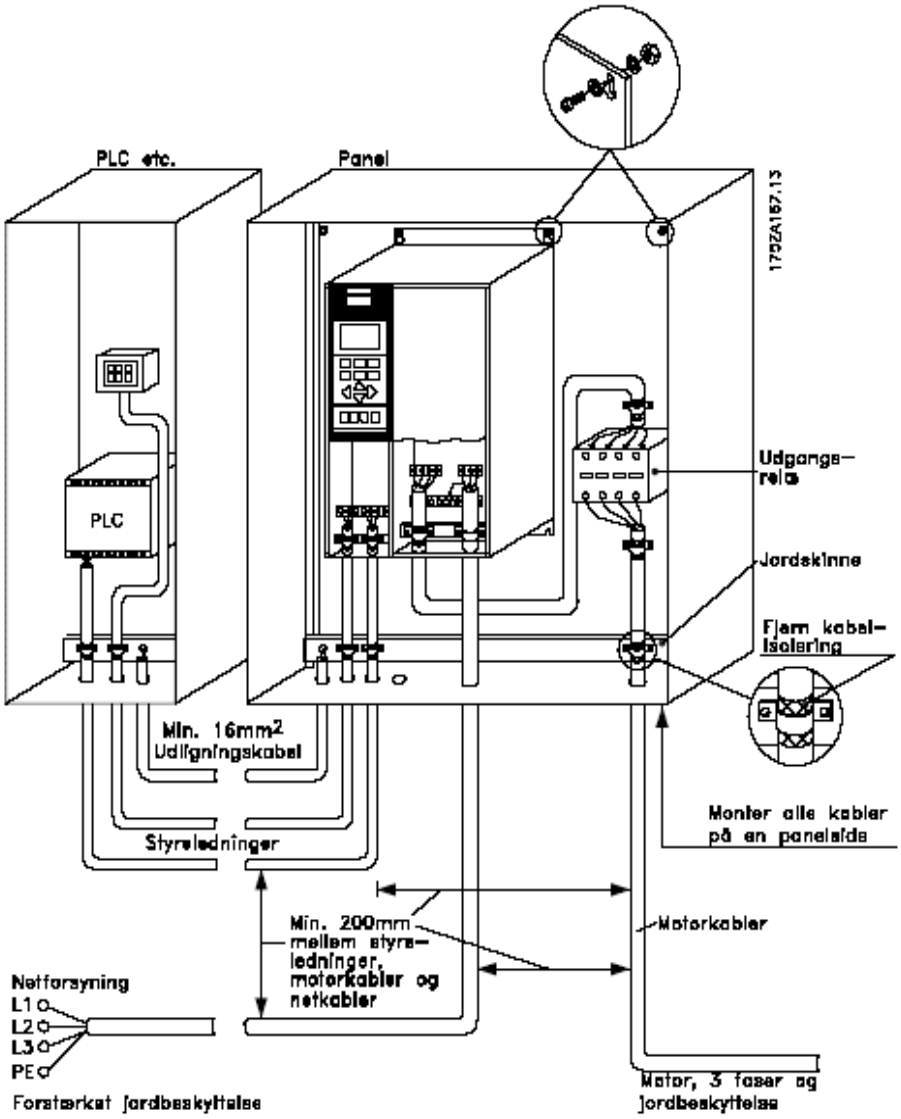


Fig. 4. Korrekt installation af frekvensomformer. (Danfoss Drives A/S illustration)

Kabler

Forsyningskablet

Ved valg af kabler til forsyning af frekvensomformere skal fabrikantens anvisninger ubetinget følges. Dette gælder såvel frekvensomformerfabrikanten som kabelfabrikanten.

© EVU

Som udgangspunkt gælder, at spændingen på forsyningssiden er sinusformet, men dette er ikke tilfældet for strømmen. På grund af mellemlagerets DC-spænding på 1,41 x netspændingen går der kun ladestrøm til mellemlageret i de øjeblikke, hvor spændingsforskellen mellem to faser overstiger spændingen i mellemlageret. Dette medfører, at ladestrømmen er kraftigt pulserende, og en gennemregning af problemsættet medfører en formfaktor på mellem 2 og 3. Det betyder, at strømmen i tilgangskablet giver en varmeudvikling i kablet på 2 til 3 gange den varmeudvikling, som en sinusformet strøm ville afgive.

(Tabet = I^2 x R_1 x tiden)

Alt i alt betyder det, at DS/EN 60204-1 ikke er anvendelig til formålet. Det er udelukkende kabel- og omformerfabrikanternes anvisninger, der kan anvendes.

Motorkablet

Motorkablets strøm og spændingsforhold er uhyre komplicerede.

Spændingen målt på motorens klembræt udgør bølgetog af spændingsspidser på den fulde mellemlagerspænding. Frekvensen på denne spænding (frekvensomformerens switchfrekvens) ligger i størrelsesordenen 4.000 til 16.000 Hz.

Dette afgør, at PVC-isolerede kobberkabler er uanvendelige. PVC tager skade allerede ved 800 HZ.

Formfaktoren på strømmen og spændingen gør, at der sker en ekstra opvarmning af kobberet på ca. 40 %

Kablerne skal være skærmede. Dette starter et nyt problemsæt omkring EMC støj i KHz-, MHz- og GHz-områderne.

© EVU

Summa summarum:

I skrivende stund er den bedste løsning:

- et kabel med lederisolation af polyethylene en nogenlunde tæt skærm
- en splittet jordledningyderkappe af PVC samt en placering, således at vagabonderende støjstrømme ikke finder vej ind i støjfølsomt udstyr
- Kabeldimensionen skal som en håndregel være to størrelser større end gældende for sinusformet vekselstrøm af samme størrelse

DS/EN 60204-1 afsnit 8.2.8

Dette afsnit handler om dimensionering af jordledningen i ovennævnte kabler.

Jordledningen skal have et tværsnit af 10 mm^2 kobber eller 16 mm^2 aluminium.

Alternativ

Hvor faselederne har et tværsnit som er mindre end 10 mm^2 kobber eller 16 mm^2 aluminium, kan der anvendes jordledere af samme tværsnit som faselederne under forudsætning af, at der så findes en ekstra jordledning af samme tværsnit. Dette problem er samtidig løst med kablet med den splittede jordledning.

Husk. Der skal være en klemme for hver enkelt jordledning i hver ende af kablet.

Kortslutningsbeskyttelse

Der skal anvendes informationer fra fabrikanterne (frekvensomformer og kabel). Motorens startstrøm har selvfølgelig en betydning på primærsiden af frekvensomformeren, men ikke i samme grad som ved motorer direkte på nettet, hvor største startstrømstød kan nå op på 12 gange normalstrømmen.

Til gengæld har frekvensomformeren et temmelig voldsomt indkoblingsstrømstød på grund af det tomme

© EVU

mellemlager i indkoblingsøjeblikket. Derfor skal disse betragtninger med i billedet under valg af kortslutningsbeskyttelse. Det skal også med i betragtningerne, når koblingshyppigheden på primærsiden fastlægges - frekvensomformeren kan beskadiges af for hyppige koblinger.

Overstrømsbeskyttelse kan ikke anvendes på primærsiden af en frekvensomformer, da frekvensomformeren ved reduceret omdrejningstal på motoren altid vil optage en strøm, der er mindre end den nominelle strøm.

Tilsvarende vil en overstrømsbeskyttelse placeret på sekundærsiden af frekvensomformeren heller ikke kunne sikre motoren, da evt. længere tids drift, med høj belastning ved lave omdrejninger vil resultere i overophedning af motoren.

Nogle frekvensomformere har indbygget termisk overbelastningsbeskyttelse af motoren. Overstrømsbeskyttelsen skal aktiveres i parameteropsætningen. Det er ikke alle frekvensomformere, der har en effektiv overstrømsbeskyttelse indbygget og er derfor ikke nødvendigvis anvendelig som eneste beskyttelse.

Den bedste måde at sikre en effektiv beskyttelse af motoren er ved at anvende en motor med indbyggede termistorer, altså temperaturovervågning i motorviklingerne.

Overtrømsbeskyttelse af kabler

De fleste frekvensomformere har mulighed for at beskytte motoren mod overlast og overophedning på den ene eller anden måde, men det giver ikke ret til at formode, at det mellemliggende kabel er beskyttet.

Hvis motoren er beskyttet ved hjælp af termistorer, og den står passende koldt, er der fare for kabler, som er oplagt på varme steder, hvis de ikke er beskyttet med egnede midler.

© EVU

Beskyttelse mod indirekte berøring

Frekvensomformerne er normalt opbygget, så de enten er beregnet til en forsyningsspænding på 1/3x230V eller 3x400/480V.

I nedenstående skema er der en oversigt over, hvilke beskyttelsesanordninger der er tilladt, mærket ved +.

Forsyningsspænding	**1 x 230 V**	**3 x 400 V**
Nulling	+	+
FU afbryder	+	+
Direkte neutral jord	+	+
HPFI afbryder	+	-
Fejlstrømsafbryder med 2 sumstrømstransformere *	+	+
* fejlstrømsafbrydere med 2 sumstrømsafbrydere er med separat måling på AC og DC.		

Som det ses, er det altså *ikke* tilladt at anvende HPFI-afbrydere til beskyttelse mod indirekte berøring af frekvensomformere med 3-faset forsyning. Grunden til det er, at der ved ensretterbelastning opstår en DC-komposant på nettet. Denne DC-spænding vil forskyde tolerancerne i fejlstrømsafbryderen, og den vil ikke længere kunne afbryde inden for specificerede toleranceområder.

© EVU

EMC (Electro Magnetic Compatibility)

Frekvensomformere udsender generelt meget elektrisk støj, som vil kunne genere andet elektrisk udstyr. EMC handler både om immunitet og emission, altså støj ind i apparatet og ud af apparatet. Det efterfølgende vil kun omhandle emission, da producenten selv sørger for immuniteten af apparatet. Emission er udstrålestøj fra selve frekvensomformeren, men i høj grad også fra kablet mellem frekvensomformer og motor. Desuden sender en frekvensomformer støj tilbage på nettet. Følgende er kun en kort beskrivelse af gældende regler og må kun betragtes som en vejledning i valg af EMC filter og hvor ansvaret ligger, for at EMC-kravene er opfyldt.

Frekvensomformeres lækstrøm begrænser sig ikke alene til filtret. Kablerne og motoren deltager også med deres bidrag.

De regler, der gælder for frekvensomformere, er beskrevet i EN61800-3:4, som definerer 4 kategorier:

- **Kategori C1** - frekvensomformere, som tilsluttes i bolig eller kontormiljø med en forsyningsspænding under 1000 V. Produktet er at betragte som flytbar, altså tilslutning via stikprop, og må tilsluttes af alle.
- **Kategori C2** - frekvensomformere, som tilsluttes i bolig eller kontormiljø med forsyning en forsyningsspænding under 1000 V. Produktet skal være fastinstalleret og installeret og idriftsat af en professionel.
- **Kategori C3** - frekvensomformere, som tilsluttes i industrien med en forsyningsspænding under 1000 V.
- **Kategori C4** - frekvensomformere som tilsluttes i industrien med en forsyningsspænding lig med eller over 1000 V, eller hvis nominel belastningsstrøm er lig med eller over 400 A, eller kompleks anvendelse.

© EVU

Kategori	Grænseværdi
C1	EN55011, klasse B
C2	EN55011, klasse A, gruppe 1
C3	EN55011, klasse A, gruppe 2
C3, I>100 A	EN55011, klasse A, gruppe 2, I>100 A
C4	Ingen grænseværdi. Er under udarbejdelse

Hvis vi fx ser på kategori C2, er det altså tilladt at anvende en frekvensomformer med et EMC-filter, der er beregnet til installation i industrien. Men så længe den samlede installation, inkl. frekvensomformeren, opfylder kravene til kategori C1, er det i orden at installere en frekvensomformer med klasse A filter.

Ansvaret for, at EMC- direktivet er opfyldt, pålægges nødvendigvis **ikke** producenten, men derimod vedkommende, som installerer frekvensomformeren.

Producentens ansvar bortfalder ikke, men suppleres med ansvar til indbyggeren, hvis:

- Produktet sælges/distribueres til kunder, hvor denne ikke naturligt vil have EMC-kendskab. Frekvensomformeren installeres og bruges af lægmand. Et eksempel kunne være salg gennem byggemarkeder m.v.

Producentens ansvar bortfalder, hvis:

- Kunden estimeres at have teknisk kompetence til at installere og bruge produktet. Produktet installeres og bruges af professionelle. Et eksempel kan være en maskinbygger, der anvender frekvensomformeren, som er en del af en maskine, hvor maskinen som helhed skal overholde EMC-direktivet. Producenten skal medlevere en manual, som beskriver en EMC korrekt installation.

© EVU

- Kunde estimeres at have teknisk kompetence, fx grossister, el-installatører el. lign. Produktet installeres og bruges af professionelle. Her er det oftest elektrikeren, der har ansvaret for, at udstyret/anlægget som helhed opfylder EMC- kravene.

Producenten har delvis ansvar, hvis:

- Kunden estimeres at have teknisk kompetence til at installere og bruge produktet. Produktet installeres og bruges af professionelle. Hvis den nominelle belastningsstrøm er lig med eller over 400 A, og spændingen er lig med eller over 1000 V, så må kunde og producent i fællesskab aftale krav til opfyldelse af EMC- kravene. Kunden skal definere kravene og producenten oplyse om, hvad der teknologisk er muligt.

Som det ses, er det i næsten alle tilfælde, vedkommende, der installerer og idriftsætter, der har ansvaret for, at EMC-kravene er overholdt. Derfor er det vigtigt at følge anvisninger og instruktioner, herunder maksimal tilladelig kabellængde mellem frekvensomformer og motor.

Applikationer

Frekvensomformeren kan i dag anvendes bredt til trinløs hastighedsregulering af forskelligartede applikationer. For at kunne vælge en frekvensomformer er det vigtigt at have kendskab til applikationen. Meget groft opdeles belastningstyperne i konstantmoment applikationer, (Conveyor-systemer, snegle, save, miksere m.v.) og kvadratisk belastning (centrifugalpumper og ventilatorer).

© EVU

Næsten alle leverandører har frekvensomformere, som er specielt beregnet til henholdsvis konstantmoment- og kvadratisk belastning. Alternativt kan der anvendes en "universel" frekvensomformer, som tillader, at der kan anvendes en motorstørrelse, der er ét nummer større ved kvadratisk belastning end ved konstantmoment applikationer.

Ved centrifugalpumper og ventilatorer falder effektbehovet i 3. potens med omdrejningstalsreduktionen. Ved halvt omdrejningstal skal der kun tilføres C effekt. Ved at hastighedsregulere centrifugalpumper og ventilatorer kan der således spares meget energi.

Frekvensomformere kan i dag leveres med mere intelligente funktioner, såsom PID-regulator, PLC-funktioner, seriel kommunikation, synkronisering, positionering og frit programmerbare kort, som gør, at frekvensomformeren kan fremstå som et "stand alone"-system. Mange af funktionerne kan med fordel anvendes for at aflaste en PLC for mere resursekrævende funktioner.

Sikkerhedsrelaterede funktioner

Stopfunktionen

Hvis frekvensomformeren anvendes til sikkerhedsrelaterede funktioner, så som igangsætning af bevægelige dele, skal der sættes yderligere krav til komponenten.

Den sikkerhedsrelaterede udgangsfunktion er defineret ved, at det er den funktion, som standser bevægelsen ved aktivering af enten den pålidelige stopfunktion eller en hvilken som helst anden sikkerhedsrelateret funktion, så som nødstop, lågekontakter med videre.

Sikkerhedsrelateret programmering eller konfigurering.

Hvis enkelte parametre har indflydelse på maskinens sikkerhed, herunder funktionssikkerhed, skal den betragtes som sikkerhedsrelateret programmering i over-

© EVU

ensstemmelse med kravene i ISO 13849-1 eller IEC 62061.

Dette gælder maksimale hastigheder på værktøjer og minimale hastigheder på visse udsugningsaggregater og mange andre steder.

Idriftsætning

Frekvensomformere indeholder normalt flere hundrede parametre. Langt de fleste parametre er til at løse specielle funktioner, som de færreste nogensinde kommer til at anvende. Ved opsætning af parametrene i frekvensomformeren skal der kun fokuseres på lige netop den konkrete applikation. Fremgangsmåden kan være:

1. Indtast motordata (spænding, knækfrekvens, motorens nominelle omdrejningstal og strøm).
2. Anvend evt. automatisk motortilpasning.
3. Indtast minimum og maksimum frekvens som maskinen skal køre indenfor.
4. Indtast funktion for de digitale indgange og udgange, der skal anvendes.
5. Skalér analoge indgange og udgange, hvis de skal anvendes.

Herefter vil motoren kunne køre. Hvis der skal anvendes specielle funktioner, indtastes funktioner/værdier for disse.

Fejlfinding/måling

Almindelige måleinstrumenter kan ikke bruges til at måle spænding og strøm mellem frekvensomformeren og motoren, da switch-frekvensen (hastigheden hvormed udgangstrinnet arbejder med) afviger meget fra 50 Hz, som de fleste instrumenter er kalibreret til. De fleste instrumenter måler endda meget forkert. For at kunne lave korrekte målinger skal der anvendes specielle instrumenter. Såfremt frekvensomformeren har indbygget display, kan udlæsningsparametrene betragtes som værende labile.

© EVU

Frekvensomformeren som sikkerhedsrelateret afbryder

For det første er det vigtigt at erkende forskellen på en afbrydelse og adskillelse.

1. En **afbrydelse** sikrer, at en maskindel ikke får tilført energi, og at der kan arbejdes sikkert på maskinen af mekanikere. Dette medfører ikke, at al spænding er væk fra motorens klemkasse. Afbrydelse af to af tre faser er ikke smart, **men Maskindirektivet er overholdt.**
2. En **adskillelse** sikrer, at en maskindel er adskilt fra nettet og der kan arbejdes sikkert på maskindelen uden frygt for elektrisk stød.

Frekvensomformeren foretager en **afbrydelse**.

- I tilfælde af fejl på én af de styrede ensrettere i frekvensomformerens udgangstrin kan der komme til at stå en fast DC-spænding + eller - på motorens klembræt. Dette kan dog ikke forhindre motoren i at gå i stå, hvis der foretages en afbrydelse af styresystemet til de styrede ensretterkomponenter. Mange frekvensomformere har denne mulighed.
- I tilfælde af samtidig fejl på to af de styrede ensrettere i frekvensomformerens udgangstrin kan der komme til at stå en fast DC-spænding på motorens klembræt fra frekvensomformerens mellemlager. Denne faste DC-spænding vil optræde som bremsestrøm, og motoren vil standse øjeblikkeligt.

Ovenstående betyder, at ingen kombinationer af enkeltfejl eller to fejl i kombination kan forhindre frekvensomformeren i at fungere som afbryder.

Betingelsen er, at der ikke kan komme til at opstå interne fejlstrømme i frekvensomformerens forsyning til styresystemet til vekselretterstyringen.

Frekvensomformere, som tilfredsstiller dette krav, markedsføres som ***Fail safe*** med ***sikker stopfunktion***.

© EVU

Disse frekvensomformere kan med den rigtige installation efter fabrikantens anvisning anvendes som sikker udgang til den bevægelige del. Dog skal kravene i ISO 13849-1 eller IEC 62061 efterleves til opfyldelse af Maskindirektivets krav.

Frekvensomformere med funktionssikkerhed i de programmerede funktioner er på vej ind på markedet, men det er vigtigt, at den givne funktion er dokumenteret, fx:

- en sikker hastighed
- et sikkert moment
- en sikker bremsning
- en sikker rampe
- og meget meget mere

Det tyske arbejdstilsyn har udgivet en rapport BIA 5/2003 om sikker anvendelse af frekvensomformere.

Her kan der læses meget mere om sikkerhedsrelaterede anvendelser af frekvensomformere. Det danske arbejdstilsyn accepterer BIA's rapporter.

© EVU

Softstartere

Elektroniske softstartere anvendes i stigende grad til opstart af motorer, dels for at reducere startstrømmen, dels for at reducere den mekaniske stress på transmission og maskine. Dog er det ikke lige meget, hvilken softstarter der anvendes til forskellige typer applikationer.

Virkemåde

På samme måde som ved stjerne/trekant-starteren, vil softstarteren reducere spændingen i opstart. Dette sker ved, at der switches på sinuskurven, således at effektivværdien af spændingen gradvis bliver større og større, indtil thyristorerne, som softstarteren oftest opbygges af, er tændt hele tiden. Herved opnås en trinløs spændingsstigning i modsætning til stjerne/trekant-starteren, som kun reducerer spændingen med v3. Selve startspændingen, og dermed startmomentet, kan justeres trinløst. Softstarteren er en progressiv kontaktor, altså en kontaktor, der gradvist går mere og mere "ON".

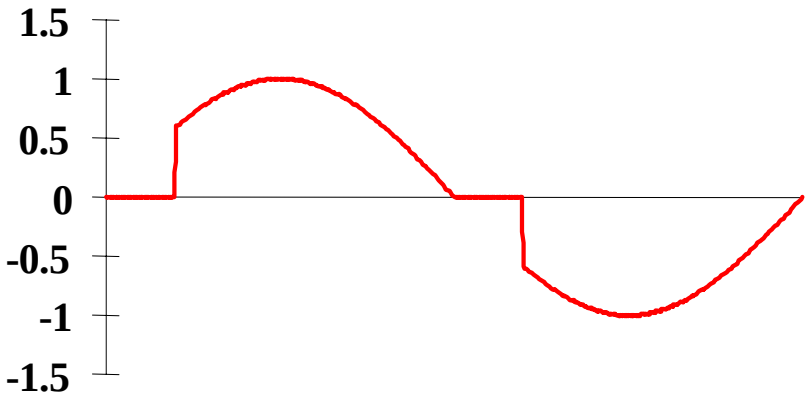


Fig. 1

Thyristoren virker på den måde, at den kan tændes på et hvilket som helst tidspunkt, men kan kun slukke, når strømmen går gennem nul. Se fig. 1.

© EVU

Opbygning

Softstartere opbygges på forskellige måder, afhængig af hvilke applikationer de er designet til at klare. De kan enten være opbygget, så de regulerer i én, to eller alle tre faser. Nogle er opbygget med tidsstyret rampe (også kaldet spændingsstyret rampe), andre med strømstyret rampe.

De 1-fasede typer, dvs. at der kun switches i én ud af de tre faser, anvendes kun i applikationer, hvor der ønskes en reduktion af den mekaniske påvirkning på maskinens mekaniske transmission. Denne type softstartere reducerer ikke startstrømmen nævneværdigt, den vil typisk ligge på over 85 % af den nominelle startstrøm.

De 2-fasede softstartere kan anvendes til langt de fleste industrielle applikationer. Startstrømmen må forventes at ligge på ca. 50-65 % af den nominelle startstrøm. I den fase, der ikke reguleres, vil strømmen under opstart være ca. 15 % højere i forhold til de to regulerede faser. I applikationer, hvor der forekommer start af applikationer med store inertimomenter og dermed lange opstartstider, er denne softstarter ikke optimal, da faseubalancen kan bevirke, at den termiske overbelastningsbeskyttelse vil koble ud (differentialudløsningen).

De 3-fasede softstartere er velegnet til alle typer applikationer. Startstrømmen vil typisk ligge på 35-50 % af den nominelle startstrøm. Denne type er velegnet til både almindelige motorapplikationer, men også hvor der er behov for start af motorer med store inertimomenter og lange opstartstider, fx i forbindelse med start af ventilatorer, svinghjul osv. Vær opmærksom på den termiske belastningsgrad, se under fig. 3 & 4.

© EVU

Spændingsstyret kontra strømstyret

De spændingsstyrede softstartere (også kaldet åbne sløjfer) styrer via en indbygget rampe, altså en indstillelig tid fra start til fuld "ON". Disse typer er langt de mest udbredte og kan anvendes til langt de fleste applikationer.

De strømstyrede (også kaldet lukkede sløjfer) virker på den måde, at der indstilles en tilladt startstrøm, og softstarteren vil herefter hæve spændingen, indtil strømgrænsen er opnået. Opstartstiden er afhængig af belastningen. De strømstyrede anvendes oftest på store motorer og i specielle applikationer, hvor der fx ønskes et kontrolleret stop. Dette ønskes ofte på spildevandspumper, da et for hurtigt stop kan resultere i brud på rørledning.

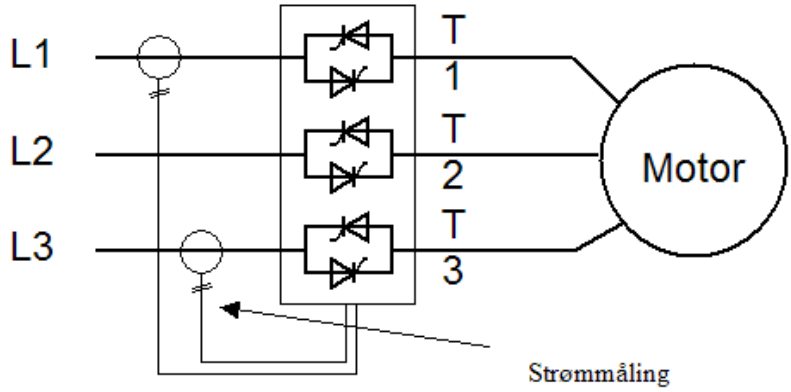


Fig.2

I de spændingsstyrede udgaver er der ingen strømmåling. Se fig. 2

Tekniske data

Producenter af softstartere skal opgive deres data iht. EN 60 947-4-2, som er den norm, der gælder for softstartere. Desværre opgives dataene ikke ens for softstartere uden anvendelse af bypass kontaktor og softstartere med anvendelse af bypass kontaktor (enten indbygget eller eksternt monteret).

© EVU

I databladene skal der opgives en x-Tx værdi som for:

Softstartere uden anvendelse af bypass kontaktor kan fx have en dataangivelse, der hedder 15A: AC53a: 8-3: 100-3000.

Dette betyder, at den er beregnet til:

- 15 A belastning (7,5 kW motor)
- AC53a betyder motorbelastning uden anvendelse af bypass kontaktor
- Kan klare 8 gange nominel strøm i 3 sekunder
- 100 % duty cycle
- 3000 tilladte antal starter pr. time

Softstartere med anvendelse af bypass kontaktor kan fx have en dataangivelse, der hedder **15A: AC53b: 6-6: 30.**

Dette betyder, at den er beregnet til:

- 15 A belastning (7,5 kW motor)
- AC53b betyder motorbelastning med anvendelse af bypass kontaktor
- Kan klare 6 gange nominel strøm i 6 sekunder
- 30 sekunders pause inden næste start

Det kan ofte være svært at finde disse data, alt afhængig af fabrikat, men de er meget væsentlige for korrekt dimensionering. Mange softstartere har et meget begrænset antal tilladte starter pr. time.

Termisk overbelastningssikring

Motorinstallationer skal overbelastningssikres. Dette gøres oftest med motorværn og eksterne sikringer eller med maksimalafbryder, som indeholder kortslutningsbeskyttelse og termisk overbelastningsbeskyttelse. Det er vigtigt, at softstarteren beskyttes af den termiske udløsekarakteristik, som standard er tripklasse 10, da der oftest ikke er indbygget beskyttelse i selve softstarteren.

© EVU

I fig. 3 kan tiden for samhørende overbelastningsgrader også aflæses. Fx kan der tillades en overbelastning på 8 gange den nominelle strøm i 3 sekunder eller 6 gange den nominelle strøm i 6 sekunder osv. ved tripklasse 10. Det er vigtigt, at softstarteren er dimensioneret således, at den kan modstå de intermitterende overbelastninger, der måtte optræde under start, herunder blokeret motor.

Minimum overbelastningsgrad (X) og samhørende tid (Tx)							
	X = 8	X = 7	X = 6	X = 5	X = 4	X = 3	X = 2
Kl. 10A	1,6	2	3	4	6	12	26
Kl. 10	3	4	6	8	13	23	52
Kl. 20	5	6	9	12	19	35	78
Kl. 30	7	9	13	19	29	52	112

Fig. 3.

Kortslutningsbeskyttelse

Alle motorinstallationer skal kortslutningsbeskyttes som nævnt enten med sikringer eller med maksimalafbrydere.

Kortslutningsbeskyttelsen kan udføres efter kortslutningskoordination type 1 eller 2. Type 1 beskytter installationen men ikke komponenterne. Type 2 beskytter både installation, og de installerede komponenter.

Hvor stor forsikring der kan anvendes til kortslutningsbeskyttelse, kan aflæses ud fra softstarterens tekniske data, angivet i I^2t. Fx svarer 1800 A^2s til, at softstarteren kan beskyttes med en 16 A D0 sikring (gL/gG). (Kortslutningsstrømmen skal kunne overstige 120 A for at beskytte på korrekt måde). Alternativt vil

© EVU

en maksimalafbryder under samme konditioner yde kortslutningsbeskyttelse iht. type 2. Så det er vigtigt at vælge en softstarter, der kan kortslutningsbeskyttes iht. koordination 2.

Omgivelsestemperatur

Softstarteren skal opfylde de specifikationer, der er beskrevet i produktnormen for softstartere EN 60 947-4-2. Her skal alle tekniske specifikationer oplyses ved en omgivelsestemperatur på 40 ºC. Hvis temperaturen overstiger denne temperatur, skal belastningen reduceres.

Softstartere har en varmeafsætning svarende til ca. 1W/A/reguleret fase. Det betyder, at der for en 3-faset reguleret softstarter med en belastning på 10 A optræder en varmeafsætning på ca. 30 W. I nogle tilfælde kan det være en fordel at montere en elektromekanisk kontaktor som bypass af softstarteren. Derved reduceres varmeafgivelsen væsentligt, og man undgår køling af tavlen eller sammenbygningen.

Nogle softstartere er med indbygget bypass kontaktor. Disse softstartere er kendetegnet ved, at de oftest ikke tillader ret store intermitterende belastninger, og at antallet af starter pr. time er begrænset. Desuden er det ofte vanskeligt at opnå en kortslutningsbeskyttelse iht. kortslutningskoordination type 2.

Ved valg af softstarter, er det vigtigt, at der tages højde for:

- Belastningsklassen
- Termisk overbelastningsbeskyttelse
- Antal starter pr. time.
- Kortslutningsbeskyttelse
- Omgivelser

© EVU

Softstarteren og dens applikationer

Softstartere er som nævnt designet til de forskellige applikationer, hvor de med fordel kan anvendes. I fig. 4 er der vist forskellige applikationer med tilhørende belastningsklasser: Let start 10A, Standard start 10, Tung start 20 eller meget Tung start 30, samt fordele ved anvendelse af softstartere. I tabellen er den typiske maksimalt forekommende startstrøm angivet, som måtte optræde under starten af motoren.

Som det fremgår af tabellen, kan langt de fleste applikationer kategoriseres inden for tripklasse 10, hvilket er den udløsekarakteristik termoudløsere og maksimalafbrydere leveres med som standard. Til applikationer med et stort løsrivelsesmoment er der i de fleste softstartere en funktion, der hedder en "kick-start" funktion. Det er en funktion, der gør, at softstarteren tillader motoren at starte med næsten fuldt startmoment i ca. 200 ms. Anvendes fx til kornsnegle o. lign.

Meget få applikationer falder ind under kategorien "meget Let start", altså tripklasse 10A. Tripklasse 10A kaldes tripklasse 5 i USA. De andre tripklasser hedder det samme.

Sikkerhedsrelaterede anvendelse af softstartere

Softstartere har ikke som frekvensomformere et mellemlager, hvor "rotationen" er fjernet fra energikilden. Det medfører, at softstartere ikke på samme måde kan anvendes i sikkerhedsrelaterede anvendelser.

Afhængigt af fabrikatet kan de leveres med indbyggede kontaktorer til afbrydelse og forbikobling. Afhængigt af fabrikantens oplysninger kan disse ingredienser anvendes sikkerhedsrelateret under iagttagelse af kravene i ISO 13849-2:2003

© EVU

Belastning - applikation	Belastningsklasse	Fordele ved anvendelse af elektronisk softstarter	Typisk startstrøm (% af I_N-motor)
Centrifugal-pumper	Standard klasse 10	Trykstød elimineres Længere levetid på rørsystemer, ventiler m.m.	300
Spildevands-pumper	Standard klasse 10	Trykstød elimineres Længere levetid på rørsystemer, ventiler m.m.	300-350
Positive pum-per	Standard klasse 10	Trykstød elimineres Længere levetid på rørsystemer, ventiler m.m.	300-400
Ventilatorer	Standard klasse 10	Tung start klasse 20 Mindre stress på kileremme og anden transmission	300
Lavtryksventi-latorer opstartstid >20-30 sek.	Tung start klasse 20	Reduceret startstrøm Mindre stress på transmission	300
Conveyor sy-stemer	Standard klasse 10	Ingen momentslag Mindre mekanisk slid	300
Rundsave, fræsere og høv-le	Standard klasse 10	Reduceret startstrøm Mindre stress på transmission	300
Båndsav	Standard klasse 10 Tung start klasse 20	Reduceret startstrøm Mindre stress på transmission	300
Miksere	Standard klasse 10	Reduceret startstrøm Mindre stress på transmission	350
Møller, kværne	Tung start klasse 20 - 30	Reduceret startstrøm Mindre stress på transmission	400-450

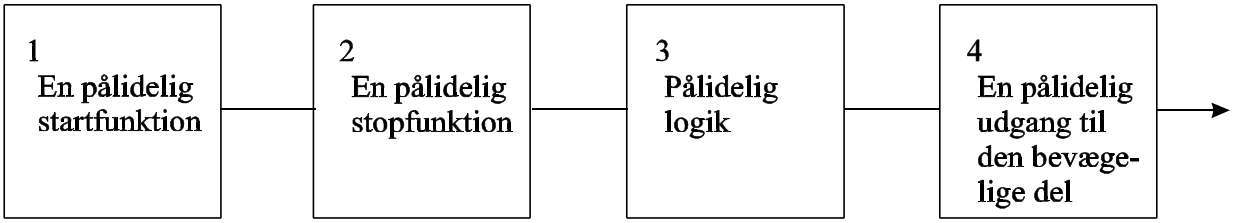
Fig. 4.

© EVU

Alle maskiner har et sikkerhedsrelateret styresystem.

For at få sammenhæng mellem kravene i Maskindirektivet i såvel gammel som ny udgave og kravene i de to nye standarder for sikkerhedsrelaterede styresystemer IEC 62061 og ISO 13849-1:2006 er det nødvendigt at få klarhed over, hvor denne del af styresystemet befinder sig.

Den sikkerhedsrelaterede del af styresystemerne skal designes i overensstemmelse med enten IEC 62061, som beskriver sikkerhedsrelaterede styresystemer som SRECS (safety related parts of control systems) eller ISO 13849-1:2006, som beskriver de sikkerhedsrelaterede dele af styresystemerne som SRP/CS (safety related parts of control systems) eller ved anvendelse af begge standarder. En udførlig gennemgang af metoderne er ikke indeholdt i denne håndbog, men der henvises til DS-Håndbog 116.3.1:2008 - Funktionssikre Maskiner, som bearbejder emnet indgående.



1 Den pålidelige startfunktion

Den pålidelige startfunktion er den funktion, som gør maskinen klar til igangsætning. Den kan på simple maskiner være en kombination af start og igangsætning (opstart).

En startfunktion tillader igangsætning

En opstartfunktion iværksætter igangsætningen

Sprogbruget i Maskindirektivet og de harmoniserede standarder (og de harmoniserede standarder imellem) er desværre ikke entydigt, men ovenstående er en rimelig fællesnævner for de verserende udtryk.

Den pålidelige startfunktion skal fungere. Det er et

© EVU

simpelt krav i Maskindirektivet, og dens pålidelighed skal stemme overens med den risikovurdering, som er udført for den pågældende maskine og det valgte ***performance level*** eller ***SIL-niveau.***

Maskiner, som ikke går i gang, når de bliver bedt om det, er farlige og har afstedkommet mange ulykker. Worst case er den maskine, som får et signal til igangsætning, og så først går igang, når operatøren er ved at undersøge, hvorfor den ikke gjorde det.

2 Den pålidelige stopfunktion

Enhver maskine skal være forsynet med en stopfunktion, som bringer hele maskinen (eller dele af den) til en sikker standsning. Der kan også være situationer, hvor denne funktion ikke skal bringe hele maskinen til stop, men til en sikker hastighed eller sikkert moment.

Et godt eksempel er skorstensventilatoren på et forbrændingsanlæg. Hvis den standses er der akut fare for røggaseksplosion og røgforgiftning.

Den pålidelige stopfunktion kan være en simpel trykknap (må ikke forveksles med nødstop), eller den kan være mere sammensat. Maskinens funktionsomskifter har en vigtig plads i denne funktion lige såvel som alle lågekontakter og alle andre personbeskyttende foranstaltninger.

1 og 2 Operatørens redskaber

Den pålidelige stopfunktion og den pålidelige startfunktion er operatørens redskaber til en sikker betjening af maskinen. Disse funktioner må absolut ikke forveksles med de sikkerhedsrelaterede funktioner, som er beregnet for den udsatte person - såsom nødstop. I visse C-standarder - fx EN 13570 for industrielle blandemaskiner i fødevareindustrien - er der detaljerede tegninger af udformningen af et sådant sæt. En god løsning er, at en klap hænger ned over begge trykknapper, således at en påvirkning af klappen giver en

© EVU

stopfunktion, og at en startfunktion ikke kan foretages uden at løfte klappen. Man ser denne funktion på mange mindre træbearbejdningsmaskiner og har i vid udstrækning forvekslet denne med en nødstopsfunktion.

3-Den pålidelige logik

Alle maskiner har én eller anden form for pålidelig logik. Den simpleste form er holdekontakten på kontaktoren i en stationær rundsav. Holdekontakten holder styr på, om der sidst er trykket på stop eller start. Samtidig sikrer holdekontakten, at maskinen ikke starter igen efter udfald af forsyningen.

De logiske funktioner kan selvfølgelig være en del mere komplicerede, især når der er tale om diagnostiske funktioner (tidligere kaldet overvågning). Så må PLC'er tage over.

Den pålidelige logik skal selvfølgelig have et pålidelighedsniveau, som mindst er på højde med kravene til den pågældende sikkerhedskreds.

4-Den pålidelige udgang

Den pålidelige udgang er den komponent, som overfører kræfterne til den bevægelige del på maskinen. Den traditionelle måde at identificere den på er, at det er den, som afbryder, når der trykkes på den pålidelige stopknap eller en hvilken som helst anden del af den pålidelige stopfunktion - lågekontakter, lysgitre, nødstop med videre.

Den pålidelige udgang kan fx være

- Kontaktorer
- Magnetventiler
- Frekvensomformere

© EVU

- Solid state relæer
- og andet

Fælles for dem alle gælder, at de skal være i overensstemmelse med det krævede pålidelighedsniveau for den sikkerhedsrelaterede del af denne styring. Kravene i ISO 13849-2 skal være overholdt.

Nødstop

Lovens krav til nødstop:

Maskindirektivet 37/98/EF (udpluk af bilag 1.2.4)

Alle maskiner skal have nødstop!

Dette krav gælder ikke for maskiner, hvor risikoen ikke kan formindskes ved montage af et nødstop (med videre).

Maskindirektivet 2006/42/EF (udpluk af bilag 1.2.4)

Nødstopsanordningen skal supplere andre sikkerhedsforanstaltninger og ikke erstatte dem.

Når den pålidelige startfunktion, den pålidelige stopfunktion, den pålidelige logik, og den pålidelige udgang er korrekt designet, dimensioneret og konstrueret, så tilføjer nødstoppet ikke så meget som et lille gran af sikkerhed i operatør- /maskinesammenhængen.

Nødstoppet er til den ekstraordinære situation. 4 eksempler:

1) I lufthavnens ankomsthal begynder en hyletone eller en klokke at kime. Alle er nu klar over, at der kommer kufferter. Henne på båndet sidder Bedste sammen med to børnebørn og kan ikke rejse sig. Nu skal det være muligt for andre at nå et nødstop og forhindre, at maskinen sættes i gang
2) Alle maskiner har et respektområde, hvor kun operatøren hersker. Hvis to helt forskellige maskiner med helt forskellige krav til uddannelsen af operatøren opstilles således, at deres respekt-

© EVU

områder overlapper, kan der være behov for nødstop på begge maskiner.

3) Hvis der i en given C-standard er krav om nødstop.

4) Ved sammenbygning af CE-mærkede maskiner til en linie. I denne sammenhæng tilrådes det at anvende EN/ISO 11161, som netop omhandler dette emne.

Krav om functional safety

Hvad er functional safety?

Når det "popsmarte" er taget ud af begrebet, drejer det sig om at opfylde et par oversete afsnit i Maskindirektivets bilag 1. I forkortet udgave handler det om, at maskiner skal fungere fra det øjeblik, der trykkes på startknappen, til maskinen standses ved tryk på stopknappen. Hvis maskiner går i stå i den mellemliggende periode på grund af nedbrud, er det, fordi brugsanvisningen vedrørende forebyggende vedligehold ikke har været tilstrækkelig (hvem husker fx at skrive, at en kontaktor til en rundsav skal være 100 % overdimensioneret, og at levetiden er 10 % af kontaktorfabrikantens oplysning?).

En anden indfaldsvinkel: Ca. 80 % af alle arbejdsulykker ved maskiner sker, fordi maskiner driller og operatørerne bliver kreative. Ulykker sker kun sjældent, fordi det sikkerhedsrelaterede udstyr svigter!!

Maskindirektivet Bilag 1.3.7. Uddrag

Der bør træffes alle nødvendige foranstaltninger til at hindre standsning af de bevægelige arbejdsdele. I tilfælde af at der trods de forholdsregler, der er truffet alligevel kan indtræde standsning, skal særlige beskyttelsesanordninger, særligt værktøj, brugsanvisningen og evt. en angivelse på maskinen tilvejebringes af fabrikanten, således at det er muligt på ny at igangsætte de pågældende dele uden fare.

© EVU

Maskindirektivet bilag 1.6.1. Uddrag

Maskindele, der ofte skal udskiftes på automatiske maskiner, bl. a. på grund af en ændring i produktionen, eller fordi de ikke er slidstærke eller vil kunne beskadiges som følge af et uheld, skal let og sikkert kunne af- og påmonteres. Der skal være adgang til disse dele, således at opgaverne kan udføres med de nødvendige tekniske hjælpemidler (værktøj, måleudstyr osv.) efter den fremgangsmåde, der er fremsat af fabrikanten

Maskindirektivet 2006/42/EF

Der er foretaget ændringer i teksten, men ikke i indholdet.

De to nævnte afsnit sammen med resten af Maskindirektivet understreger kravet om ***funktionssikre maskiner***.

DS Håndbog 116.3.1:2008 bearbejder emnet ***funktionssikre maskiner***

Risikovudering

Der skal foretages risikovurdering før, under og efter design og konstruktion af maskiner.

- Den første meget vigtige del af en maskines tilblivelsesproces er at fastslå maskinens udstrækning og begrænsninger.
- Derefter skal risikoen analyseres.
- Der skal evalueres.
- Risikoen skal reduceres.
- Der skal foretages fornyet evaluering.
- Hermed er der foretaget risikovurdering.

Løbende under designet og konstruktionen skal ovenstående punkter evalueres.

Senest ved afslutningen af en proces og gerne løbende igennem processen skal der foretages

- Verificering og
- validering.

© EVU

Verificering og validering

Verificering betyder, at det kontrolleres, om der er overensstemmelse mellem den konstruerede maskine og dens tilhørende dokumentation.

Validering betyder, at det kontrolleres og afprøves, om maskinen er i overensstemmelse med valideringsdokumenterne.

Valideringsdokumenterne kan være

- Kundekravspecifikationen
- Sikkerhedskravspecifikationen
- Maskindirektivet
- ISO 13849-2:2003
- Andre krav.

Verificering og validering skal foretages af uafhængige personer, og graden af uafhængighed skal være i overensstemmelse med kravet til pålideligeheden for den sikkerhedsrelaterede del af maskinens styresystem.

Disse uafhængighedskriterier bliver klarere beskrevet med udgivelsen af den nye ISO 13849-2, når den kommer.

I DS - Håndbog 116.3.1:2008 ***Funktionssikre maskiner*** kan der læses mere om emnet.

Styring af functional safety

For at leve op til kravet om ***functional safety*** i Maskindirektivet og de nye sikkerhedsrelaterede standarder er maskinfabrikanter og til en vis grad også maskinernes ejere nødt til at nedsætte en ***functional safety arbejdsgruppe.*** Vi taler om en lille kerne af personer, som til deres møder har ret til at indkalde enhver, som har berøring med en given maskine i hele maskinens levetid, således at alle aspekter vedrørende maskinens sikkerhed kan blive belyst.

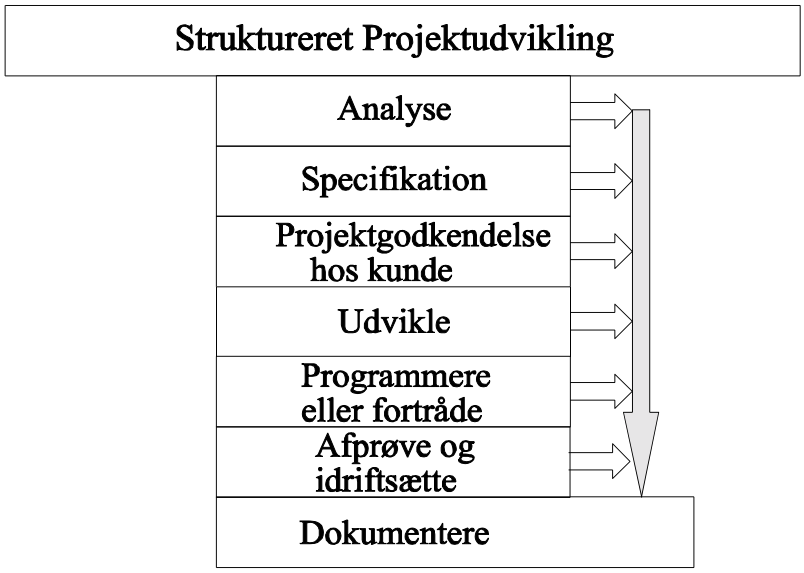
© EVU

 © EVU

Indledning

Sikkerhedsrelaterede overvejelser.

Uanset dette gælder kravene i de harmoniserede standarder. Det betyder, at en væsentlig del af projekteringen kommer til at indeholde risikoanalyser og vurderinger. For denne del af projekteringen gælder, at processen skal gentages, indtil der ikke bliver flere ændringer under processen. ISO 14121 er en harmoniseret standard under Maskindirektivet, og den er et ualmindeligt godt værktøj i denne sammenhæng.



© EVU

Struktureret Projektudvikling

1. Analyse Start med at fastlægge det fysiske anlæg, hvad er det, der skal styres? Hvilke elementer består anlægget af, og hvordan skal anlægget betjenes?	**Projektet**	Fysiske elementer	Skitse og beskrivelse
		Operatørflader	Skitse og beskrivelse
2. Specifikation Hvordan skal funktionen for anlægget være, er det muligt at dele styringen i overskuelige blokke? Hvilke styringskomponenter skal anvendes til denne konkrete opgave? Hvilke signaler skal styringen modtage og afsende?	**Funktionshierarki**	Skitse	Blokskema
		Beskrivelse	Blokfunktion
	Styresystem	Relæstyring	Typer, antal & bestykning
		PLC-styring	Model forslag & bestykning
	Signalliste **I/O-liste**	Digitale	in,out,bits
		Analoge	in, out, words
		Blokke	timere, countere
		Kommunikation	
3. Udvikle Hvordan udføres styringen i den enkelte blok, hvad er ind- & udgangssignaler og hvordan er processen (den logiske funktion).	**IPO-diagrammer**	Funktionsblokke	Logisk beskrivelse
	Sekvensdiagrammer	Procesforløb	IEC 61131.3 eller IEC 61848
4. Programmere eller fortråde Lister og diagrammer til den elektriker, der skal fremstille styringen med de valgte komponenter.	**Monteringslister**	Styre-\hovedsstrømskema	Kabel, lednings- og klemmenummerering
	PLC-programmering	Kombinatorisk logik	Programmer opdelt i funktionsblokke
		Sekventiel logik IEC 848	Indgangslogik, sekvenskæde & udgangslogik
5. Afprøve & idriftsætte Hvilke realistiske fejl er mulige i den konkrete opgave, er funktionen korrekt og sikker mod fejlbetjening? Få en anden person til at betjene anlægget.	**Fejlmuligheder**	Elektrisk/Mekanisk	Beskrivelse og test
	Sikkerhedskredse	Stærkstrømsdel	Beskrivelse og test
	Funktion	Automatisk/Manuel	Beskrivelse, blok- og systemtest.
6. Dokumentere For hvert af de foregående punkter skal der løbende dokumenteres, hvad der er besluttet. Husk at få dokumentationen pkt.1-3 godkendt af brugeren (den der har bestilt den konkrete opgave), inden der begyndes på pkt. 4. Programmere/fortråde, ellers risikerer man at skulle til at lave arbejdet om igen. Med en god styring, afleveres komplet dokumentation og brugervejledning for de personer, der skal betjene anlægget.			Indholdsfortegnelse & samtlige beskrivelser fra pkt 1-5. Manualer og medleveret dokumentation for de komponenter, der indgår i projektet.

© EVU

1. Analyse (generelt)

Start med at foretage en tilbundsgående analyse af det fysiske anlæg. Til analysen skal anvendes de tegninger, skitser og beskrivelser, der findes for anlægget. Hvis der ikke findes noget materiale til det konkrete projekt, må underleverandøren selv i gang med at skitsere og beskrive. Omfanget af dette arbejde kan være svært at beskrive entydigt, men hvis nedenstående spørgsmål er besvaret, så er der et godt grundlag at arbejde videre på.

Hvilke elementer består anlægget af?

Er der en naturlig fysisk opdeling mellem de forskellige elementer?

Hvilke motorer, ventiler, lamper mv. skal styres?

Hvilke signaler modtager styringen fra de forskellige aftastere, følere, trykknapper eller måske fra andre anlæg?

1.1 Produktansvar.

Et orkester uden dirigent slipper sjældent godt af sted med et godt resultat. Det samme gælder, hvis underleverandører selv begynder at beskrive en kravspecifikation til et maskinanlæg.

Det er et ubetinget krav, at maskinfabrikanten skal skrive kravspecifikationen til underleverandøren. Underleverandøren kan være behjælpelig med denne svære proces, men han kan ikke udføre arbejdet alene, og i den sidste ende har maskinfabrikanten alligevel sin del af ansvaret, nemlig det overordnede ansvar.

Hvis underleverandører sætter sig ved tag - selv- bordet, kan det medføre uoverskuelige konsekvenser med produktansvar med videre.

© EVU

1.2 Sikkerhedsrelaterede overvejelser

Sikkerhedsrelaterede styresystemer er beskrevet i DS/EN/ISO 13849-1:2007 og DS/EN/IEC 62061:2005

Det er vigtigt at få styr på, hvilke dele af styresystemet der har sikkerhedsrelaterede funktioner, idet begge standarder sætter forøgede krav til disse styresystemer (læs mere i **Funktionssikre Maskiner. *Hvad er meningen?*** DS håndbog 116.3).

De sikkerhedsrelaterede funktioner kan grupperes i følgende.

- Den sikre startfunktion
- Den sikre stopfunktion
- Den sikre logik
- Den sikre udgang til den bevægelige del

Nødstoppet er et supplement til de sikre funktioner og ikke som tidligere beskrevet ***den sikre funktion***.

En hjælp til identificering af de sikre funktioner:

De dele, som er aktivt medvirkende til at få ovenstående funktioner til at fungere, er: ***den sikkerhedsrelaterede del af maskinens styresystem*** i overensstemmelse med de to harmoniserede standarder.

2. Specifikation (generelt)

I denne anden fase skal funktionen for anlægget specificeres. Undersøg om det er muligt at dele funktionen for anlægget i mindre delfunktioner. Lav en skitse der illustrerer de enkelte delfunktioners (blokkes) sammenhæng. Til forklaring af funktionen beskrives indholdet i de enkelte blokke og sammenhængen med de underliggende blokke.

På dette tidspunkt skal det fastlægges, hvilket styresystem der skal anvendes til den konkrete opgave. Om det skal være en relæ- eller en PLC-styring. Det har betydning for de komponenter, styringen skal realiseres med.

© EVU

Det vil være naturligt, at styringen overordnet adskilles i to blokke: En styringsdel og en effektdel.

I styringsdelen sammenkobles alle indgangsignalerne med de komponenter, der foretager styringen af hjælperelæer eller PLC. Det er i denne del, at funktionen skal forklares så entydigt som muligt. Brug de logiske udtryksmåder og (and) eller (or) & ikke (not) for at beskrive, hvilke signaler der forårsager indkobling eller udkobling af de forskellige tilstande i styringen.

I effektdelen sammenkobles styringen med udgangssignalerne. Det er her sikkerhedskredse sammenkobles med den øvrige styring.

Efter valg af styresystem og beskrivelse af funktionen er det muligt at fremstille en stykliste for de komponenter, der skal indkøbes til projektet. Denne liste skal indeholde oplysning om komponenttype; er det en kontaktor til hovedstrøm eller en hjælpekontaktor; hvilken strøm og spænding kan det enkelte kontaktsæt blive udsat for, og hvad er spændingen til spolen?

Hvis der ikke er foretaget en opdeling mellem de sikkerhedsrelaterede funktioner og alle de andre, skal hele projektet betragtes som sikkerhedsrelateret og tilfredsstille kravene til sådanne.

Signalliste (Input/Output liste)

Analysen afsluttes med at udfylde en signalliste, der indeholder de indgangs- og udgangssignaler, der er nødvendige for, at styringen kan realiseres.

© EVU

3. Udvikle (generelt)

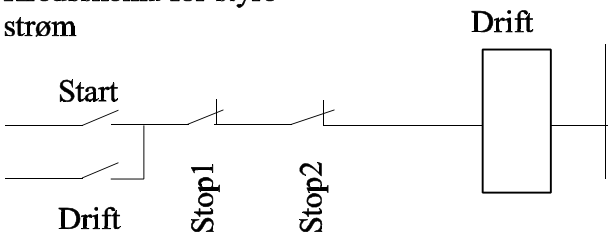
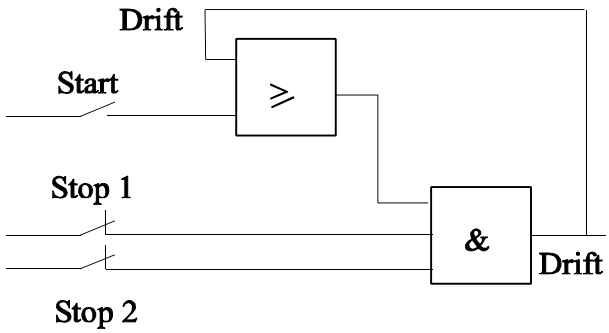
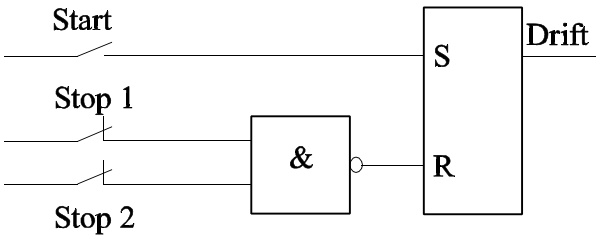
I den 3. fase skal der udvikles et Input Proces Output diagram (IPO-diagram) for hver blok. Hvordan udføres styringen i den enkelte blok, hvad er ind- & udgangssignaler, og hvordan er processen (den logiske funktion)?

De logiske funktioner kan være OG (AND) funktioner, der svarer til serieforbindelse af de forskellige signaler. Det kan også være ELLER (OR) funktioner, der svarer til parallelforbindelse af de forskellige signaler. I mange styringer vil det være en kombination af de logiske funktioner, og det vil ofte være nødvendigt med IKKE (NOT) funktioner, hvor signalerne skal anvendes med den omvendte logiske værdi (0/1).

Mange styringer vil indeholde funktioner med hukommelse, hvor en kombination af signaler giver et START (SET) signal. Denne funktion fastholdes ved hjælp af et selvhold eller som en set/reset funktion, indtil en kombination af signaler giver et STOP (RESET) signal, der udkobler funktionen.

Dette arbejde kan laves i skemaform, hvor Input og Output signalerne hentes fra signallisten. Processen kan beskrives som almindelig tekst eller skemaform.

© EVU

IPO-diagram	Stærkstrøm	
Input	**Proces**	**Output**
Stop 1 Stop 2 Start	Kredsskema for styre-strøm 	Drift
Stop 1 Stop 2 Start	Logikskema (holdefunktionsprincip) 	Drift
Stop 1 Stop 2 Start	Logikskema (set-reset princip) 	Drift

© EVU

4. Programmere eller fortråde (generelt)

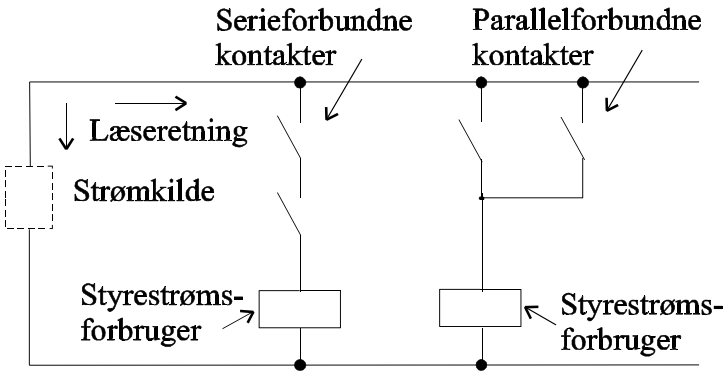
For den el-tekniker, der skal forbinde de komponenter, styringen skal realiseres med, er det nødvendigt med en god og entydig dokumentation. Ved relætekniske løsninger vil det være en god ide med et styrestrømskredsskema for hver blok, svarende til den funktion der er beskrevet i IPO-diagrammet. For at vise sammenkoblingen med motorer, ventiler, varmelegemer m.v. skal der tegnes et hovedstrømsskema.

Kredsskemaets formål er med enkle symboler at illustrere sammenkoblingen af de komponenter, der skal anvendes. Symbolerne viser ikke komponentens konstruktion, men forsøger på en enkel måde at vise funktionen af komponenten. De symboler, der anvendes i dag, skal være lette at tegne, huske og forstå.

Symbolerne kan deles i to grupper: Styrestrømsforbrugere og kontakter. Disse symboler placeres mellem to vandrette linier, der symboliserer forsyningen til kredsløbet. De komponenter, der forbruger styrestrøm, er spolerne i kontaktorer og relæer samt magnetventiler og signallamper m.v. Disse placeres normalt forneden med den ene side forbundet til forsyningens nulleder.

De forskellige kontakter placeres øverst og kan sammenkobles som serie- eller parallelforbundne kredsløb, der aktiverer funktionen nederst.

Et styrestrømskredsskema skal læses fra venstre mod højre og fra oven og nedefter. Al bevægelse er fra venstre mod højre, og kontakterne tegnes normalt i strømløs tilstand med de enkelte signalgivere upåvirket.



© EVU

Hovedstrømsskema er normalt et flerstregsskema over effektkredsene, der viser sammenkoblingen mellem forsyningspændingen, normalt 3 x 400 V, og de enkelte motorer og varmelegemer eller 230 V forsyning til ventiler, lamper, lydgivere m.v.

5. Afprøve & idriftsætte (generelt)

Ved struktureret projektudvikling er fremstillingen af den endelige styring startet i toppen og slutter med fortrådning af de enkelte blokke i bunden. Det anvendte system kaldes "Top-Down". Det skal nu vise sig, hvor godt det er lykkedes. Hvis der viser sig fejl eller forkerte funktioner på dette tidspunkt, kan det ofte føres tilbage til, at det forudgående arbejde er udført for dårligt. Det vil ofte være tidskrævende og kostbart at ændre på funktionen af de enkelte blokke under afprøvningen. Det er derfor vigtigt, at brugeren/køberen af styringen har godkendt funktionen, inden der er startet på fortrådningen og/eller programmeringen af selve styringen.

Når resultatet skal afprøves og idriftsættes, anvendes det modsatte princip "Buttom-Up". Først afprøves, om de enkelte signaler når frem i bunden af styringen, derefter de enkelte blokke og til slut betjeningen af styringen.

Det betyder, at alle signalgivere, følere og aftastere undersøges, hvorvidt de giver de forventede signaler. Når denne afprøvning af de enkelte signalgivere er færdig, fortsættes med afprøvning af de enkelte blokke, styringen består af. Der startes med den første blok og afprøvningen sker i den rækkefølge, som de enkelte blokke indgår i den endelige styring.

Hvis de enkelte blokkes funktion er korrekt, skal det undersøges, om betjeningen af anlægget kan give anledning til fejlfunktion. I denne fase er det en god idé at lade en fremmed person betjene anlægget, herunder skal også undersøges mulighederne for fejlbetjening, fx frem/bak eller auto/manuel samtidig. Ligeledes skal

© EVU

det afprøves, om de sikkerhedmæssige spærringer er i orden, og at funktionen af termofejl, nødstop og spændingsudfald er udført efter de gældende regler.

Hvis der under afprøvningen viser sig fejl, er det nødvendigt at gå tilbage og foretage de nødvendige ændringer for derefter at arbejde sig frem gennem de efterfølgende strukturer for til sidst at foretage en ny afprøvning fra bund til top.

5.1 Maskindirektivets krav til verificering og validering

De harmoniserede standarder ISO 13849-1, ISO 13849-2 og IEC 62061, som i overvejende grad afspejler Maskindirektivets krav, lægger faste rutiner vedrørende verificerings- og valideringsprocessen.

5.1.1 Verificering.

Verificering består i at kontrollere, om det maskinanlæg, som er blevet produceret, er i overensstemmelse med dets tekniske dokumentation. Et væsentligt bidrag til processen er nævnt i DS/EN 60204-1:2006 afsnit 18. Verificeringen kan starte tidligt i processen og skal under alle omstændigheder være afsluttet før valideringsprocessen kan afsluttes.

© EVU

5.1.2 Validering

Den afsluttende handling. Eksamen for maskinen.

For at en validering kan foretages, skal der lægges et valideringsgrundlag. Valideringsgrundlaget skal fastsættes som det første i processen, efter at sonderingerne mellem kunde og maskinfabrikant er afsluttet. Man kan ikke sejle et skib uden at have et mål.

Dette kan fx være:

Maskindirektivets krav

ISO 13849-2:2003

Kundekravspecifikation

Andre internationale standarder

Valideringen kan begynde tidligt i processen og kan være medvirkende til afsløring af uoverensstemmelser med valideringskravene på et tidligt tidspunkt, således at de kan blive rettet, før det bliver kostbart. Valideringen skal være afsluttet, inden der kan skrives overensstemmelseserklæring, og maskinen kan CE-mærkes.

5.1.3 Uafhængighedskriteriet

Verificering og validering skal foretages af uafhængige personer. Graden af uafhængighed skal afspejle sikkerhedsintegritetsniveauet. Følgende er taget fra et forslag til anneks i ISO 13849-1 og 2 samt IEC 62061.

Performance level a til c samt SIL1: Uafhængig person

Performance level d og SIL 2: Uafhængig afdeling

Performance level e og SIL 3: Uafhængig organisation

© EVU

6. Dokumentere (generelt)

Ved afslutning af et udviklingsarbejde skal der fremstilles en dokumentation, der indeholder alle de faser, der er gennemgået under forløbet. Hvis alt er beskrevet tidligere, skal dette blot samles til den endelige dokumentation. Der er måske brug for at lave en indholdsfortegnelse, så det er til at finde rundt i papirerne. Alle de vejledninger og manualer der er leveret sammen med de enkelte komponenter i styringen, skal medtages som bilag i dokumentationen.

Af hensyn til de personer der skal betjene anlægget, bør der fremstilles en betjenings- eller brugervejledning, der på en enkel og overskuelig måde fortæller, hvad der skal gøres.

Husk, at til en god styring hører en god dokumentation, der afleveres til brugeren sammen med anlægget.

6.1 Maskindirektivets krav.

Kravene til det tekniske dossier findes i Maskindirektivet.

Alle tegninger, skemaer med videre, som er nødvendige for konstruktion af maskinen, er en del af det tekniske dossier.

Dette gælder også for brugsanvisningen.

En overset detalje er rapporter over fejlretninger undervejs. Det er uhyre vigtigt at gemme alt, hvad der kan dokumentere alle de fejl, der har været undervejs, samt hvorledes man kom ud af dem. I en given retssag er det vigtigt, at det kan bevises, at man har gennemlevet en proces, og at den aktuelle maskine er et produkt af denne proces.

© EVU

2. Specifikation (PLC-styring)

Mange styringer vil i fremtiden være forsynet med en eller anden form for programmerbart styresystem. Med det nuværende prisniveau på de små PLC'er vil en styring, der indeholder nogle få tids- og hjælpefunktioner, være billigst at fremstille med en PLC. Samtidig får man også nogle udvidelsesmuligheder og en fleksibilitet i styringen, som ikke er mulig med relæteknik.

En standard PLC er ofte opbygget med 24 V DC indgange og potentialfri relæudgange, der kan belastes med 2 A. Forsyningen til selve PLC'en er ofte 230 V AC, men kan også være 24 eller 48 V AC eller DC.

3. Udvikle (PLC-styring)

Hvis projektet skal realiseres med PLC- teknik, er det muligt at anvende kombinatorisk logik eller sekvensteknik. Ved kombinatorisk logik forstås en løsning af opgaven med normale logiske blokke, der føler på de forskellige signaler i styringen. Ved sekventiel logik forstås her en struktur i styringen, hvor de forskellige hændelser sker i rækkefølge efter hinanden. Fordelen ved sekvensteknikken er, at styringen kun føler på det signal, som giver adgang til næste hændelse. Det betyder, at styringen er meget mindre sårbar over for fejl på grund af et utilsigtet signal fra anlægget.

© EVU

 © EVU

Teknisk dokumentation

Teknisk dokumentation har ændret sig.

Tidligere var maskindokumentation noget, den samvittighedsfulde maskinleverandør lavede og medleverede for at understrege kvaliteten af sit produkt og lette brugerens daglige brug og servicering af maskinen. Dette er selvfølgelig stadig tilfældet, men i dag er det samtidig et spørgsmål om opfyldelse af en række internationale bestemmelser.

I det følgende behandles den del af den krævede dokumentation, der omhandler maskinens elektriske udrustning.

DS/EN 60204-1

De overordnede krav findes i Maskindirektivet.

DS/EN 60204-1 er en harmoniseret standard, som er under fortsat udvikling. I 2006 blev nuværende version udgivet som det, den er - en europæisk standard, harmoniseret under Maskindirektivet.

(Ved den lejlighed fik vi aflivet myten om en stærkstrømsbekendtgørelse på maskinområdet). Det betyder, at de metoder, der er beskrevet i standarden, må give formodning om overholdelse af en række krav i maskindirektivet - nærmere præciseret i anneks zz i standarden.

Standarden er et aftaledokument, og det er, jævnfør anneks B og F i standarden, nødvendigt at foretage valg og fravalg ved anvendelse af standarden for at tilpasse kravene til den enkelte maskine.

Generelt ifølge DS/EN 60204-1

Den information der er nødvendig til installation, betjening og vedligeholdelse af en maskines elektriske materiel, skal leveres i form af tegninger, skemaer, grafer, tabeller og instruktioner. Informationen skal være på et sprog, der er aftalt. Dog mindst maskinfabrikantens og brugerens.

Den medleverede dokumentation kan variere med det elektriske materiels kompleksitet. Til meget simpelt

© EVU

materiel kan den relevante information være i ét dokument, forudsat at dokumentet viser alle det elektriske materiels indretninger og gør det muligt at foretage forbindelserne til forsyningsnettet.

Leverandøren skal sikre, at den tekniske dokumentation, der er angivet her, leveres sammen med hver maskine.

Information, der skal medleveres

Den information, der skal leveres sammen med det elektriske materiel, skal omfatte følgende:

a) En klar, omfattende beskrivelse af materiellet, installationen og monteringen samt tilslutningen til den elektriske forsyning.

b) Krav til den elektriske forsyning.

c) Information om det fysiske miljø, fx belysning, vibration, støjniveauer og forurenende stoffer i atmosfæren, hvor det er relevant.

d) Oversigtsskemaer (blokskemaer), hvor det er relevant.

e) Kredsskemaer af styre- og hovedstrøm.

f) Information (hvor det er relevant) om følgende:

   1. Programmering
   2. Funktionsrækkefølge
   3. Hyppighed af eftersyn
   4. Hyppighed af og metode til funktionsprøvning
   5. Vejledning i justering, vedligeholdelse og reparation, især af beskyttelsesindretningerne og -kredsene
   6. Stykliste og anbefalet reservedelsliste

g) En beskrivelse, herunder ydre forbindelsesskemaer, af beskyttelsesmidlerne, tvangskoblingsfunktionerne og tvangskoblingerne af afskærmninger mod potentielt farlige bevægelser

© EVU

h) En beskrivelse af sikkerhedsforanstaltningerne og de midler, der om nødvendigt skal anvendes til at sætte sikkerhedsforanstaltningerne ud af funktion, fx ved manuel programmering eller programverificering

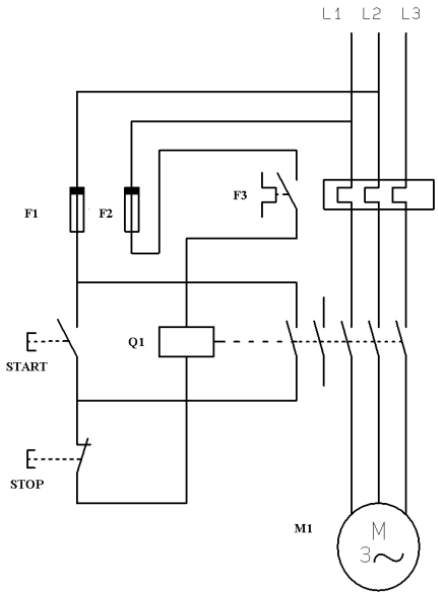
Vær i øvrigt opmærksom på udviklingen i EN 60204-1, som løbende moderniseres.

Tegnemåder

I standarden fastlægges forskellige tegnemåder for komponenter og forbindelser i skemaer.

Samlet tegnemåde:

Tegnemåde, hvori de enkelte dele af et sammensat symbol er anbragt samlet.



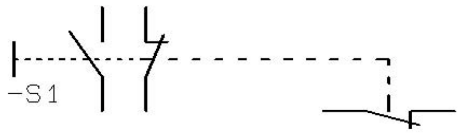
Dette diagram er medtaget for at vise, hvor galt det kan gå, når det går rigtigt galt.

1. Stop- og startkontakter i 400 V udgave er uhyre sjældne.
2. Der er stor fare for fejlstrøm.
3. 400 V skal afbrydes ved en pol i hver leder, også styrestrømmen

© EVU

Bunden tegnemåde:

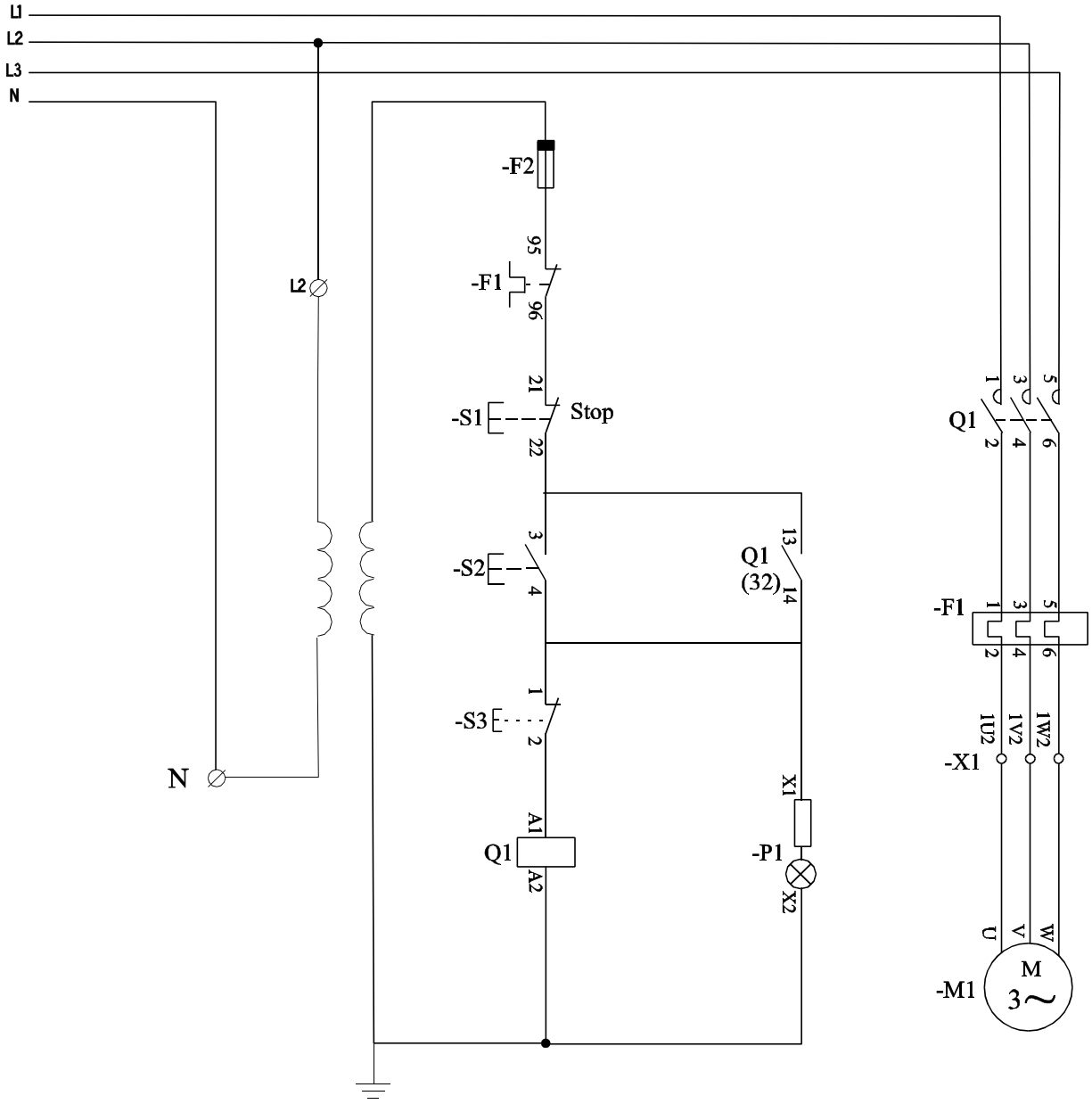
(Som hovedregel bruges denne term om komponenter, som har en mekanisk, funktionel, forbindelse). Tegnemåde, hvori symbolets enkelte dele er trukket ud fra hinanden i skemaet for at opnå et klart overblik over kredsløbet, og hvor delene er vist mekanisk forbundet med hinanden med symbolet for funktionel forbindelse.



 © EVU

Spredt tegnemåde:

(Bruges om komponenter, som har en funktionel forbindelse). Tegnemåde, hvor symbolet er delt op i sine bestanddele med hver del placeret adskilt i skemaet. Dette gøres for at opnå det klarest mulige layout af kredsløb, idet delene sammenknyttes ved hjælp af deres referencebetegnelser.

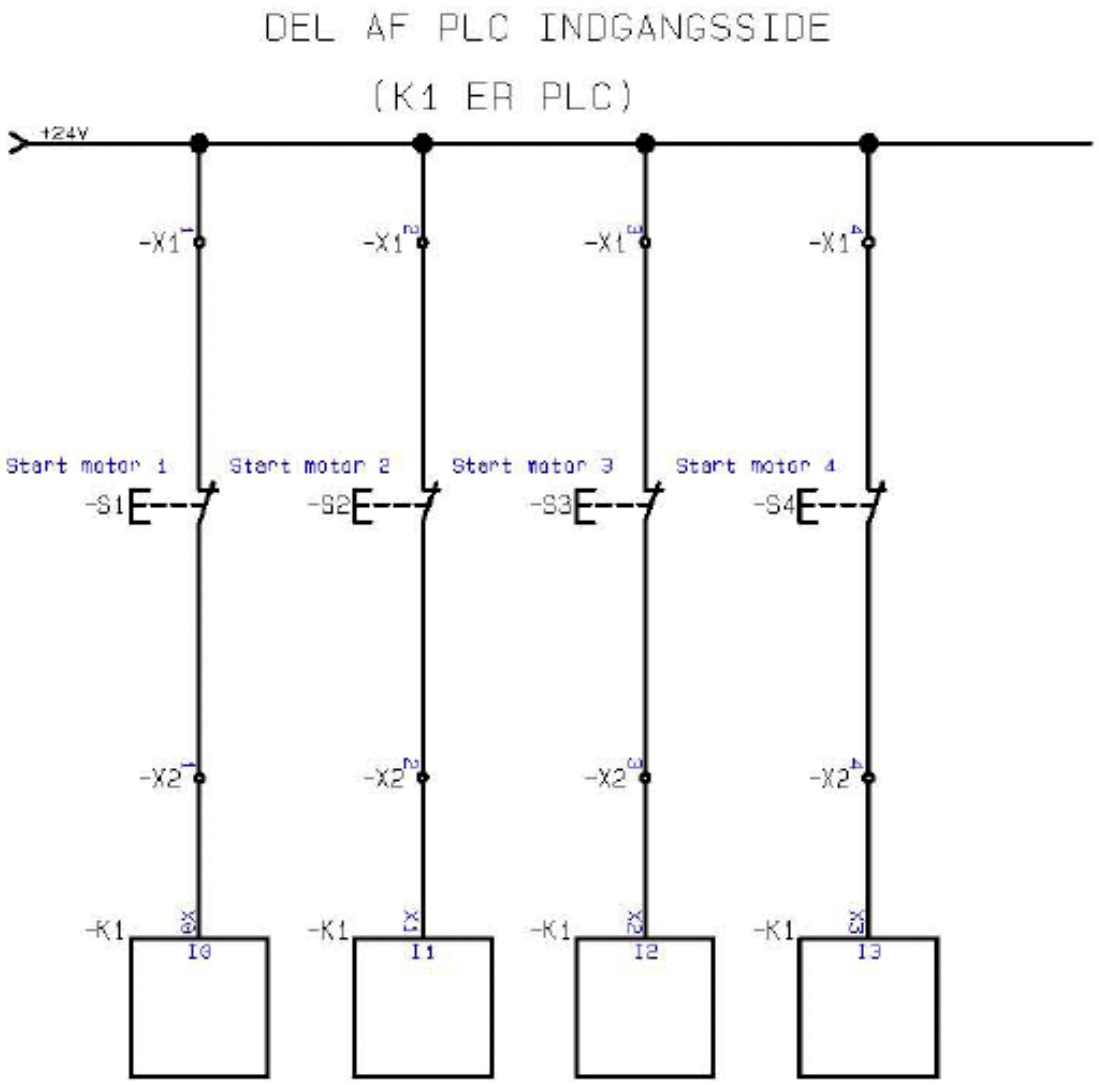


© EVU

Gentagen tegnemåde:

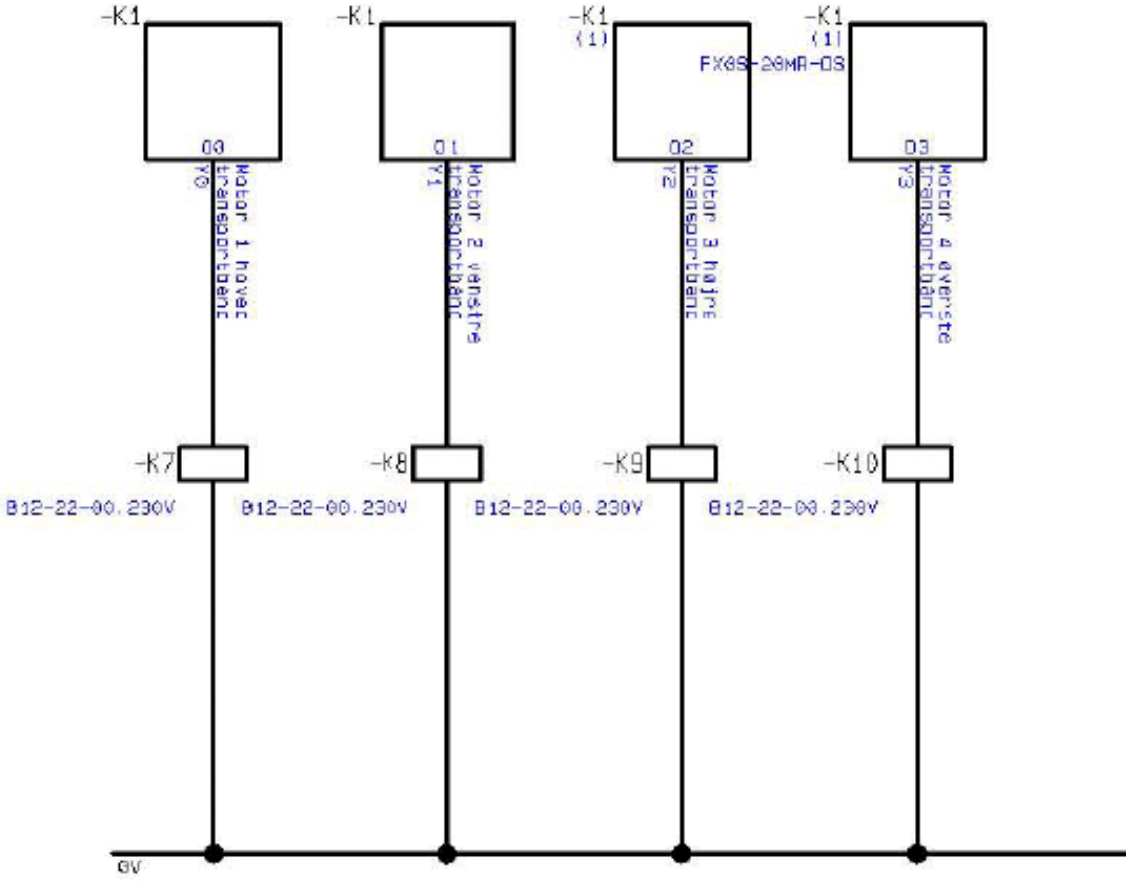
(Som hovedregel bruges denne term om komponenter, som har en elektrisk, funktionel forbindelse, fx binære logiske elementer, vist ved et symbol, der omfatter en fælles styreblok eller et fælles udgangselement).

Tegnemåde, hvor et komplet symbol er vist to eller flere steder på skemaet. De identiske referencebetegnelser, der anføres de steder, hvor symbolet forekommer, angiver, at symbolerne kun viser én komponent.



© EVU

DEL AF PLC UDGANGSSIDE

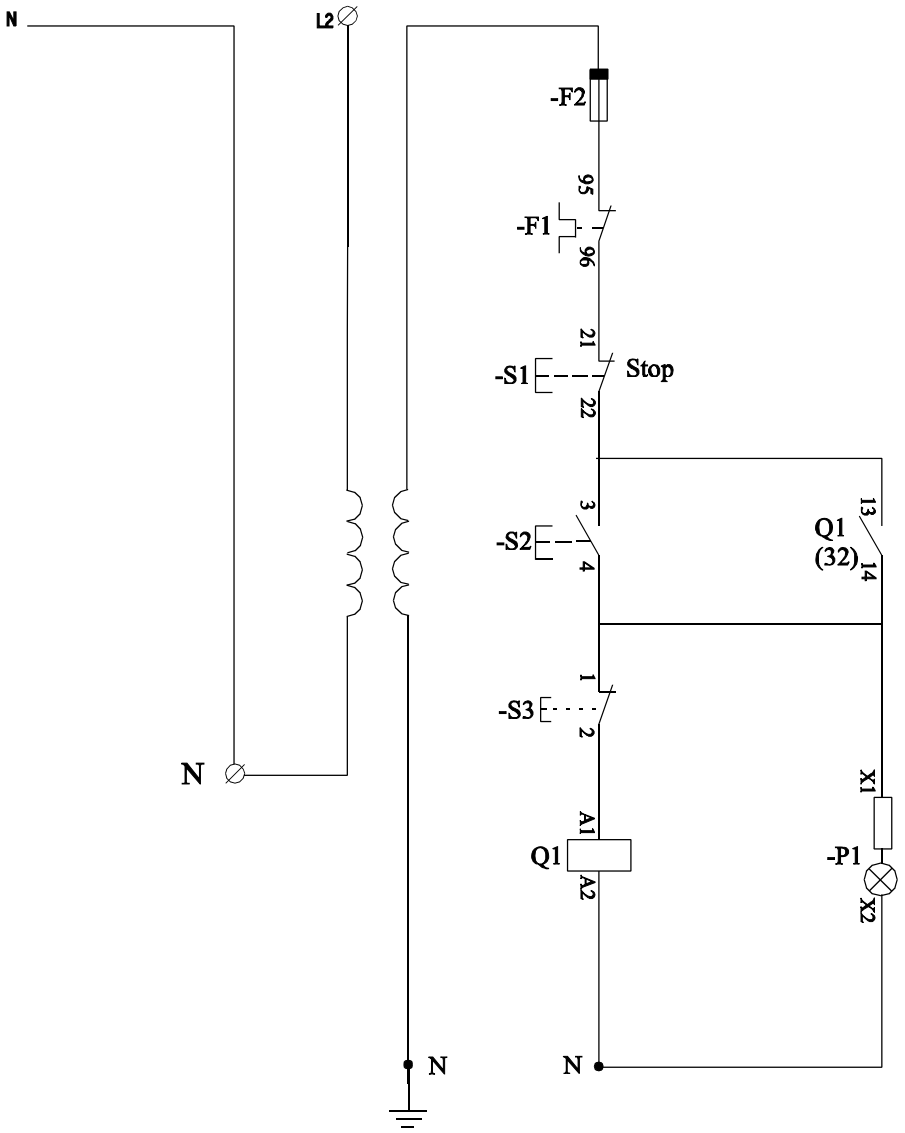


© EVU

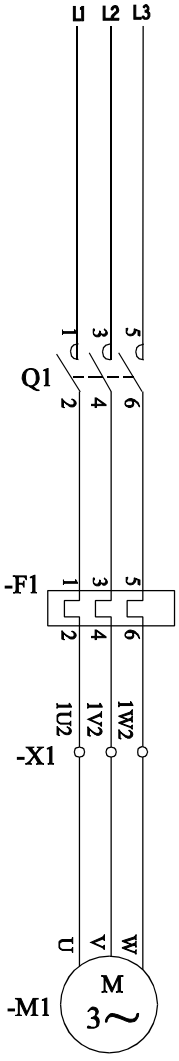
Adskilt tegnemåde:

Tegnemåde, hvor symbolerne for komponentens enkelte dele er vist på de steder i skemaet, som giver det klareste layout af kredsløbene, idet delene alle er sammenknyttet ved hjælp af deres fælles referencebetegnelse.

Kredsskema for styrestrøm



Kredsskema for hovedstrøm



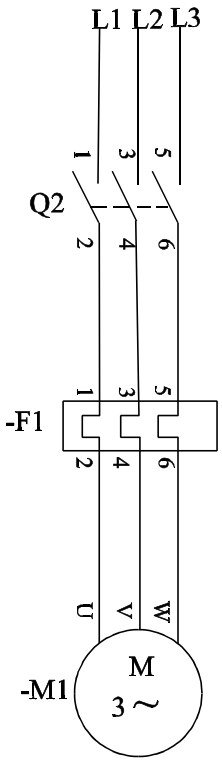
© EVU

Tegnemåder

Der kan i forbindelse med tegning af strømkredse anvendes 2 forskellige tegnemåder:

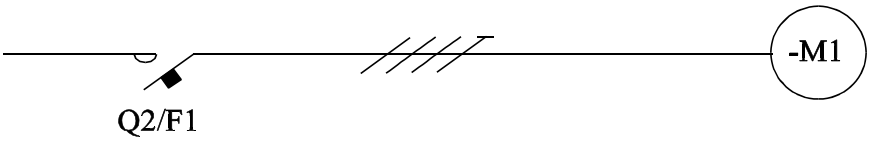
Flerstregstegnemåde:

Tegnemåde, hvor hver enkelt forbindelse er vist med sin egen streg. Denne måde anvendes, når der direkte skal kunne monteres eller fejlfindes efter tegningen.



Enstregstegnemåde:

Tegnemåde, hvor to eller flere forbindelser er vist med en fælles streg. Denne måde anvendes, når tegningens hovedformål er at afbilde kabelføring.



© EVU

Dokumenttyper

Dokumenter kan opdeles i forskellige typer, afhængigt af hvilken opgave det enkelte dokument har.

Tegning:

En tegning er et dokument, der indeholder mere eller mindre detaljerede afbildninger. Tegningen kan være i målestoksforhold. En tegnings hovedformål er at vise den indbyrdes placering af de enkelte anlægsdele.

Skema:

Et skema viser ved hjælp af symboler den måde, hvorpå de forskellige dele er forbundet med hinanden.

Diagram:

Et diagram viser, hvordan de forskellige signaler, tider og aktiviteter forholder sig til hinanden.

Tabel/liste:

En tabel beskriver de aktuelle data i skema, rækker eller søjler.

Udførelse af dokumentation

Meget af tegne- og dokumentationsarbejdet bliver efterhånden udført på en pc. Der findes mange forskellige programmer til dette formål. De fleste programmer indeholder både et tegnesystem og en database, hvori de forskellige komponenter kan findes og anvendes.

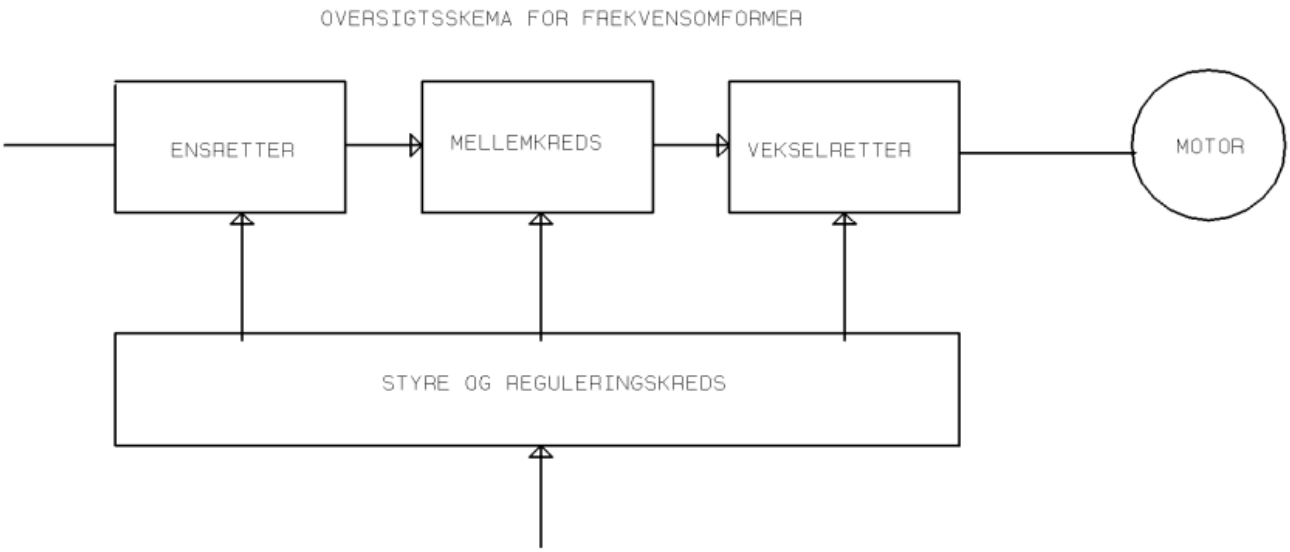
Konstruktørens opgave er at fremstille de funktionsbeskrivende skemaer og i de fleste tilfælde et forbindelsesdokument. Derefter genererer programmerne selv de forskellige forbindelses- og indkøbslister.

© EVU

Klassifikation af dokumenter

Funktionsorienterede dokumenter

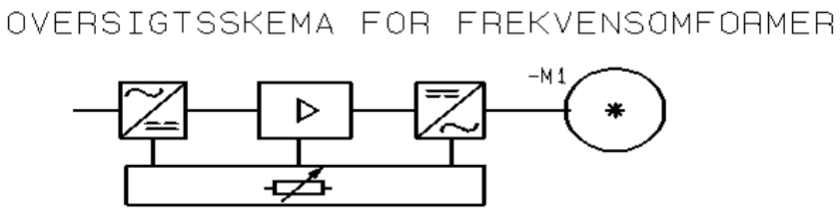
Oversigtsskema:



Relativt simpelt skema, der ofte er tegnet i enstregstegnemåde og viser de væsentlige indbyrdes forhold eller forbindelserne mellem emner inden for et system, undersystem, installation, del eller udstyr.

Blokskema:

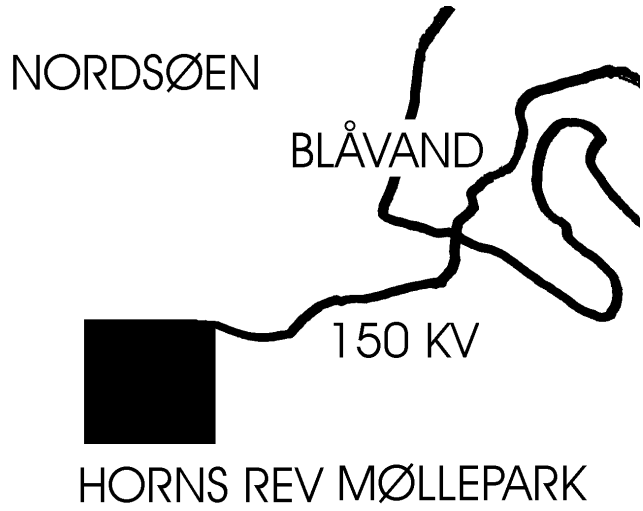
Oversigtsskema som hovedsageligt anvender bloksymboler.



 © EVU

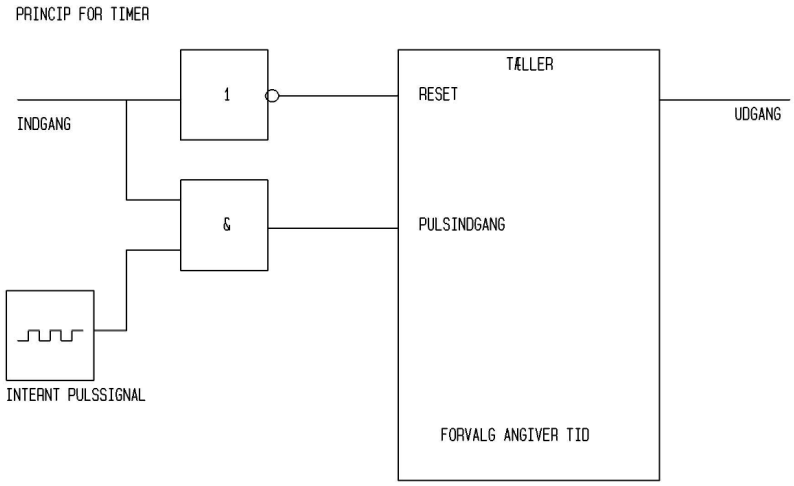
Netkort:

Oversigtsskema, som viser elnet (forsyningsnet) tegnet på et kort, for eksempel med kraftcentraler, transformerstationer og forsyningslinier, telekommunikationsudstyr og transmissionslinier.



Funktionsskema:

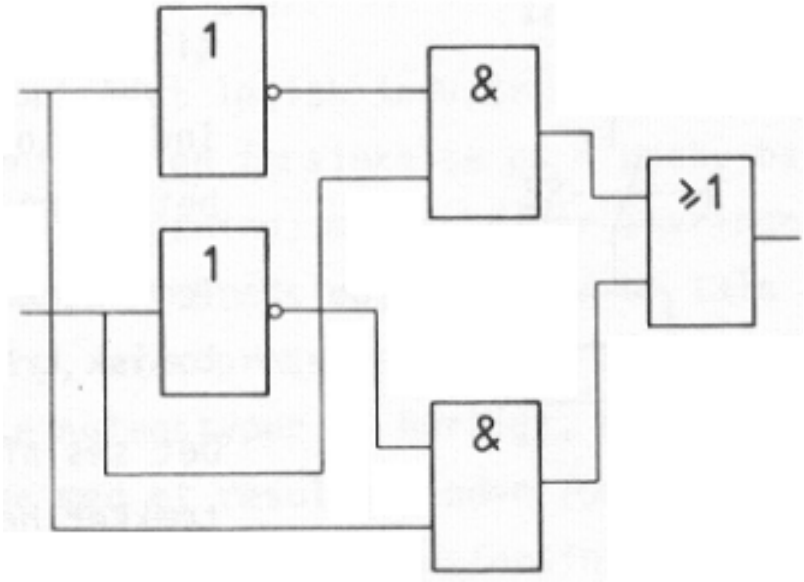
Skemaet viser detaljer af den teoretiske eller ideelle virkemåde af et system, undersystem, installation, del udstyr, software etc. ved hjælp af teoretiske eller ideelle kredsløb uden nødvendigvis at tage hensyn til de midler, som er blevet anvendt ved implementeringen.



 © EVU

Logik- og funktionsskema:

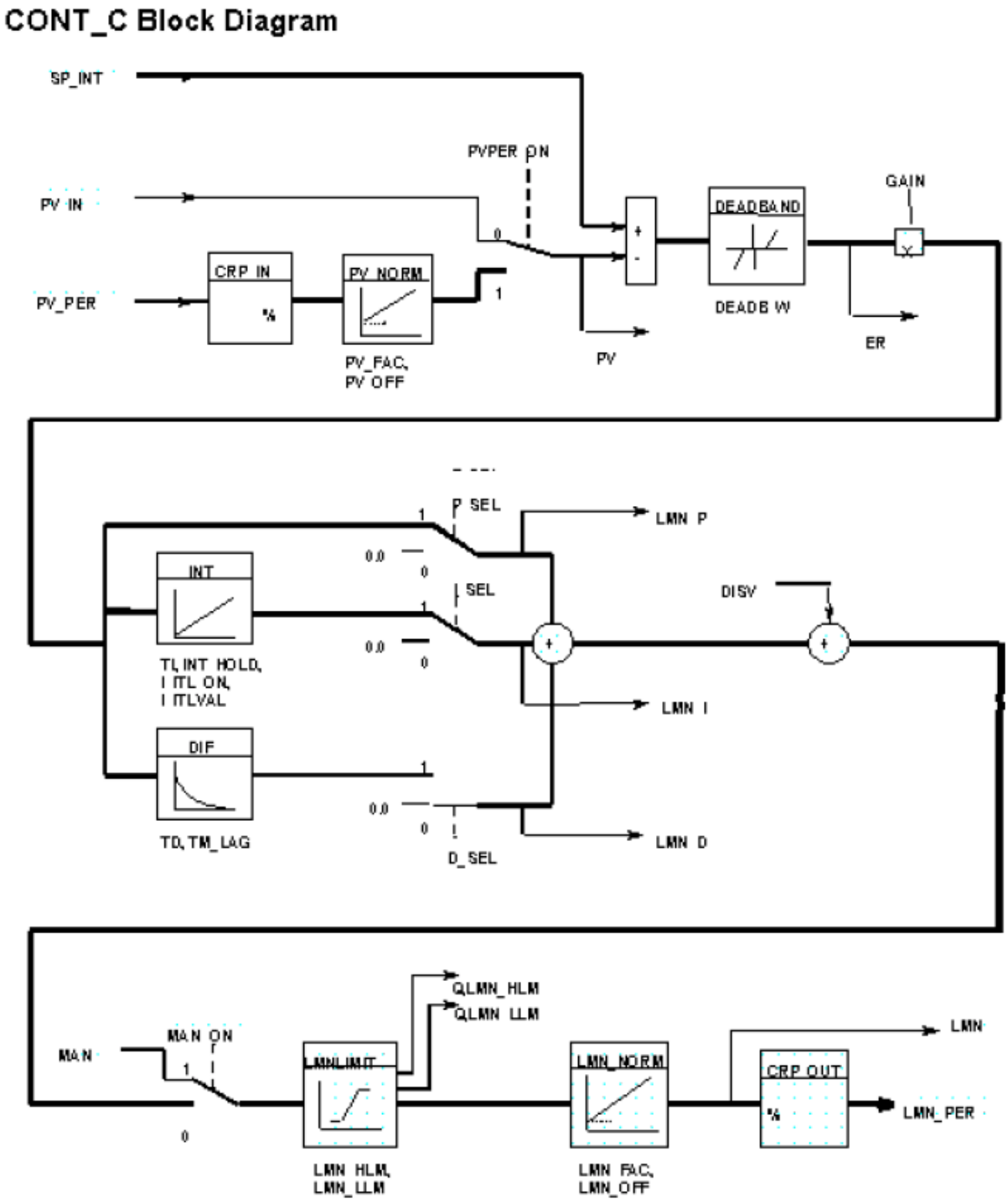
Funktionsskema som hovedsageligt anvender symboler for binære, logiske elementer.



© EVU

Ækvivalent-funktionsskema:

Funktionsskema, der viser ækvivalente kredse og som bruges til hjælp ved analyse og beregning af karakteristika eller virkemåde.



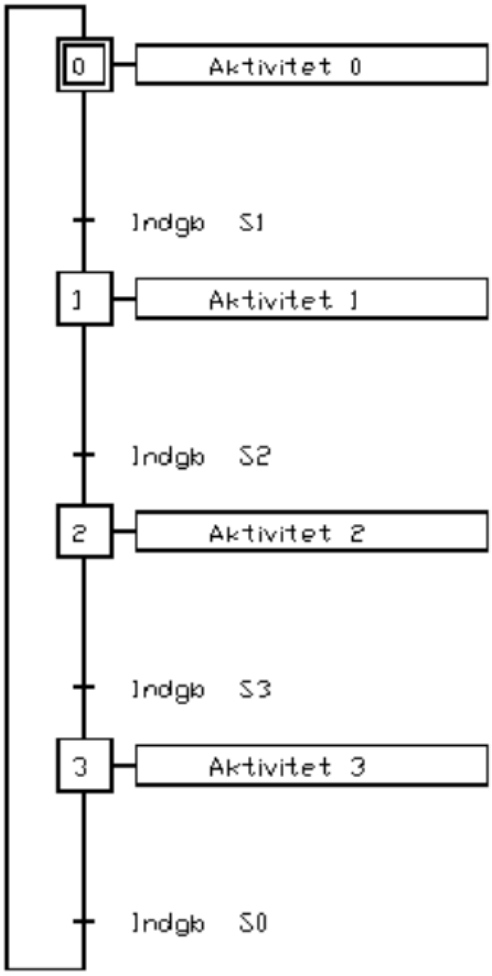
 © EVU

Funktionsdiagram:

Diagram, som beskriver funktion og virkemåde af et kontrolsystem (styresystem) ved brug af trin og overgange.

Sekvensdiagram [-tabel]:

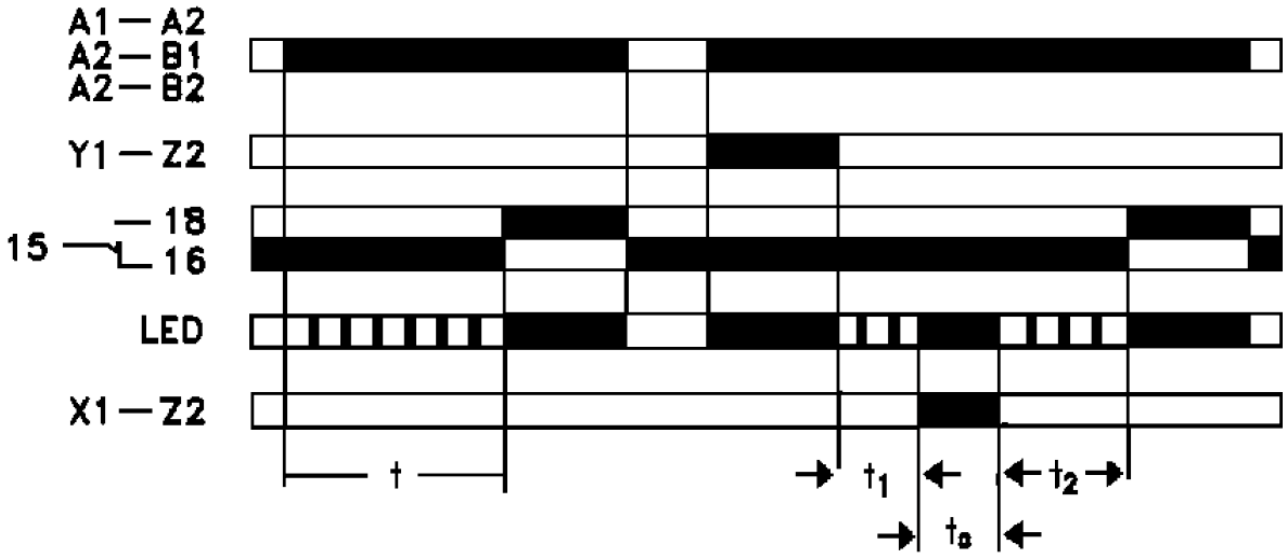
Diagram [tabel], som viser rækkefølgen af arbejdsgange eller tilstande for enheder i et system. Diagrammet kan også vise ideale arbejdsgange eller tilstande for de enkelte enheder, angivet med en retning og et procestrin (eller tiden) vinkelret herpå.



 © EVU

Tidssekvensdiagram:

Sekvensdiagram med tidsaksen tegnet i måleslok.



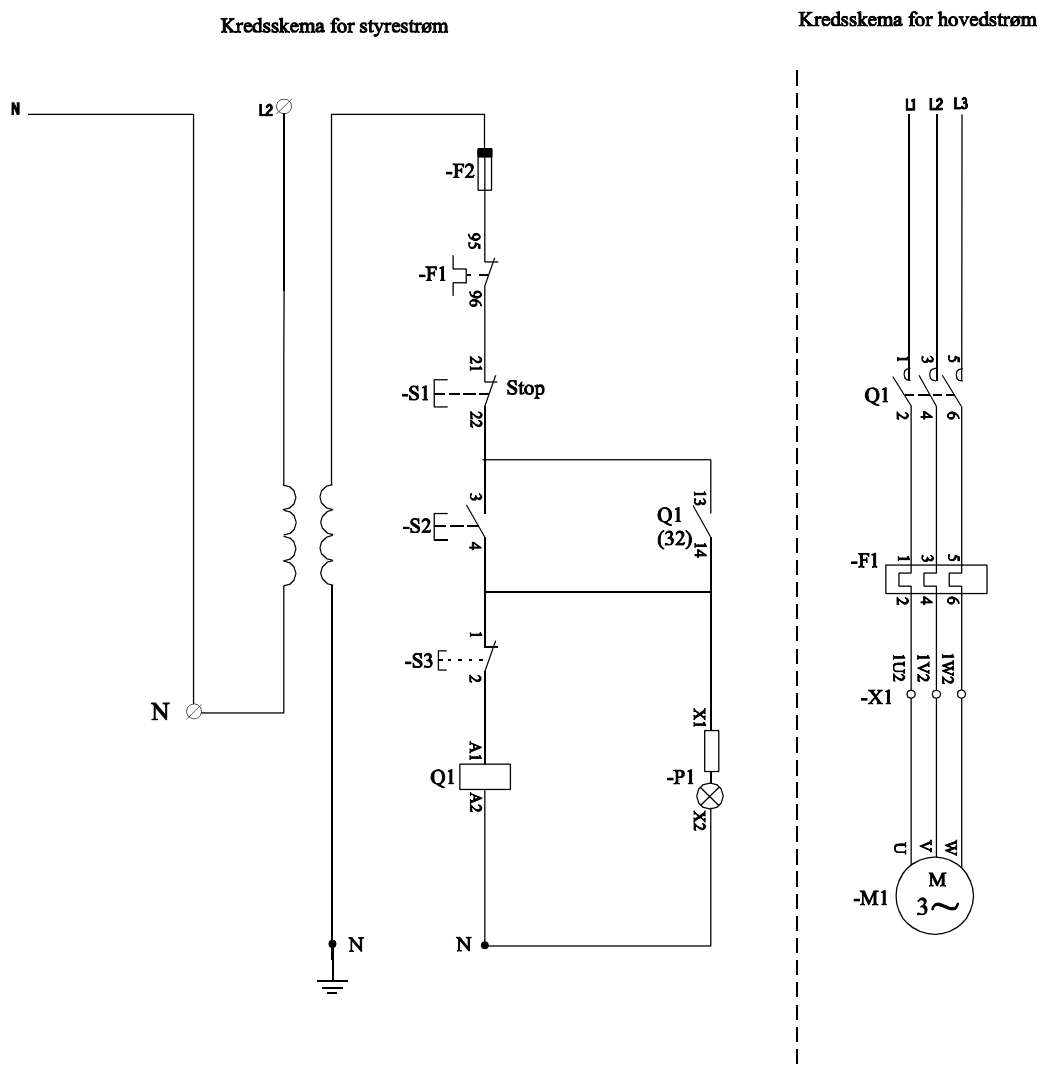
 © EVU

Kredsskema:

Skema, som viser implementeringen af kredsløbene i et system, undersystem, installation, del, udstyr, software, etc. Dele og forbindelser afbildes med grafiske symboler arrangeret, så de viser funktionerne, men uden nødvendigvis at tage hensyn til de fysiske størrelser, former eller placering af emnerne.

Der skelnes mellem:

- Kredsskema for styre- og signalkredse i anlægget(tidligere kaldt nøgleskema)
- Kredsskema for hovedstrøm



© EVU

Kredsskemaer kan være tegnet på alle de tidligere viste tegnemåder.

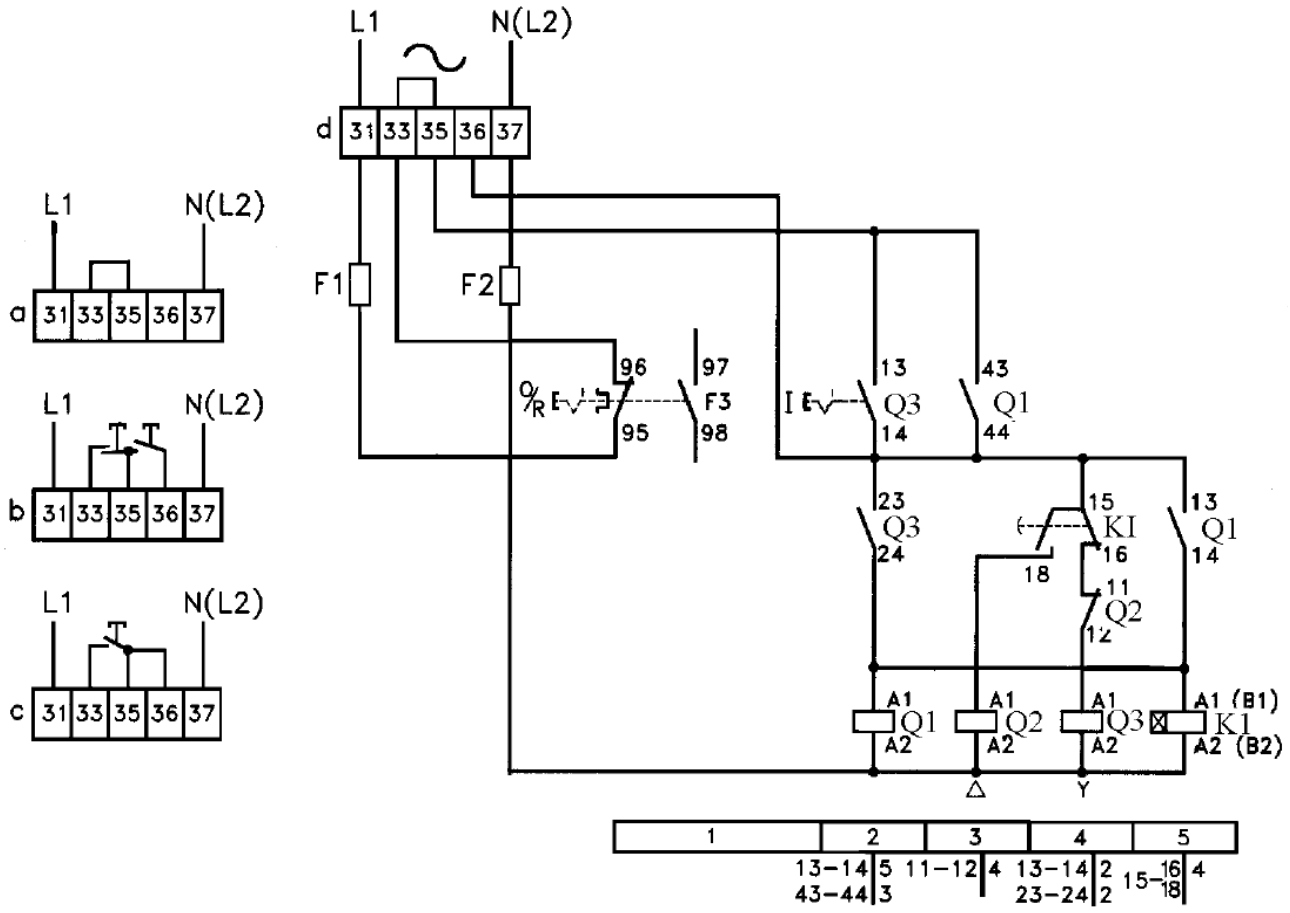
Terminalfunktionsskema:

Skema for en funktionel enhed, hvor skemaet viser terminalerne for forbindelser til andre enheder og en beskrivelse af de indre funktioner.

Disse funktioner kan beskrives ved et kredsskema, simplificeret hvis det er praktisk, et funktionsskema, et funktions- eller sekvensdiagram eller tekst.

Programskema [-tabel] [-liste]:

Skema [tabel] [liste], som i detaljer viser programelementer, moduler og deres indbyrdes forbindelser, arrangeret således, at deres samspil tydeligt fremgår.



© EVU

Placeringsdokumenter

Situationsplan:

Plan, der i forhold til "faste punkter" viser placeringen af dele i en bygning, servicenet og vejnet, og som giver oplysning om landskab, adgangsforhold og generelt layout af området.



© EVU

Installationstegning [-plan]:

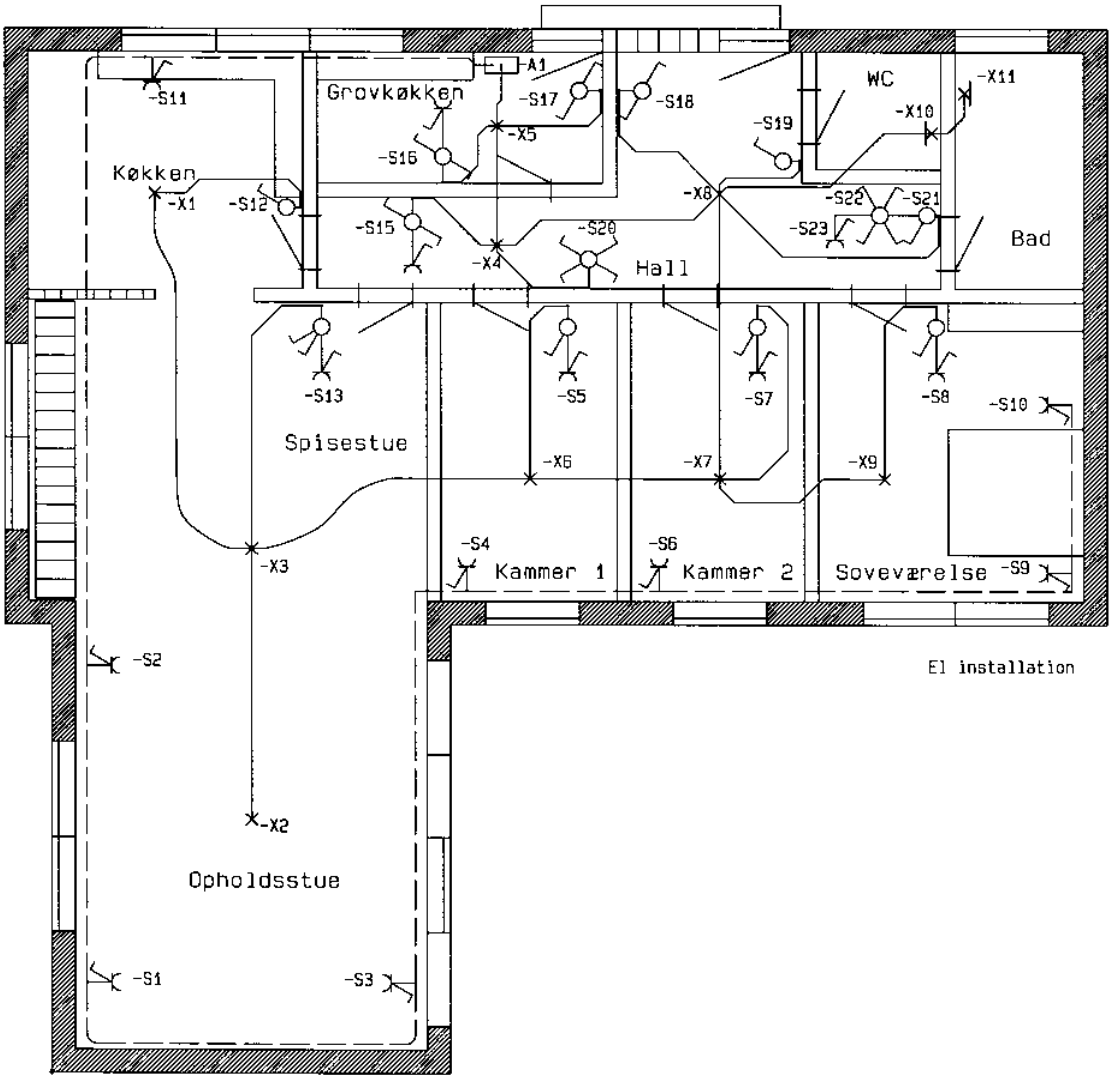
Tegning [plan], der viser placeringen af en installations komponenter.

Installationsskema (installationstegning):

Tegning, som viser forbindelserne mellem emner.

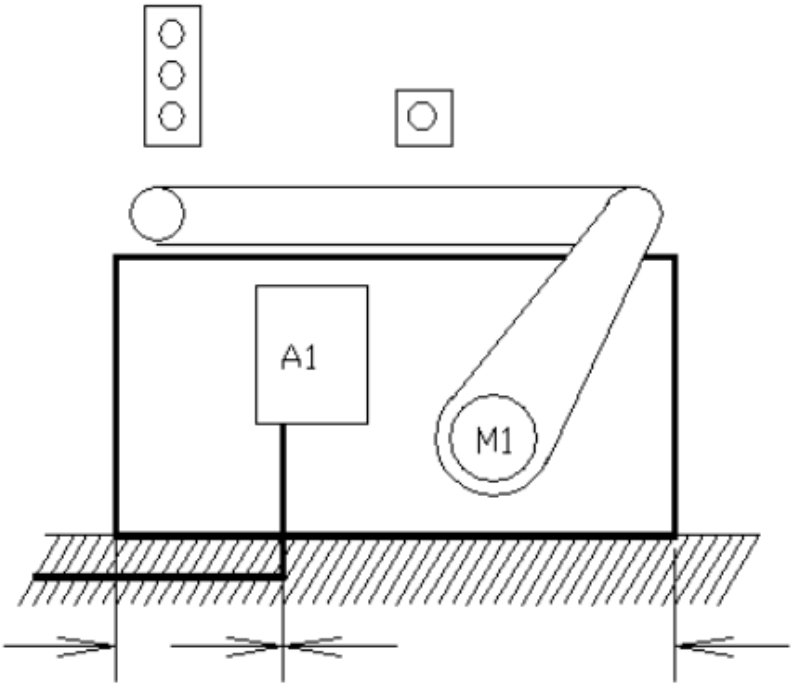
Begrebet dækker stort set det samme.

Her vist for en husinstallation.



© EVU

Og her vist for en maskine.



Samlingstegning:

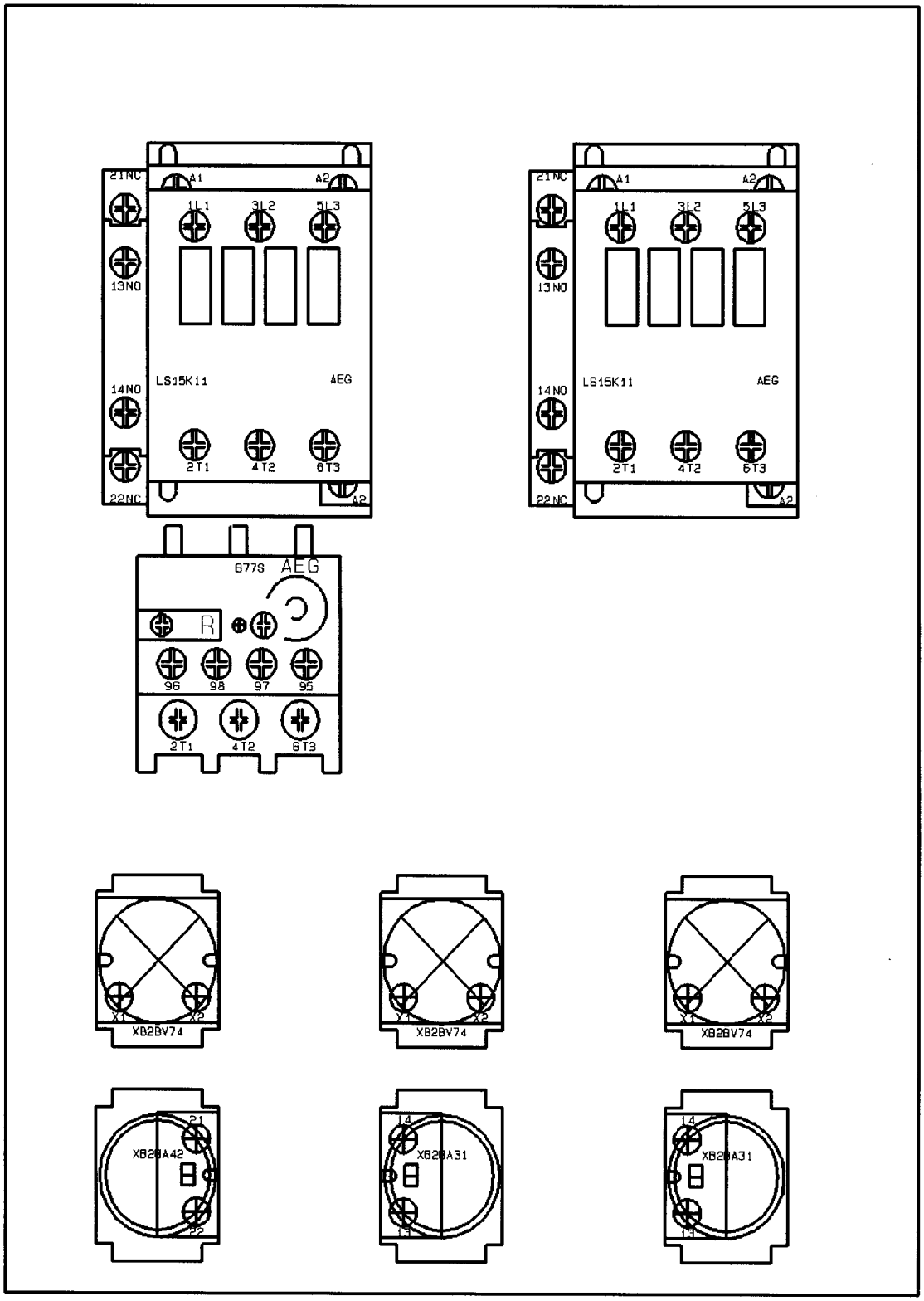
Tegning, som viser den rumlige placering og form af en gruppe af sammenhængende dele, som oftest tegnet i målestoksforhold.

Arrangementstegning:

Samlingstegning, som er forenklet eller suppleret med information, som er nødvendig til et bestemt formål.

Disse tegningsformer betegnes ofte også "layouttegninger".

© EVU


21NC
A1
A2
1L1
3L2
5L3
13NO
LS15K11
AEG
14NO
2T1
4T2
6T3
22NC
A2
877S
AEG
R
96
98
97
95
X1
X2
XB2BV74
XB2BA42
XB2BA31

© EVU

Forbindelsesdokumenter

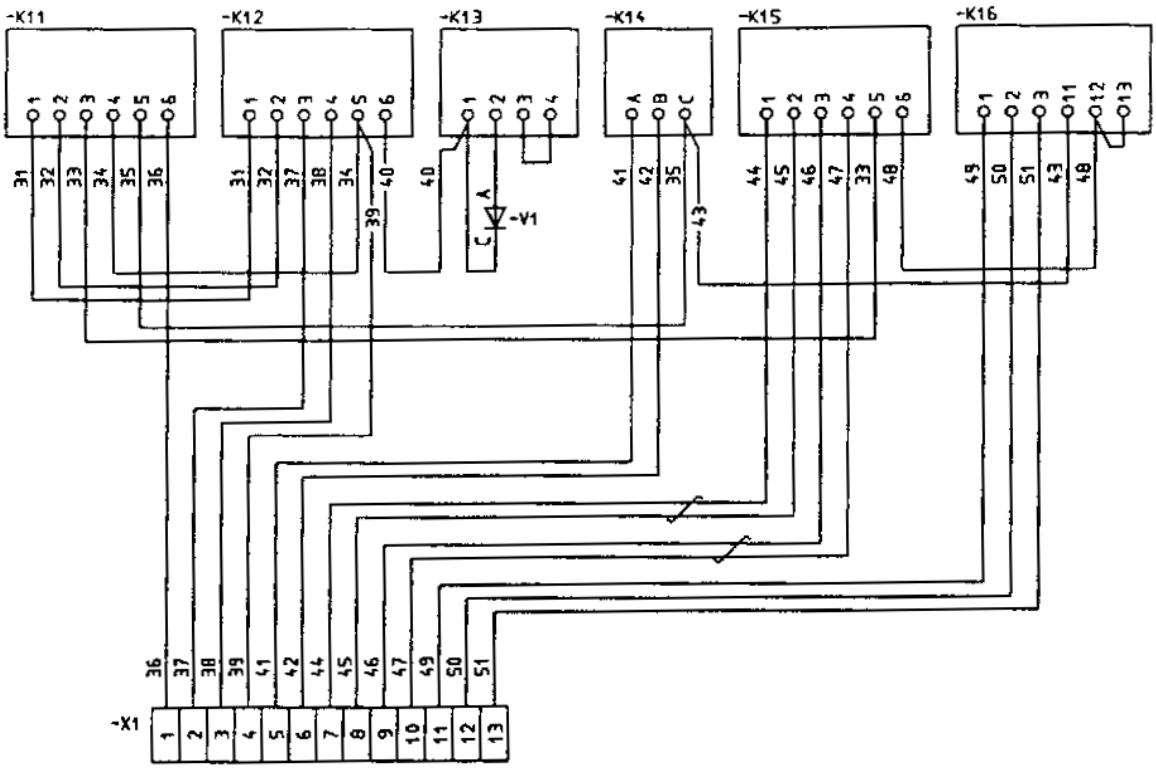
Forbindelsesskema:

Skema [tabel], der viser eller tabellerer forbindelserne i en installation eller et udstyr.

Der skelnes mellem

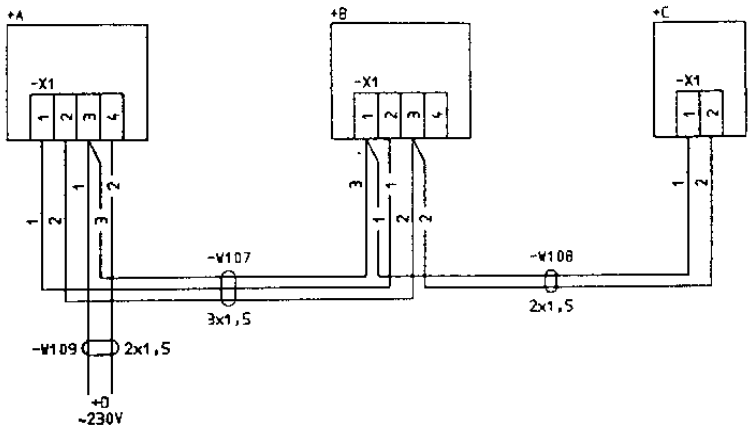
- Indre forbindelsesskema: Forbindelsesskema [-tabel], der viser eller tabellerer forbindelserne inden for en konstruktionsenhed.
- Ydre forbindelsesskema: Forbindelsesskema [-tabel], der viser forbindelserne mellem forskellige konstruktionsenheder.

Indre forbindelsesskema



© EVU

Ydre forbindelsesskema

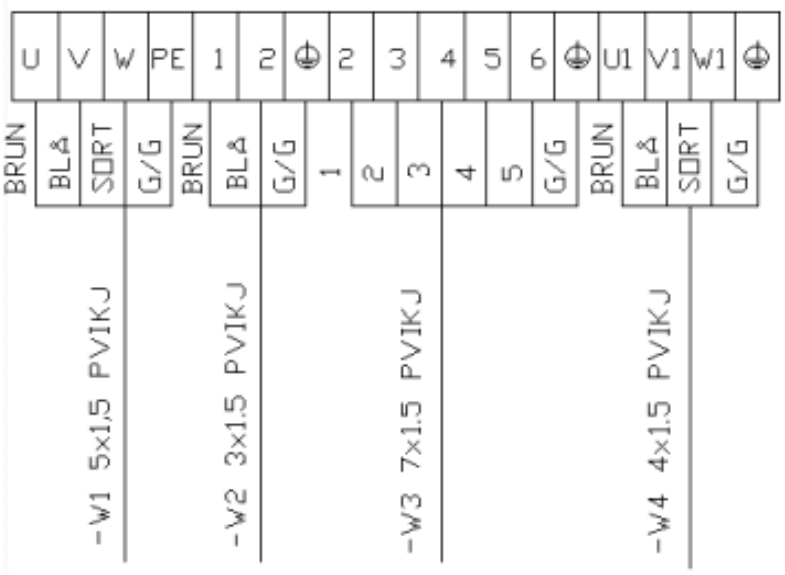


Disse skemaer kan også erstattes af tabeller

Terminalforbindelsesskema:

Forbindelsesskema der viser en konstruktions enheds terminaler og de interne og/eller eksterne forbindelser til disse.

Disse skemaer kan også erstattes af tabeller eller lister.



Eksempel på terminalliste, også kaldet kabelliste.

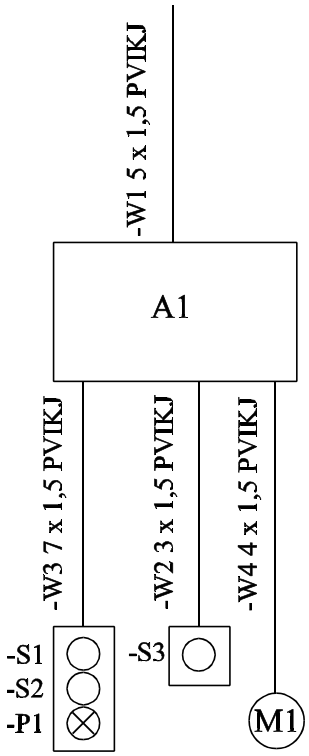
© EVU

Kabelliste					
Fra		Kabel		Til	
Betegnelse	Side/strømvej	Betegnelse	Side/strømvej	Betegnelse	Side/strømvej
-M1:W	1/5	-W1:Blå	1/5	-X1:1W2	1/5
-M1:U	1/5	-W1:Brun	1/5	-X1:1U2	1/5
-M1:V	1/5	-W1:Sort	1/5	-X1:1V2	1/5

Kabelskema:

Også kaldet kabelplan. Skema, der giver oplysninger om kabler, såsom mærkning af lederne, endernes placering og, hvis det er nødvendigt, kablernes mærkedata, føringsveje og anvendelse.

Emnelister



© EVU

Stykliste:

Liste, som specificerer de emner (dele, komponenter, software, udstyr osv.), der udgør en samling (eller undersamling) og, hvis det er nødvendigt, referencedokumenterne.

Stykliste		
Varenummer	Beskrivelse	Mængde
1723410403	Motor 5 kW	1
3389110586435	Rækkeklemme 4mm^2 universel	3
3389110610024	Tryk komplet plan grøn	2
3389110610048	Tryk komplet plan rød	1
3389110611229	Lampe rød 230 V m/modstand	3
4022903075387	Kontaktor 15 kW LS15K11 230 V 50 Hz	2
4022903085584	Termorelæ B77S 20-32 A	1
5702950410537	H07rn-F 4x2,5 mm^2 gummikabel, sort	1

© EVU

Reservedelsliste:

I daglig tale også kaldet komponentliste. Liste, som specificerer de emner (dele, komponenter, software, lagervarer osv.), der er beregnet til forebyggende eller udbedrende vedligehold.

Komponentliste			
Navn	Varenummer	Beskrivelse	Pris
-F1	4022903085584	Termorelæ B77S 20-32 A	417,00
-Q1	4022903075387	Kontaktor 15 kW LS15K11 230 V 50 Hz	630,00
-Q2	—	—	630,00
-M1	1723410403	Motor 5 kW	3750,00
-P1	3389110611229	Lampe rød 230 V m/modstand	81,35
-P2	—	—	81,35
-P3	—	—	81,35
-S1	3389110610048	Tryk komplet rød	63,80
-S2	3389110610024	Tryk komplet grøn	63,80
-S3	—	—	63,80
-W1	5702950410537	H07rn-F 4x2,5 mm^2 gummikabel, sort	25
-X1	3389110586435	Rækkeklemme 4 mm^2 universel	18,45

© EVU

Installationsdokumenter	Dokumenter, som giver instruktioner eller oplysninger om installationsbetingelser og levering, modtagelse, aflæsning, losning, opstilling, afprøvning af et system, en installation, et udstyr eller en komponent.
Idriftsættelsesdokumenter	Dokumenter, der giver instruktioner eller oplysninger, som angiver forhåndsjusteringer, simuleringsmåder, anbefalede indstillingsværdier samt skridt, der skal tages, for, at et system, et udstyr eller en komponent kan sættes i drift og fungere korrekt.
Betjeningsdokumenter	Dokumenter, der giver instruktioner eller oplysninger vedrørende virkemåden af et system, en installation, et udstyr eller en komponent.
Vedligeholdsdokumenter	Dokumenter, der giver instruktion eller oplysninger vedrørende fremgangsmåder ved vedligeholdelse, for eksempel i vedligeholdelses- eller servicehåndbøger for et system, en installation, et udstyr eller en komponent.
Pålideligheds- og servicevenligheds-dokumenter	Dokumenter, der giver oplysninger om pålideligheden af og mulighederne for at bevare et system, en installation, et udstyr eller en komponent.
Andre dokumenter	Andre dokumenter kan være nødvendige, såsom håndbøger, vejledninger, kataloger og tegnings- og dokumentlister.

© EVU

Referencebetegnelser

Enhver komponent skal kunne identificeres ved en referencebetegnelse i form af en bogstavkode.

I det følgende er vist bogstavkoder for typiske elektriske komponenter.

Kode:	Eksempler på typiske elektriske produkter
A	Berøringsskærm
B	Buchholzrelæ, detektor, branddetektor, gasdetektor, måleelement, målerelæ, måleshunt, mikrofon, bevægelsesdetektor, fotocelle, styrekontakt, positionskontakt, nærhedskontakt, nærhedsføler, beskyttelsesrelæ, føler, røgføler, takogenerator, temperaturføler, termisk overbelastningsrelæ, videokamera.
C	Buffer (-lager), bufferbatteri, kondensator, hændelsesskriver (hovedsageligt lagring), harddisk, hukommelse, RAM, lagerbatteri, båndoptager (hovedsageligt lagring), videooptager (hovedsageligt lagring), spændingsskriver (hovedsageligt lagring).
D	Reserveret til kommende standardisering
E	Kedel, lysrørslampe, varmeapparat, lampe, pære, laser, lysarmatur, maser, radiator.
F	Katodisk beskyttelse, anode, faraday's bur, (smelte)sikring, miniature effektafbryder, overspændingsafleder, termisk overbelastningsafbryder
G	Tørelement, dynamo, brændselscelle, generator, effektgenerator, roterende generator, signalgenerator, solcelle, funktionsgenerator.
H I J	Reserveret til kommende standardisering. Bør ikke anvendes. Reserveret til kommende standardisering.
K	Koblingsrelæ, analog integreret kreds, automatisk parallelkoblingsudstyr, binær integreret kreds, kontaktor (relæ), CPU, forsinkelseselement, forsinkelseslinie, ensretter, elektronrør, servostyring, filter, induktionsomrører, mikroprocessor, procescomputer, programmerbar styreenhed, synkroniseringsindretning, tidsrelæ, transistor.
L	Reserveret til kommende standardisering
M	Aktuator, aktiveringsspole, elektromotor, linearmotor.
N	Reserveret til kommende standardisering
O	Bør ikke anvendes.

© EVU

Referencebetegnelser

Kode:	Typiske elektriske produkter
P	Akustisk signalindretning, amperemeter, klokke, ur, kontinuert linieskriver, display-enhed, elektromekanisk indikator, hændelsestæller, geigertæller, LED, højttaler, optisk signalindretning, printer, voltmeterskriver, signallampe, signalvibrator, synkronoskop, voltmeter, wattmeter, watttimemåler.
Q	Effektafbryder, kontaktor (til effekt), ledningsadskiller, sikringsafbryder, sikringsadskiller, motorstarter, effekttransistor, slæberingskortslutter, afbryder (til effekt), thyristor, (Hvis hovedformålet er beskyttelse, se klasse F).
R	Diode, induktor, begrænser, modstand.
S	Styrekontakt, uoverensstemmelseskontakt, tastatur, lyspen, mus, trykknapkontakt, vælgerkontakt, setpunktsjustering.
T	AC/DC-omformer, forstærker, antenne, demodulator, frekvensomformer, måletransducer, måletransformator, måletransmitter, modulator, effekttransformator, ensretter, ensretterstation, signalomformer, signaltransformator, telefonapparat, transducer.
U	Isolator.
V	Filter.
W	Samleskinne, kabel, leder, informationsbus, optisk fiber, gennemføringsbøsning, bølgeleder.
X	Multistik, stik, klemme, klemmerække, printstik.
Y	Reserveret til kommende standardisering
Z	Reserveret til kommende standardisering

© EVU

Placering af referencebetegnelser

På kredsskemaer skal referencebetegnelser placeres ensartet, til venstre for symbolet ved lodrette symboler og over symbolet ved vandrette symboler.

Terminalbetegnelser skrives langs forbindelseslinier



Tegningshoved og titelfelt

Ethvert dokument skal forsynes med et tegningshoved med titelfelt, typisk indeholdende:

- Producentens navn og evt. logo
- Projekttitel
- Navn eller initialer for den der har udført dokumentationen
- Kundenavn hvis maskinen produceres for kunde
- Udførelsesdato og sidste revisionsdato
- Hvis tegningen er udarbejdet i et CAD-system, gerne filnavn
- Evt.sagsnummer
- Side af antal sider

Strømveje

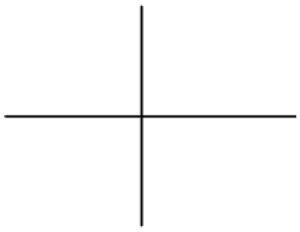
Skemaer skal have strømveje, i standarden benævnt som et referencekoordinatnet med lodrette og evt. vandrette strømveje.

© EVU

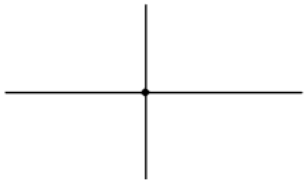
Forbindelseslinier

Forbindelseslinier skal tegnes som rette linier med et minimum af knæk og krydsninger. De skal være lodrette og vandrette, undtaget de tilfælde hvor skrå linier kan gøre skemaet klarere. Fx ved monteringskorrekt tegning.

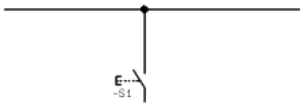
Krydsende ledning uden forbindelse:



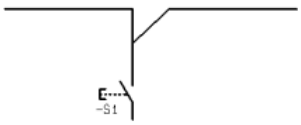
Krydsende ledning med forbindelse:



Konventionel tegnemåde:



Monteringskorrekt tegnemåde: Her er hver enkelt leder identificerbar med henblik på ledningsnummerering.



© EVU

Dokumentationseksempel

I det følgende er vist den krævede og ønskelige dokumentation for et mindre automatisk anlæg, udført på forskellig måde.

Beskrivelse af materiellet, installationen og monteringen samt tilslutningen til den elektriske forsyning.

Transportanlæg:

Transportanlægget startes i ønsket retning ved aktivering af enten "START HØJRE" eller "START VENSTRE". Anlægget skal stoppes manuelt ved betjening af "STOP". Der er indikeringslamper for, hvilken vej der køres samt for termofejl.

Elektrisk forsyning:

Anlægget tilsluttes 3x400 V vekselstrøm, sikret med min. 13 A. Kabeltilgang foregår gennem søjlen i betjeningspanelet.

Elektrisk forsyning oplyses med:

Forsyningsspænding:

Frekvens:

$I_{k\ max}$:

$I_{k\ min}$:

Største motor:

Normalt forbrug:

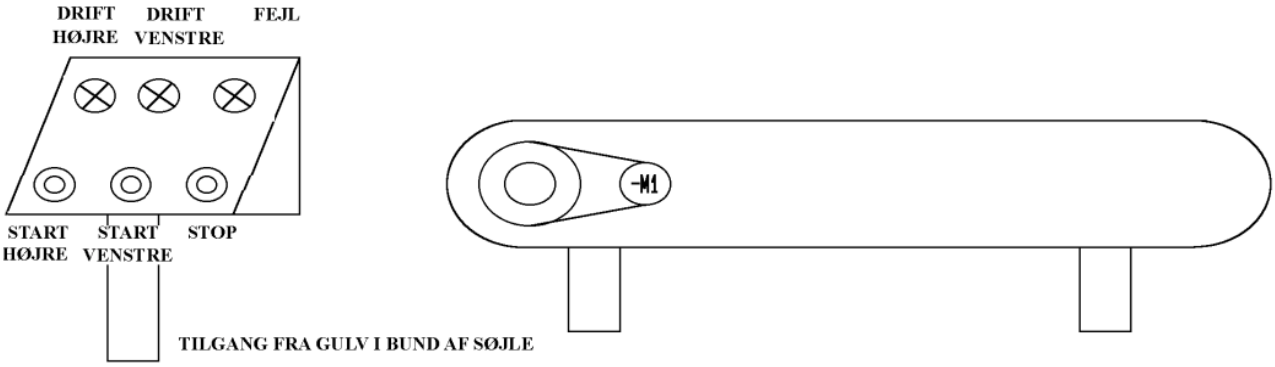
Lækstrøm:

Information om det fysiske miljø:

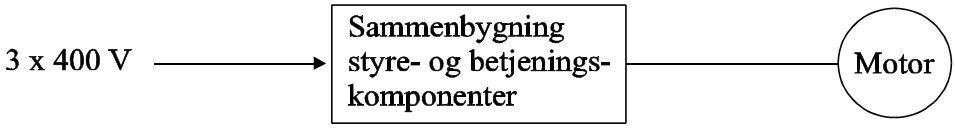
Anlægget kan opstilles i alle typer af indendørs lokaliteter samt udendørs. Dog ikke i lokaliteter med eksplosionsfare eller ætsende dampe.

© EVU

Oversigtsskema/Blokskema:



Ved dette simple anlæg skønnes det ikke nødvendigt med blokskema. Men ønsker man at lave et sådant, kunne det se således ud:



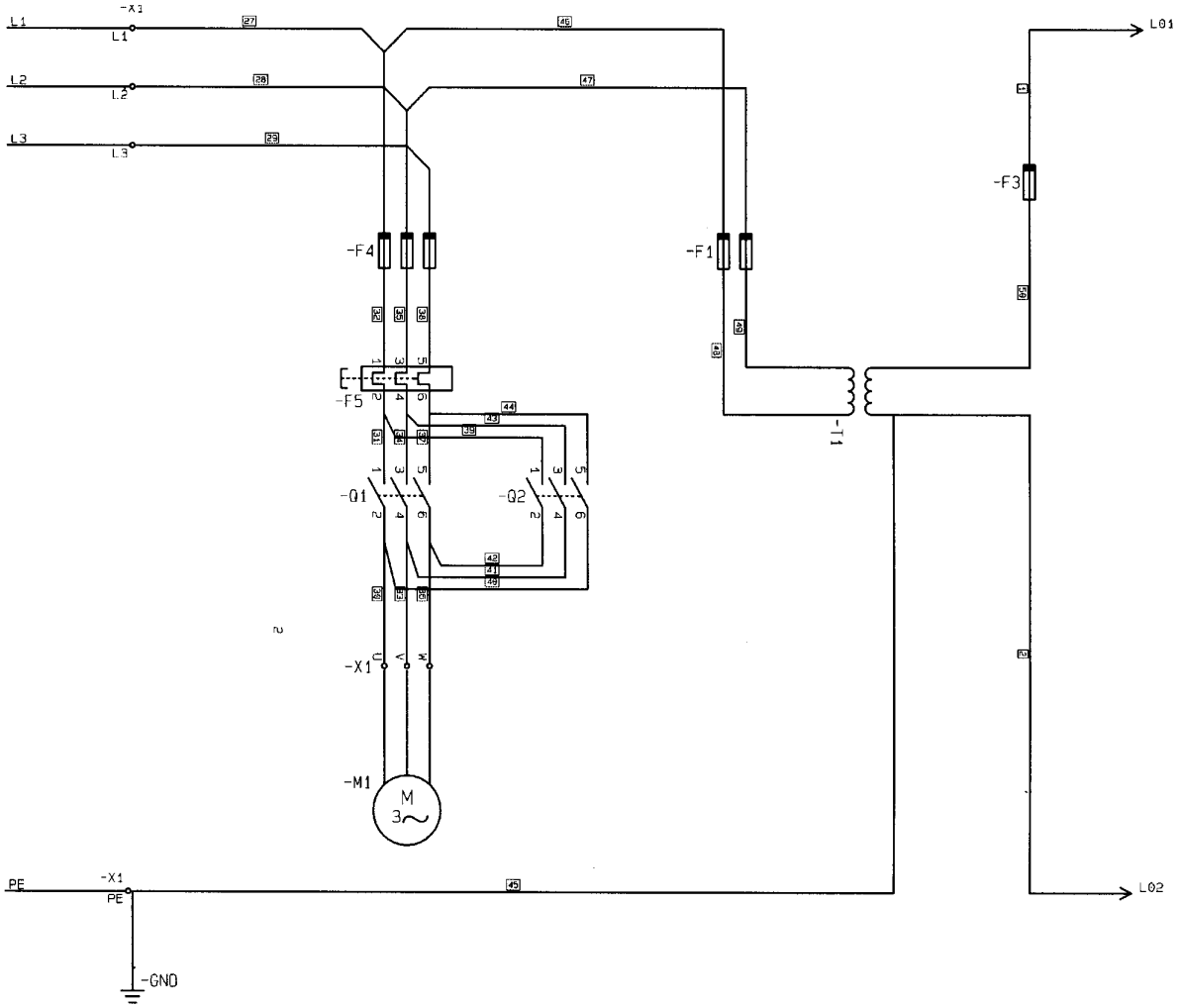
© EVU

Kredsskemaer:

Til automatiske anlæg skal der medleveres kredsskemaer af såvel hovedstrøm som styrestrøm.

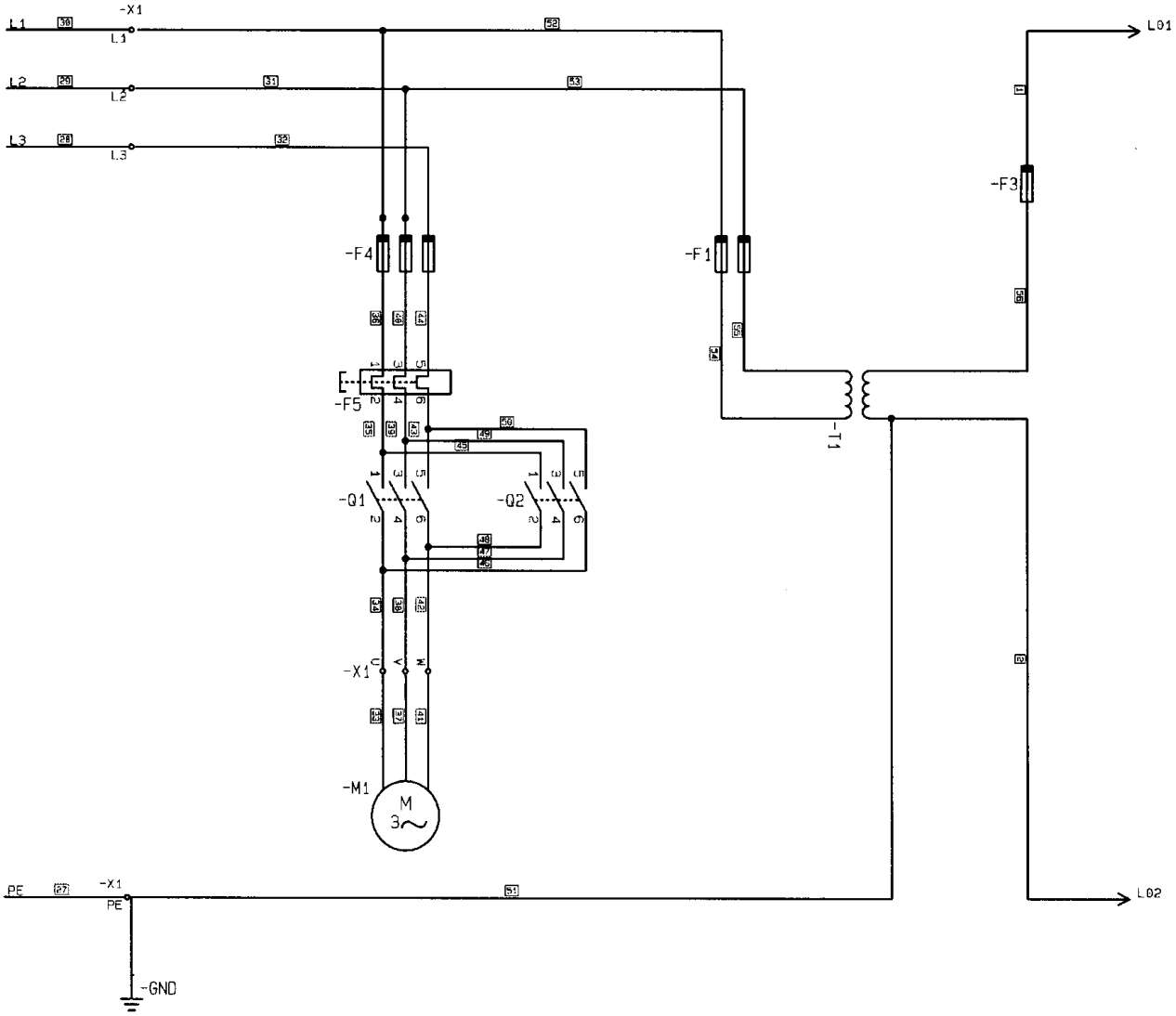
Hvis disse udføres med elektroniske værktøjer, er det vigtigt at vælge den udarbejdelsesmetode, der opfylder ens krav. Hvis disse kredsskemaer skal danne grundlag for ledningsnummerering, kan man vælge at udføre dem monteringskorrekte. Nummereringsprocessen kan så udføres fuldautomatisk. Der er dog den ulempe, at monteringskorrekte tegninger vil indeholde mange flere linier, og dette kan gå ud over overskueligheden.

Kredsskema for hovedstrøm udført monteringskorrekt:



© EVU

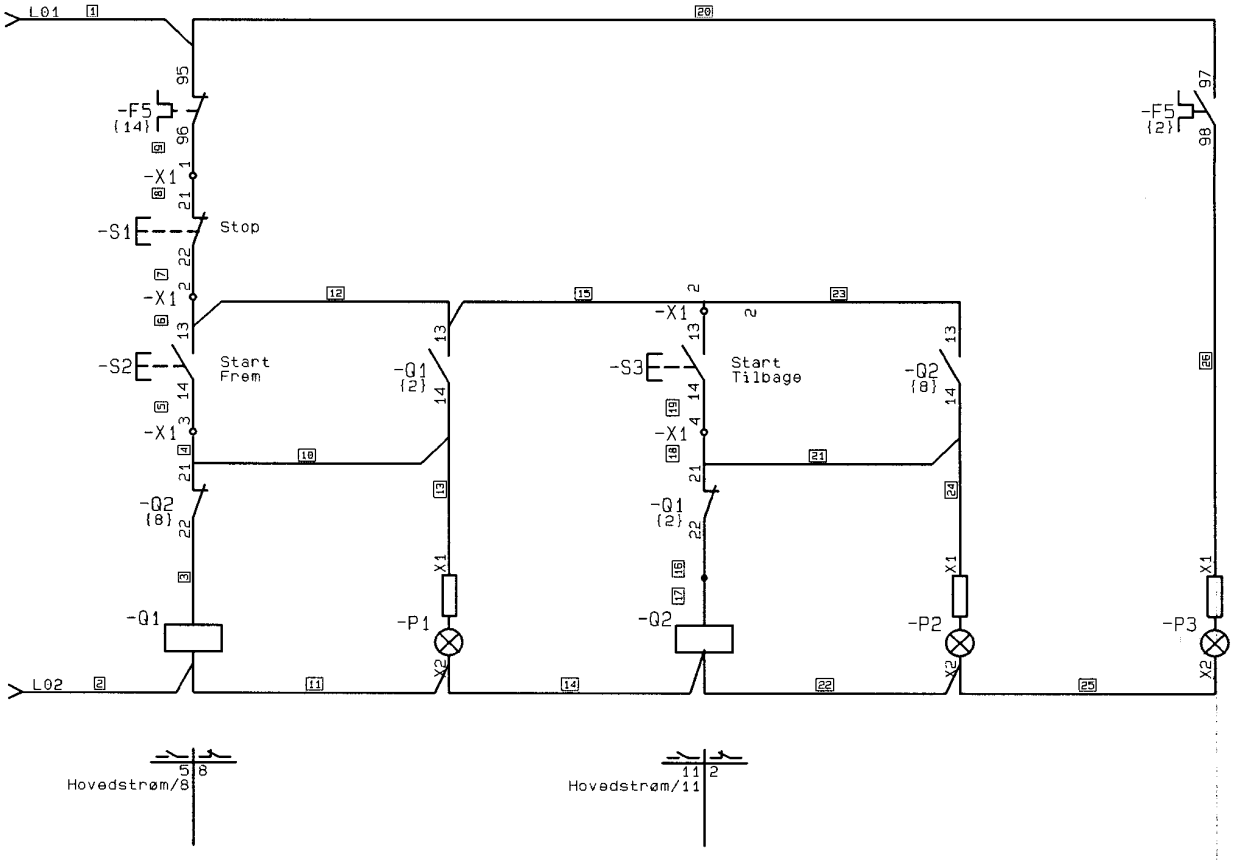
Kredsskema for hovedstrøm udført ikke monteringskorrekt. Bemærk her, at man ikke umiddelbart kan identificere nøjagtigt, hvor den enkelte leder går til og fra.



© EVU

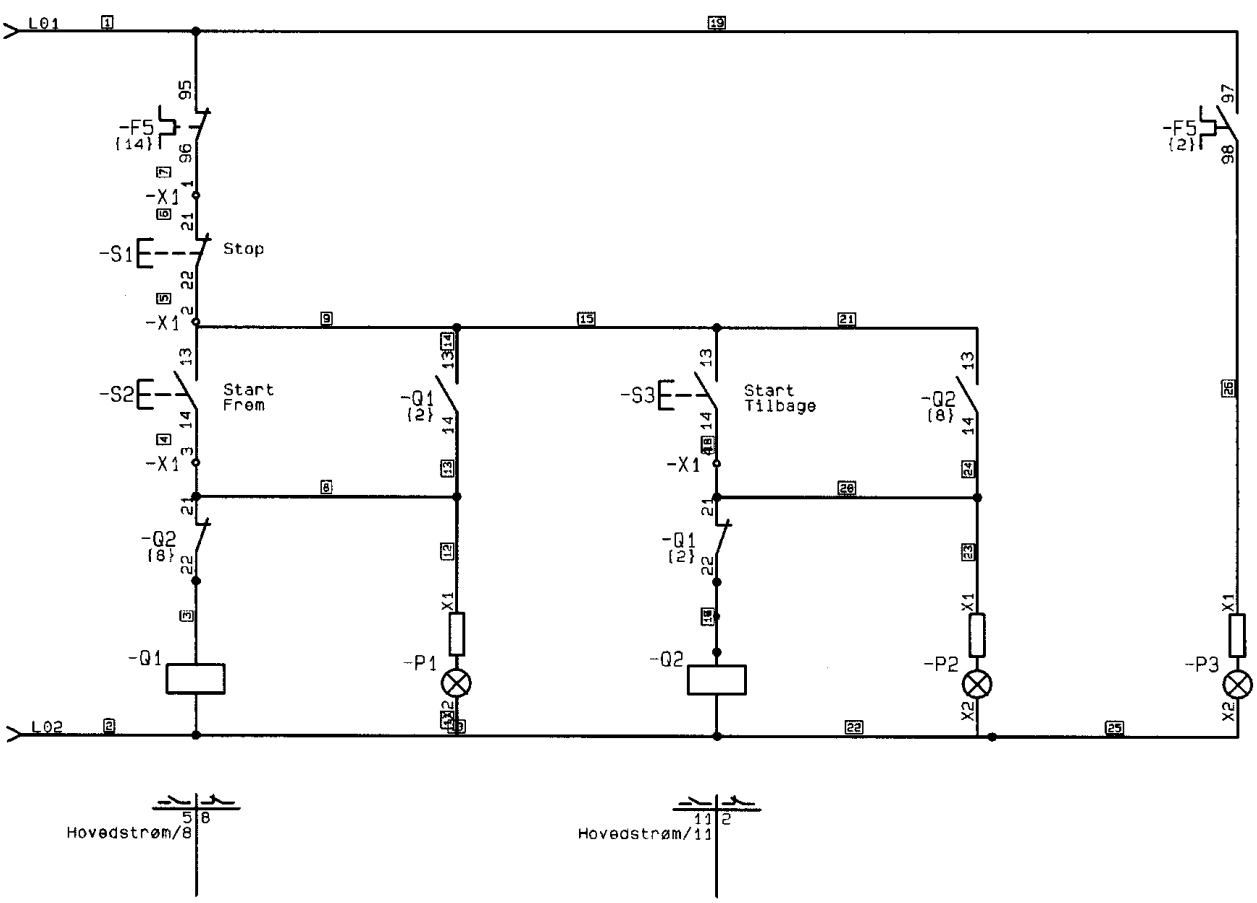
Kredsskema for styrestrøm, i daglig tale kaldet styrekredsskema.

Monteringskorrekt visning:



© EVU

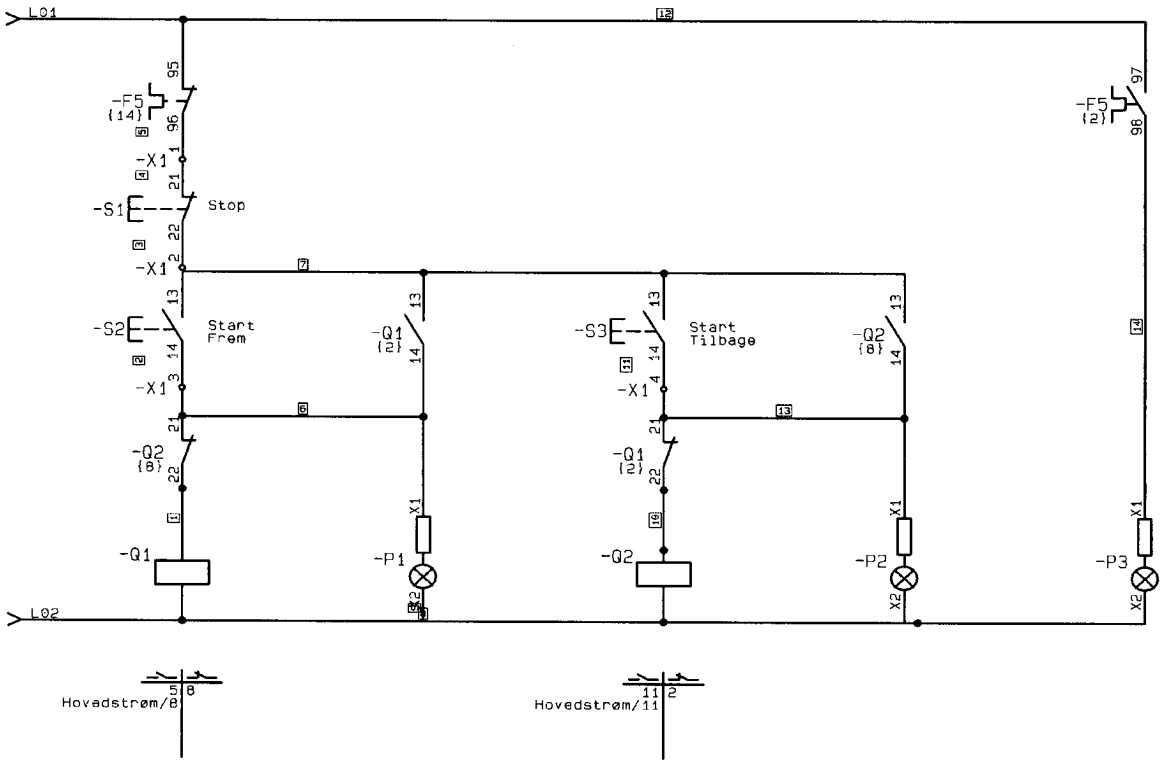
Ikke monteringskorrekt visning:



© EVU

Hvis man tegner ikke monteringskorrekt, kan der anvendes potentialenummerering i stedet for ledningsnummerering.

Styrekredsskemaet, her vist med potentialnummerering, hvilket vil sige, at alle ledere med samme potentiale får samme nummer.



Information (hvor det er relevant) om følgende:

1. Programmering
2. Funktionsrækkefølge
3. Hyppighed af eftersyn
4. Hyppighed af (og metode til) funktionsprøvning.
5. Vejledning i justering, vedligeholdelse og reparation, især af beskyttelsesindretningerne og kredsene

Disse informationer er ikke medtaget her, da dette anlæg skønnes så simpelt, at det ikke vil være relevant.

© EVU

Stykliste

Eksempel på stykliste.

Elnummer	Eannummer	Type	Beskrivelse	Forhandler
4562016208	123000999000	Lybke	Transformer 200VA 230/400v	LP
1000000001	123000000001	Nqc	1pol neozed komplet 2A	LP
1000000002	123000000002	Nqc	2pol neozed komplet 1A	LP
1000000003	123000000003	Nqc	3pol neozed komplet 13A	LP
7517130013	3389110610024	XB2BA31	Tryk, plan grå, 1NO	Schneider Electric A/S
7517130026	3389110610048	XB2BA42	Tryk, plan sort, 1NC	Schneider Electric A/S
7517131119	3389110611229	XB2BV74	Signallampe rød, 220V m/modstand	Schneider Electric A/S
7921028410	4008190297749	WDU 2,5	Gennemgangsklemme sort	Knud Wexøe A/S
7921028397	4008190455149	WDU 2,5	Gennemgangsklemme gul/grøn	Knud Wexøe A/S
2322023019	5702423013623	CB-NO	Hjælpekontakt 1 S	DANFOSS A/S
2322024885	5702423014392	TI 16 C	Termorelæ 2,7-4,2 A	DANFOSS A/S
2322023022	5702423015832	CB-NC	Hjælpekontakt 1 B	DANFOSS A/S
2322021752	5702423021178	CI 9	Kontaktor 9A 3pol 230 V 50 Hz	DANFOSS A/S
2000000000	1200000000002	123XW	Motor 1.3kw	ABB

Hvis der ønskes en egentlig reservedelsliste, kan denne tillige indeholde anbefalede erstatningskomponenter.

Der gøres opmærksom på, at styklisten er obligatorisk, hvorimod reservedelslisten kun er anbefalet.

Beskyttelse:

Der skal være en beskrivelse, herunder ydre forbindelsesskemaer, af beskyttelsesmidlerne, tvangskoblingsfunktionerne og tvangskoblingerne af afskærmninger mod potentielt farlige bevægelser

Samtidig skal der være en beskrivelse af sikkerhedsforanstaltningerne og de midler, der om nødvendigt skal anvendes til at sætte sikkerhedsforanstaltningerne ud af funktion, fx ved manuel programmering eller programverificering.

Dette er udeladt i eksemplet, da denne maskine er totalt ufarlig.

Montageliste:

Ud over det viste vil det være ønskeligt med en forbindelsesliste, også kaldet terminaltabel eller montageliste.

Denne vises i det følgende:

© EVU

	Fra		Til	
Ledn. nr.	Navn	Terminal	Navn	Terminal
1	-F3	1	-F5	95
2	-T1	3	-Q1	A2
3	-Q2	22	-Q1	A1
4	-Q2	21	-X1	3
5	-X1	3	-S2	14
6	-S2	13	-X1	2
7	-X1	2	-S1	22
8	-S1	21	-X1	1
9	-X1	1	-F5	96
10	-Q1	14	-Q2	21
11	-Q1	A2	-P1	A2
12	-Q1	13	-S2	13
13	-P1	X1	-Q1	14
14	-Q2	A2	-P1	X2
15	-X1	4	-Q1	21
18	-X1	4	-Q1	21
19	-X1	4	-S3	14
20	-F5	97	-F5	95
21	-Q2	14	-Q1	21
22	-P2	X2	-Q2	A2
23	-Q2	13	-S3	13
24	-P2	X1	-Q2	14
25	-P3	X2	-P2	X2
26	-P3	X1	-F5	98
27	-F4	1	-X1	L1
28	-F4	3	-X1	L2
29	-X1	L3	-F4	5
30	-X1	U	-Q1	2
31	-F5	2	-Q1	1
32	-F5	1	-F4	2
33	-X1	V	-Q1	4
34	-F5	4	-Q1	3
35	-F5	3	-F4	4
36	-X1	W	-Q1	6
37	-F5	6	-Q1	5
38	-F5	5	-F4	6
39	-F5	2	-Q2	1
40	-Q1	2	-Q2	6
41	-Q2	4	-Q1	4
42	-Q2	2	-Q1	6
43	-F5	4	-Q2	3
44	-Q2	5	-F5	6
45	-T1	3	-X1	PE
46	-F1	1	-F4	1
47	-F1	3	-F1	3
48	-T1	1	-F4	1
49	-T1	2	-F4	3
50	-F3	2	-T1	4

© EVU

PLC-styrede anlæg

Hvis det automatiske anlæg er PLC-styret, skal de tidligere viste dokumenter stadig udfærdiges.

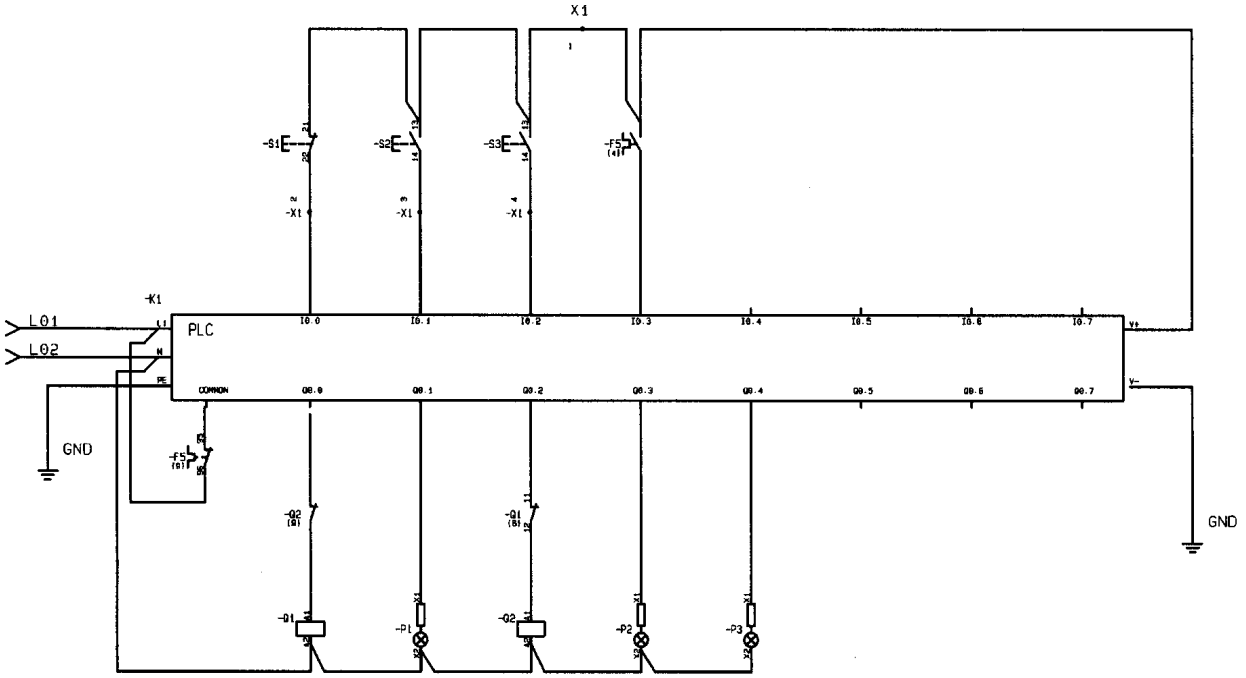
I det følgende vises det samme anlæg som tidligere, men her PLC-styret.

Hovedstrømsskema

Hovedstrømsskemaet vil stadig kunne anvendes.

Styrestrømsskema

Styrestrømsskemaet vil nu indeholde PLC-udstyret:



I de moderne PLC-værktøjer er der mulighed for at lave en hel del dokumentation. Først skal nævnes symbollisten, også kaldet navneliste eller TAG-liste. Denne bør laves, inden man begynder at programmere, så man kan programmere med de symbolske operander i stedet for absolutoperander. En symbolsk operand kan evt. hedde fx START, medens den tilhørende absolutoperand fx kunne hedde Q0.0

Sikkerhedsrelaterede betragtninger

Hvis PLC'en skal håndtere sikkerhedsrelaterede styresystemer skal kravene i ISO 13849-1 og eller IEC 62061 også tilgodeses.

© EVU

Her vises en symbolliste

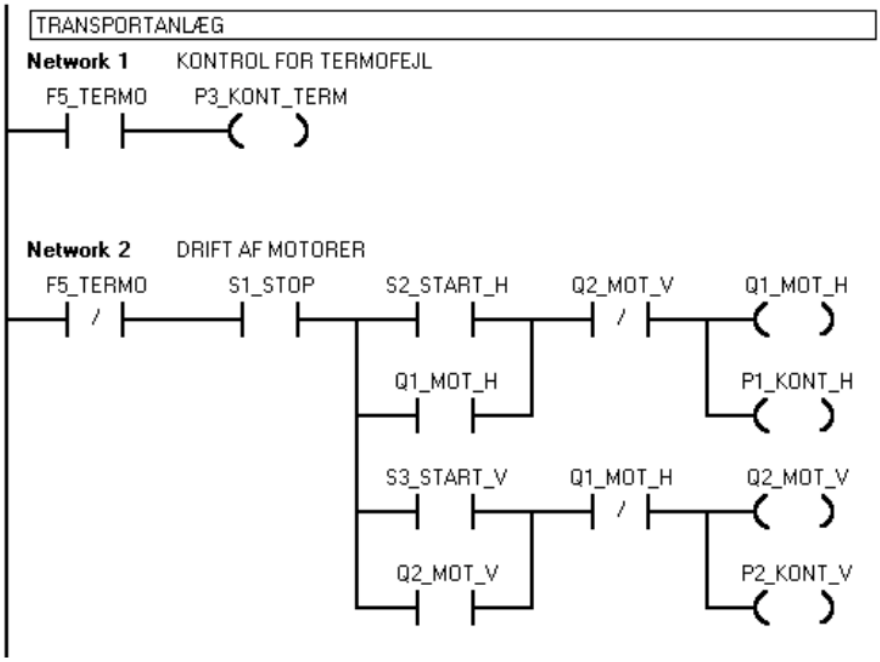
	Symbol	Address	Comment
1	S1_STOP	I0.0	Stopkontakt (S1) NC
2	S2_START_H	I0.1	Startkontakt for højredrift (S2) NO
3	S3_START_V	I0.2	Startkontakt for venstredrift (S3) NO
4	F5_TERMO	I0.3	Termorelæ (F5) NO
5	Q1_MOT_H	Q0.0	Motor Højre
6	P1_KONT_H	Q0.1	Kontrollampe Højre
7	Q2_MOT_V	Q0.2	Motor Venstre
8	P2_KONT_V	Q0.3	Kontrollampe Venstre
9	P3_KONT_TERM	Q0.4	Kontrollampe

PLC-program

I PLC-styrede anlægsdokumentation skal der normalt medfølge en udskrift af PLC-programmet i et af de i IEC 61131 omtalte sprog, hvoraf de mest anvendte er Ladder, Function Block Diagram eller Anvisningsliste (Liste).

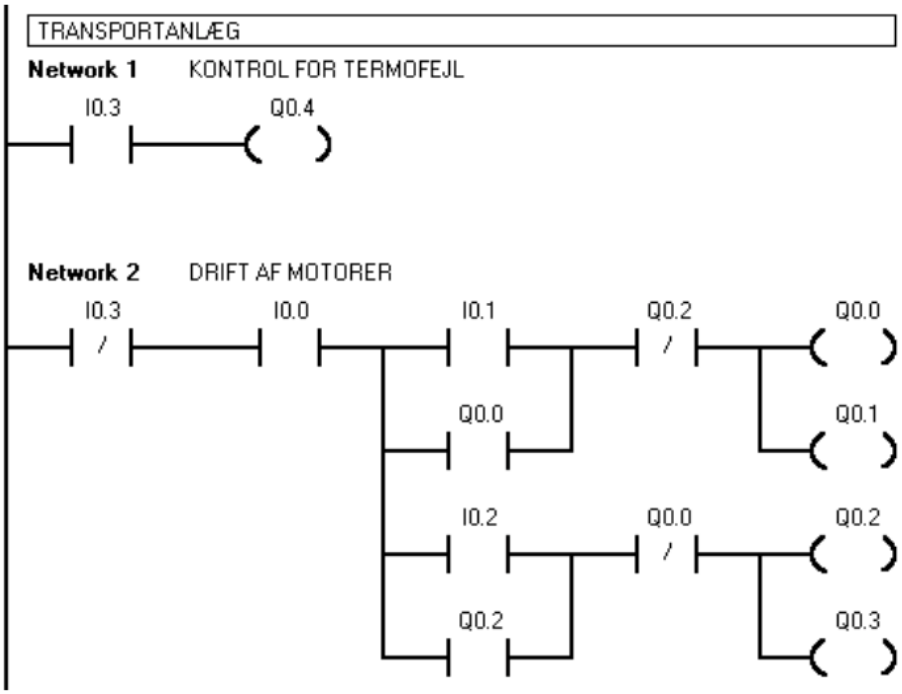
Ladder

I det følgende vises PLC-programmet udskrevet i sproget Ladder med symbolske operander.



© EVU

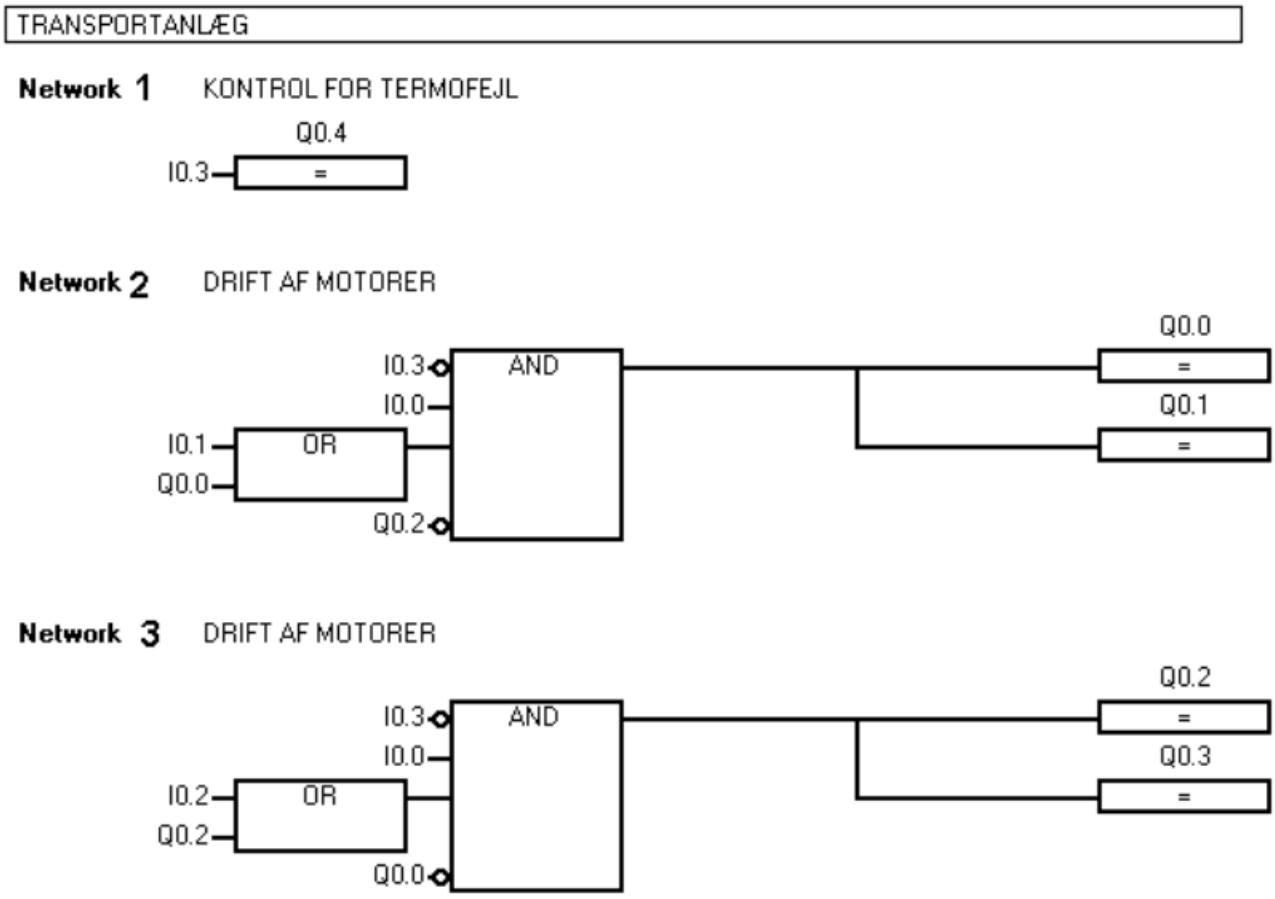
Herefter vises programmet stadig i Ladder udskrevet med absolutoperander.



© EVU

Function Block Diagram:

Programmet vises herefter i sproget Function Block Diagram (FBD) (Logikskema).



 © EVU

Anvisningsliste:
Sluttelig vises programmet på listeform.

```
TRANSPORTANLÆG

Network 1    KONTROL FOR TERMOFEJL
LD      I0.3
=       Q0.4

Network 2    DRIFT AF MOTORER
LDN     I0.3
A       I0.0
LD      I0.1
O       Q0.0
ALD
AN      Q0.2
=       Q0.0
=       Q0.1

Network 3    DRIFT AF MOTORER
LDN     I0.3
A       I0.0
LD      I0.2
O       Q0.2
ALD
AN      Q0.0
=       Q0.2
=       Q0.3
```


© EVU

EMC

Hvad er EMC?

EMC er forkortelse af det amerikanske Electro Magnetic Compatibility, som oversat til dansk betyder elektromagnetisk kompatibilitet eller mere sigende elektromagnetisk sameksistens.

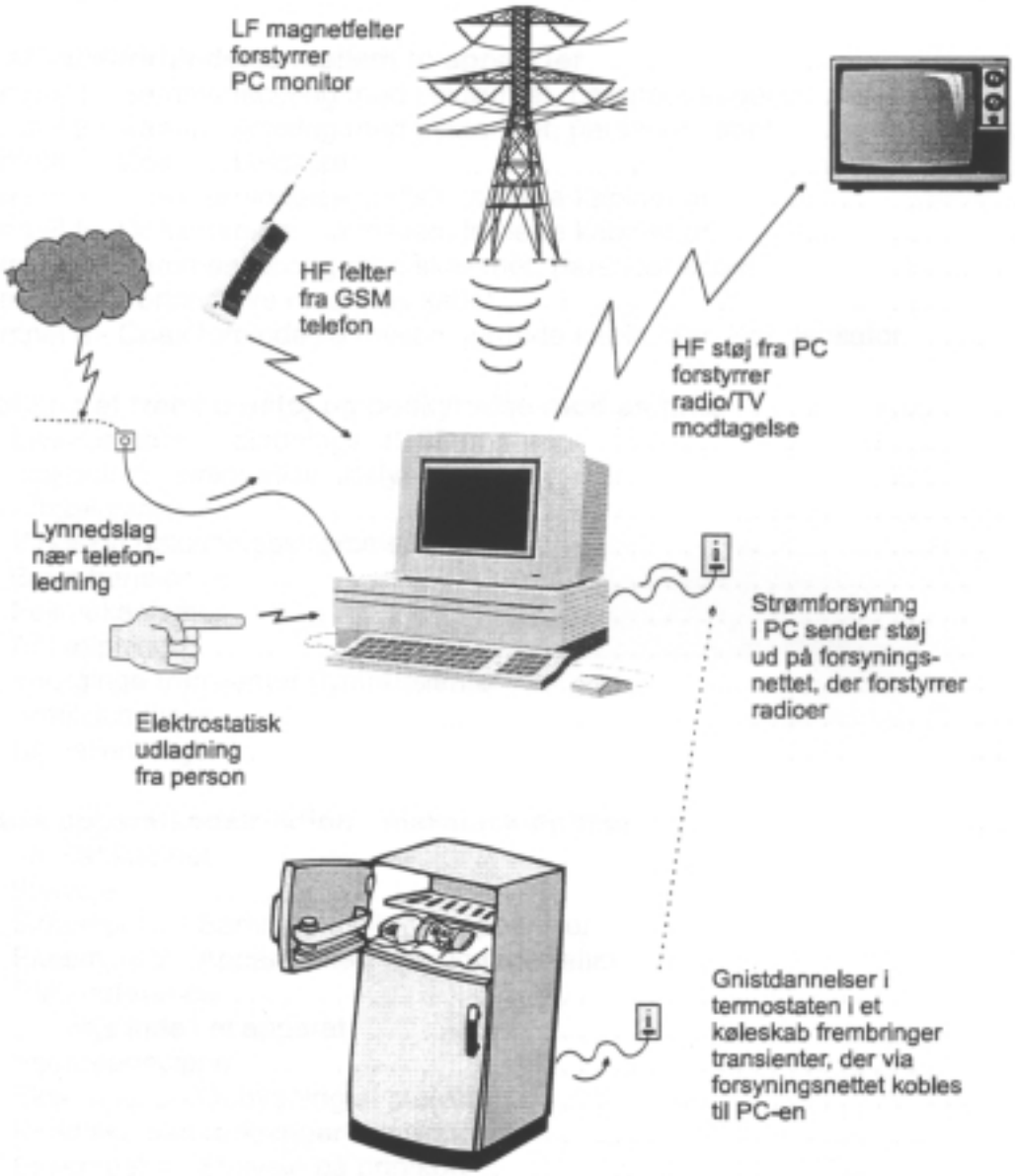
EMC omfatter i praksis de tiltag, som producenter af elektriske apparater laver, for at disse ikke skal forstyrre hinanden. Alle elektriske apparater er følsomme over for støj, og alle elektriske apparater udsender støj. Det, man hele tiden skal have i baghovedet, er, at signal for et apparat er støj for et andet apparat. Som eksempel kan man tage en mobiltelefon. Den samtale, som man fører, er et ønsket signal for mobiltelefonen, men dette signal er støj, for fx et TV. Omvendt kan man sige, at når et TV modtager en kanal, er det et ønsket signal for TV'et, men det er støj for mobiltelefonen.

Når man fremstiller et TV, skal det gøres immunt over for alt andet end TV-kanaler, men på samme tidspunkt skal man sørge for, at TV'et ikke udsender så meget støj, at det generer mobiltelefonen. Det samme gælder selvfølgelig for producenten af mobiltelefonen.

Man bruger om disse begreber to ord:

- Immunitet: Apparats evne til at kunne tåle støj.
- Emission: Apparats evne til ikke selv at udsende støj.

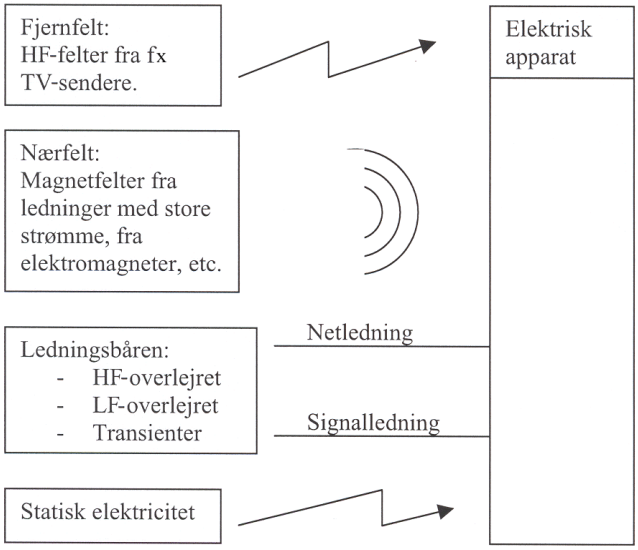
© EVU



Figur 1.1.
EMC-fænomener omkring en PC.

© EVU

Støj kaldes også meget ofte for indstråling, og den måde, det kommer ind i apparatet på, kaldes for kobling. Støj kan stamme mange steder fra og kan være af mange arter.



Det elektriske apparat omfatter både enkeltapparater og sammenbygninger i tavler. Man opdeler støj i forskellige kategorier, da støj altid består af 2 dele, nemlig en styrke eller amplitude og en hyppighed eller frekvens.

Lavfrekvente magnetfelter

Lavfrekvente magnetfelter optræder typisk i nærheden af transformatorer, kabler, strømskinner, af højspændingsledninger og lignende steder. Disse lavfrekvente magnetfelter har ikke en særlig lang rækkevidde, da styrken aftager i 3. potens med afstanden til kilden. De er derimod meget svære at skærme et apparat imod. Lavfrekvente magnetfelter giver anledning til induktion af spændinger i alt ledende materiel, også den kasse, som apparatet kan være indbygget i. Det er også de lavfrekvente magnetfelter, der får en almindelig transformator til at virke. Det mest lavfrekvente magnetfelt, vi kan udsættes for, er en DC forsynet elektromagnet.

© EVU

Lavfrekvente elektriske felter

Disse optræder typisk i forbindelse med lysstofrør, højspændingsledninger og ved TV/monitorer. I praksis er der langt flere problemer med lavfrekvente magnetiske felter end med lavfrekvente elektriske felter. Disse aftager også med ca. 3. potens i forhold til afstanden til kilden. Den eneste rigtige fjende i dette område er 50 Hz.

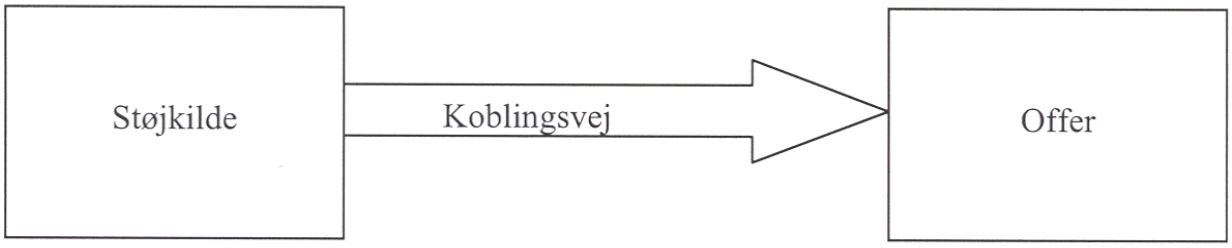
Højfrekvente elektromagnetiske felter

Stammer fra sendere af forskellig art, lige fra TV sendere, mobiltelefoner, radaranlæg, mikrobølgeovne, etc. Disse støjkilders antal er eksploderet inden for de seneste 30 år, og er dermed blevet en alvorlig kilde til støj, som man må tage højde for ved opbygning af apparater.

Koblingsmekanismer

For at der kan opstå EMC-problemer, skal der være 3 ting til rådighed. Disse er:

- En støjkilde
- En koblingsvej
- Et offer for støjen



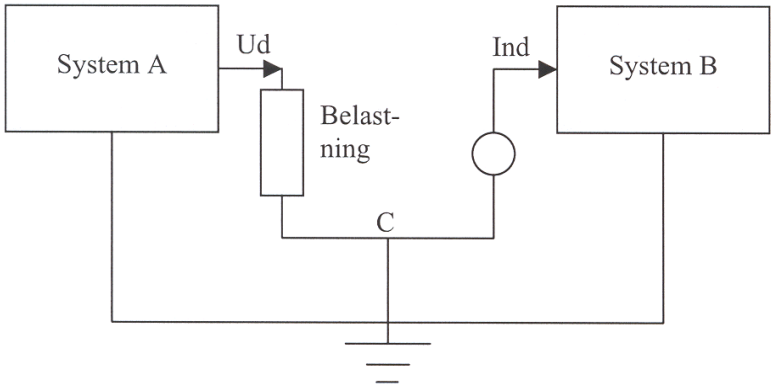
© EVU

For at slippe af med støjen er der derfor kun 3 ting at gøre:

- Ved støjkilden : Nedsætte eller fjerne emissionen (tit meget svært).
- I koblingsvejen : Afskære koblingsvejen for støjen.
- Ved offer : Gøre offeret (apparatet) immunt over for støj.

Det, man i praksis gør, er at nedsætte koblingsvejens evne til at opfange støj samt gøre apparatet immunt over for støj. Dette skyldes, at man meget ofte ikke er herre over støjkilden. Da den stø,j vi bliver udsat for, indeholder en vis mænge energi, er vi nødt til at transportere denne støj uden om vores apparat og sende det til jord/stel. Vi kan ikke bare lade vores apparat absorbere støjen, da den så bliver til varme, som heller ikke er ønsket.

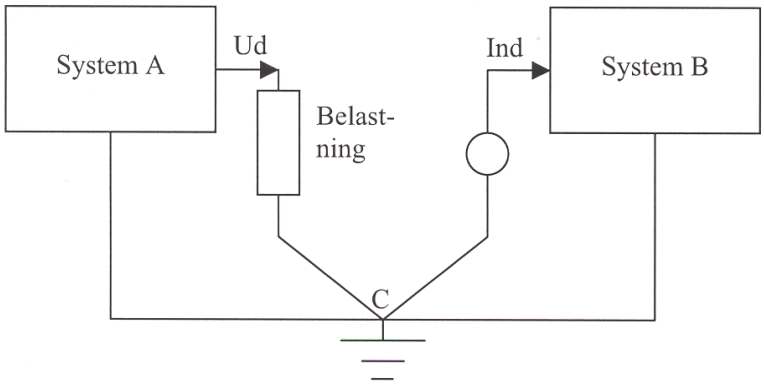
Eksempel på sammensat system



De to systemer A og B er via punkt C koblet til jord. Hvis der nu fra system A går en strøm gennem dennes belastning, vil der opstå en spænding over det ledningsstykke, der er mellem punkt C og jordforbindelsen. Denne spænding vil forårsage en fejlspænding på system B i forhold til jord. Denne metode til sammenkobling af 2 systemer er derfor ikke hensigtsmæssig.

© EVU

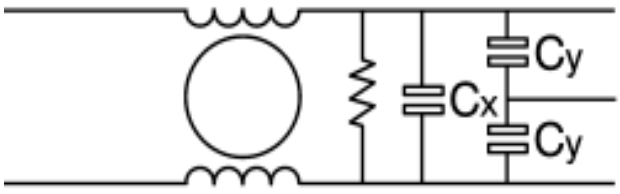
Denne fejl kan elimineres ved at lave montagen på følgende måde:



Nu er punkt C et fælles jordpunkt for de 2 systemer, og fejlspændingen er elimineret. I en sådan opstilling kan både støjkilden og offeret være samme apparat. Der kunne fx være tale om en motorregulering og en PLC i samme skab.

Støj fra nettilslutning

Støj, som kommer ind i apparatet via nettilslutningen, fjernes/dæmpes bedst ved at anvende et netfilter. Et netfilter har til opgave kun at sluse 50 Hz igennem. Et netfilter er en færdig enhed, som SKAL monteres direkte til apparatets metalkasse eller lignende. Filtret må ALDRIG monteres til metalkassen via en ledning.

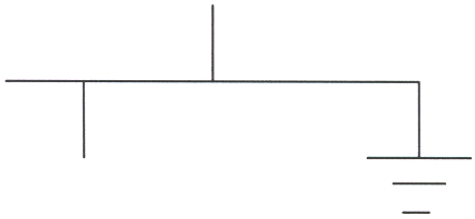




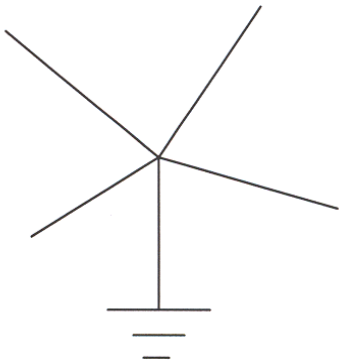
 © EVU

Udligningsforbindelser inde i apparatet

Da mange signaler inde i apparatet har reference til en eller anden form for stel, er det vigtigt, at disse udligningsforbindelser laves rigtigt. Hvis man har flere stelforbindelser, er det ikke hensigtsmæssigt at samle alle disse som perler på en snor, da det vil give forskelligt stelniveau og dermed fejlagtige målinger, hvor disse foretages i forhold til stel. Denne form for støj kaldes for common mode støj. Alle stelledninger skal derfor samles i et stjernepunkt.



Som perler på en snor: IKKE GODT



I et stjernepunkt: GODT

Hvis man har flere forskellige typer stel, som fx et analogt stel (en analog ind- eller udgang på en PLC) og et digitalt stel (en ON/OFF- indgang eller udgang på en PLC), er det god EMC-etik at lade være med at blande disse. Det kan dog ikke altid lade sig gøre, og så må man gøre det næstbedste, som er at samle de to signaltypers stelforbindelser i et fælles stjernepunkt.

© EVU

Indbygningsskassen/skabet

Det første, man må se til, er, at den indbygningskasse, som man bruger, er tæt og lavet af et ledende materiale, som fx stål. Lågen skal slutte tæt med et ledende materiale imellem, som fx omspundet gummi. Hvis man ser på en totalt lukket kasse uden huller, vil den have følgende dæmpning over for diverse signaler.

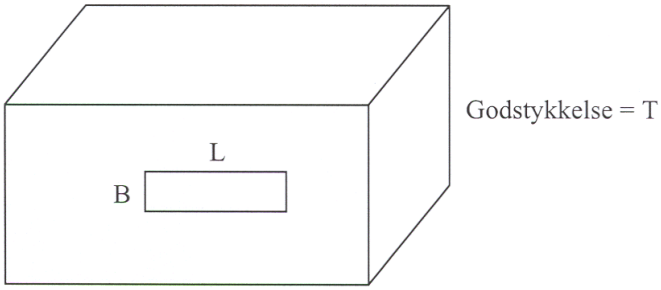
Tabellen angiver dæmpningen i dB for 0,25 mm plade ved forskellige former for indstråling og frekvens. Her ses det tydeligt, at det er langt det nemmeste at dæmpe højfrekvent støj. Som det også ses, er der ikke meget dæmpning for en lavfrekvent, magnetisk stråling, som jo kan stamme fra en DC-forsynet elektromagnet. Denne form for støj kan kun ledes forbi vores apparat ved brug af magnetiske materialer i selve apparatopbygningen.

Frekvens	Kobber			Jern		
	Magn.	Elekt.	Fjern.	Magn.	Elekt.	Fjern.
60 Hz	4	260	131	3	245	117
1 kHz	25	233	129	15	219	115
10 kHz	45	213	129	52	218	134
150 kHz	69	190	130	188	308	248
1 MHz	98	185	142	391	479	435
15 MHz	205	245	225	1102	1143	1123
100 MHz	418	426	422	1425	1434	1430

Desværre kan vi ikke anvende en total lukket kasse til noget som helst, da vi jo skal have diverse ledninger ind i kassen, måske skal vi også have varme ud, osv. Der sker det, når vi begynder at lave huller i kassen, at vi svækker dens evne til at dæmpe for støj.

© EVU

Hvis vi laver et hul i kassen til fx et display, kan kassens dæmpning udregnes på følgende måde.



$$Dæmpning_{apparat} =$$

$$161 - 10 \cdot \log(A \cdot F^2) + 30 \cdot \frac{T}{F}$$

A = Arealet af hullet , her L x B, i kvadratmeter.
F = frekvensen i Hertz.

Hvis vi nu antager, at der i nærheden findes en radioamatør, som sender på 1MHz.
Hullet sættes 10 x 100 mm. Godstykkelsen sættes til 1 mm.

$$Dæmpning_{apparat}\ bliver\ nu =$$

$$161 - 10 \cdot \log(0{,}1 \cdot 0{,}01 \cdot (10^6)^2)$$

$$+ \frac{30 \cdot 0{,}001}{0{,}1} = 71{,}3\ dB$$

Som det ses, giver det sidste led ingen bidrag, hvis forholdet mellem godstykkelse og længde af hullet er meget lille. Derfor kommer formlen til at se således ud:

$$S_{apparat} = 161 - 10 \cdot \log(A \cdot F^2)$$

© EVU

Dæmpningen for apparatet bliver derfor ved 1 MHz = 71,3 dB. Dette kan nu sammenlignes med tabelværdien ved 1 MHz (se tabel forrige side). Det ses, at tabelværdien er større. Det skulle den også gerne være, da tabellen jo angiver en kasse uden huller.

Hvis vi laver flere huller i kassen, er det af betydning, hvor store disse huller er (ovenstående formel) samt afstanden mellem hullerne. Afstanden mellem hullerne (for at undgå yderligere reduktion i skærmdæmpning, selv om der er flere huller), kan kun opnås ved at lave afstanden mellem hullerne større end en halv bølgelængde.

En bølgelængde er som bekendt forholdet mellem lysets hastighed og frekvensen. En frekvens på 1 MHz giver derfor en bølgelængde på

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{1 \cdot 10^6} = 300\ m$$

Det vil sige, at der skal være en afstand på 150 meter mellem hullerne i apparatet, hvilket jo ikke kan lade sig gøre. Hvis vi så alligevel laver flere huller, må vi regne med en yderligere reduktion i dæmpningen. Denne yderligere dæmpning kan udregnes på følgende måde:

Yderligere reduktion i dæmpning =

$$10 \cdot \log \sqrt{N}$$

Hvor N er antallet af huller.

Hvis vi sammenholder de to formler, ses det, at mange små huller er meget bedre end 1 stort. Derfor kan man, med stor effekt, sætte gitre foran store huller for at lave et stort hul til mange små. Dette princip ses tydeligt bag på en pc ved ventilationen til strømforsyningen.

© EVU

Hvis vi laver 10 huller i en kasse bliver den yderligere reduktion i dæmpning =

$$10 \cdot \log \sqrt{10} = 10 \cdot 0{,}5 = 5\ dB$$

Eks. På et stort hul på 10 x 10 cm, ved 1 MHz, derefter opdeling i 100 huller a 1 cm^2.

$$Dæmpning_{apparat} = 161 - 10 \cdot \log(A \cdot F^2)$$

$$Dæmpning_{apparat} =$$

$$161 - 10 \cdot \log(0{,}1 \cdot 0{,}1 \cdot (10^6)^2) = 61\ dB$$

Opdeling i gitter, så der bliver 100 huller a $1cm^2$

$$Dæmpning_{apparat} =$$

$$161 - 10 \cdot \log(0{,}01 \cdot 0{,}01 \cdot (10^6)^2) = 81\ dB$$

Yderligere reduktion i dæmpning =

$$10 \cdot \log \sqrt{N} = 10 \cdot \log \sqrt{100} = 10\ dB$$

Den samlede dæmpning bliver nu =

$$81\ dB - 10\ dB = 71\ dB$$

Det ses tydeligt, at det er bedre at have mange små huller end et stort.

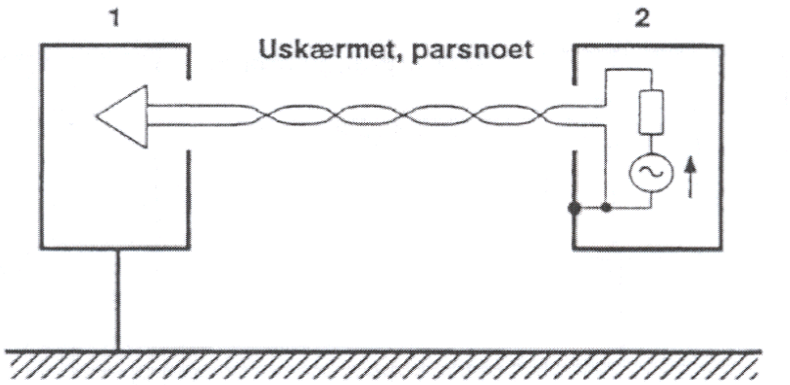
© EVU

Ledninger ud og ind i apparatet

Ud over den omtalte netledning skal vi i mange tilfælde have forskellige former for signaler ind i apparatet, og ligeledes nogle ud af apparatet.

I alle eksempler er 2 signalkilden, og 1 er signalmodtager.

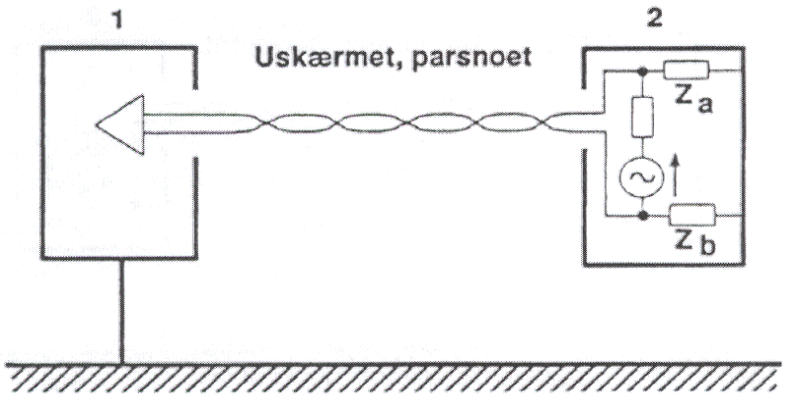
Metode 1.



Kredsløbet anvendes ved overførsel af analoge signaler i billige anlæg. Metoden er følsom over for højfrekvent indstråling og LF-indstråling. Systemets balance er ødelagt, fordi den ene ende af signalkilden er koblet til signalgiverens stel.

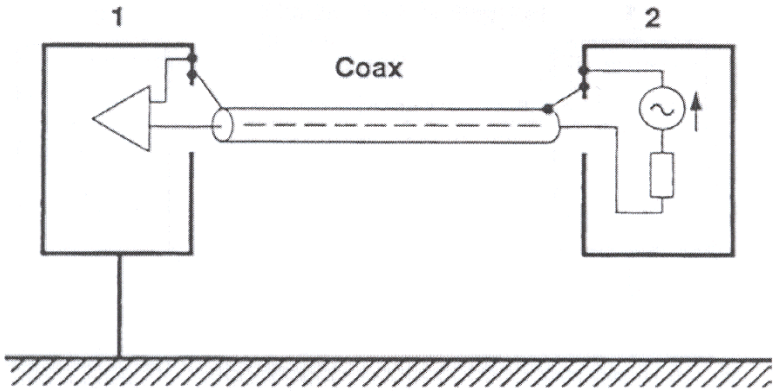
© EVU

Metode 2.



Kredsløbet anvendes til transmittere i industrien, hvor der stilles krav om en vis immunitet over for støj. Kredsløbet er bedre end metode 1, da man ved signalkilden har opretholdt et balanceret signal.

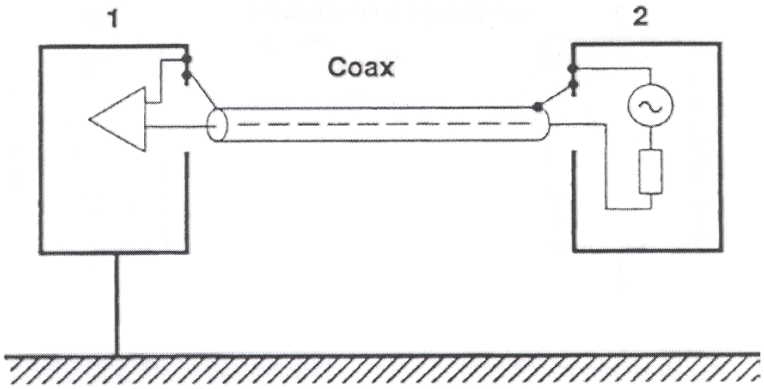
Metode 3.



Kredsløbet anvendes til hurtige analoge og digitale signaler. Der er god dæmpning for såvel HF- som LF-støj. Det er en forudsætning, at der ikke forefindes pigtails (grisehaler).

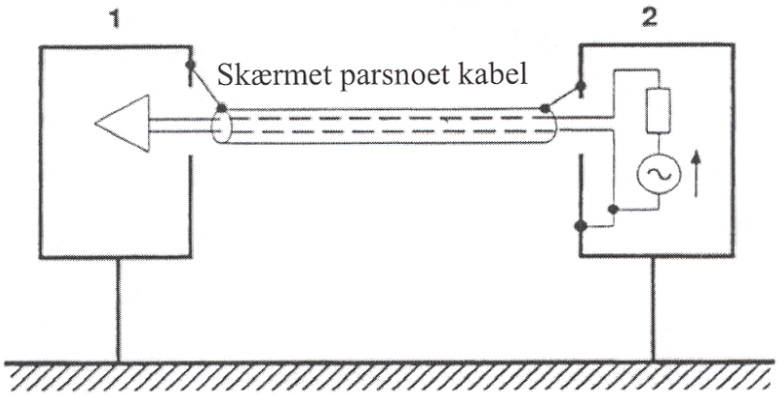
© EVU

Metode 4.



Metoden anvendes ikke ret ofte, da den giver tendens til en støjspænding, som opstår, fordi impedanserne i jordudligningen ikke er den samme som i coax-kablet. Man siger, at man har lavet en brumsløjfe eller jordsløjfe. Hvis man vil anvende coax-kabel og jording i begge ender, kan man med fordel lade være med at jordforbinde coax-kablet ved signalmodtageren (1). Dette gør dog, at man får en noget dårligere dæmpning over for HF.

Metode 5.

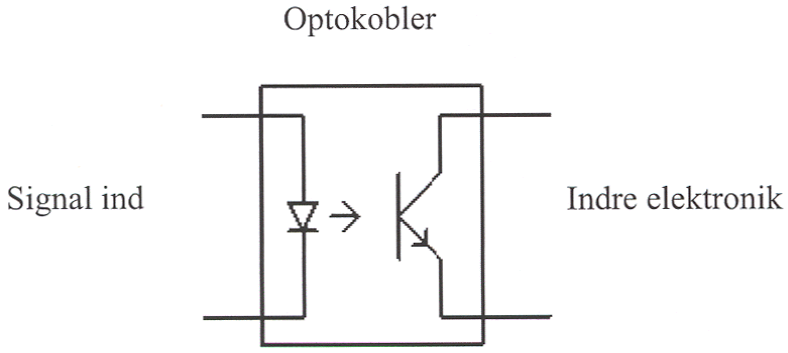


Det viste kredsløb anvendes, hvor der stilles store krav til EMC egenskaber, som fx overførsel af analoge og digitale signaler i støjfyldte industrimiljøer. Igen er det her ikke tilladt at anvende pigtails (grisehaler).

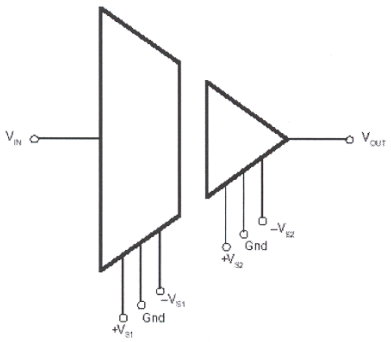
© EVU

Beskyttelse mod transienter

Den bedste måde at beskytte et apparat mod transienter på er at lave galvanisk adskillelse. Den galvaniske adskillelse er rimelig nem at lave på digitale indgange ved at anvende optokoblere. En optokoblers galvaniske adskillelse opnås ved, at en lysdiode følger indgangssignalet og lyser over på en lysfølsom transistor, som så er tilsluttet den indre elektronik i apparatet.



På en analog indgang bliver det lidt sværere, men det kan lade sig gøre ved at anvende isolationsforstærkere. En isolationsforstærker laver en galvanisk adskillelse ved at overføre signal via en kondensator, der jo som bekendt består af 2 plader med en vis afstand.



Som det ses skal den viste isolationsforstærker have en ekstern og en intern spændingsforsyning. Disse to spændingsforsyninger skal selvfølgelig være galvanisk adskilte. Hvis man vil have galvanisk adskillelse på forsyningssiden i apparat, er det nødvendigt at anvende en transformer eller en SMPS (Switch Mode Power Supply), som er godkendt som galvanisk adskiller.

For at kunne beskytte sit apparat mod meget store transienter kan der også anvendes gnistgab, gasrør,

© EVU

varistorer samt andre former for transientbeskyttelsesudstyr. Hvis der monteres sikringer, som skal sikre mod transienter, er det vigtigt at anvende højenergisikringer og ikke automativsikringer.



Højenergisikring



Automativsikring

Afsluttende bemærkninger.

Hvis man følger ovenstående retningslinier, går man ikke helt galt i byen med hensyn til EMC, da man samtidig beskytter andre mod udstråling fra eget apparat ved at anvende de viste principper.

© EVU

Transformere

Transformeren er en vekselstrømsmaskine, men i modsætning til andre maskiner har den ingen bevægelige dele. Den tilføres elektrisk energi og afgiver elektrisk energi igen. Siden man gik over til at distribuere elektricitet som vekselstrøm, har transformeren fået stor udbredelse i såvel forsyningsnettet som i elektriske apparater.

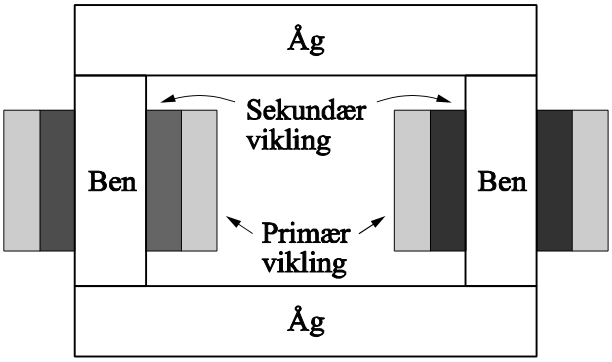
Den praktiske udførelse af en transformer kan variere en del, alt efter hvad den skal anvendes til.

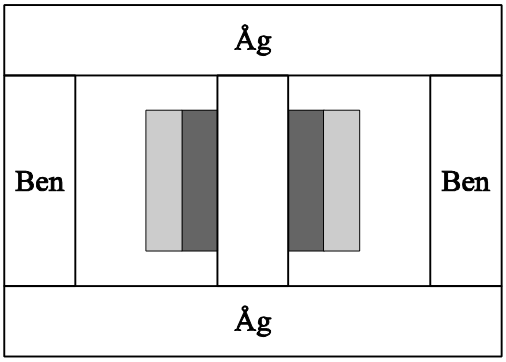
Transformeren anvendes oftest til:

- at omsætte en høj vekselspænding fra forsyningsnettet til en lavere vekselspænding, som kan anvendes i almindelige installationer.
- at opnå en elektrisk adskillelse mellem to strømkredse.
- at omsætte en fast vekselspænding til en variabel vekselspænding.
- at omsætte en høj vekselspænding eller vekselstrøm til en praktisk målelig størrelse.
- at omsætte en lav vekselspænding til en høj vekselspænding.

Transformerens opbygning og bestanddele

En transformer består grundlæggende af 3 dele:





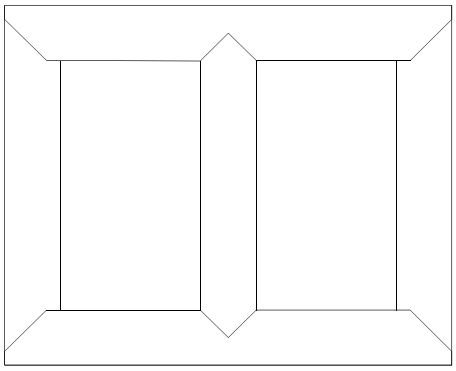
1. Kernen, som bærer viklingerne, gennemløbes af de magnetiske kraftlinier, der skabes af strømmen i viklingerne.

© EVU

2. Primærviklingen, der tilsluttes en forsyningsspænding, benævnes ofte som 1. vikling.
3. Sekundærviklingen, der afgiver en spænding, benævnes ofte som 2. vikling.

En vikling kan bestå af en eller flere spoler, og en spole kan bestå af en eller flere vindinger.

Transformerkernen

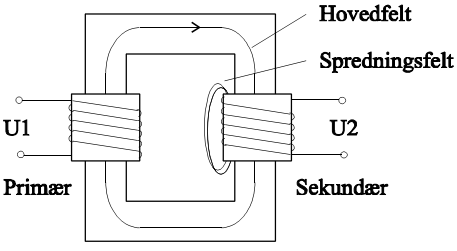


Kernen opbygges af jernplader, der er legeret med silicium og overfladebehandlet, så to plader ikke danner elektrisk forbindelse. Denne legering forøger jernets ohmske modstand, så hvirvelstrømstabene nedsættes. Samtidig får jernet en smal hysterese-sløjfe og dermed et lille hysteresetab *(hysteresetab: jernet yder en vis modstand mod magnetisering, ligesom det yder en modstand mod afmagnetisering, når strømmen aftager. Dette energitab kaldes hysteresetabet, der kan beregnes i watt.)*

Ved opbygning af kernen tilstræbes det, at de enkelte pladestykker bliver indsat, så de magnetiske kraftlinier forløber i jernets valseretning, hvor den magnetiske ledeevne er bedre end på tværs af valseretningen.

Pladerne samles meget omhyggeligt, så luftmellemrummene bliver så små som mulige. Herefter spændes kernen sammen med tværgående bolte, der føres gennem udstansede huller i pladerne. For at disse bolte ikke skal kortslutte pladerne elektrisk, forsynes hullerne først med et isolationsrør.

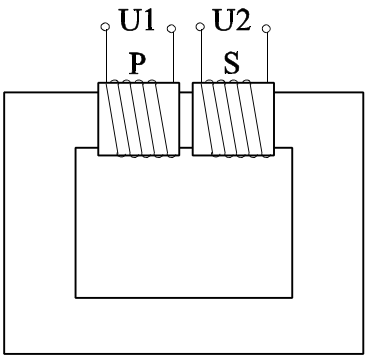
Kernetyper



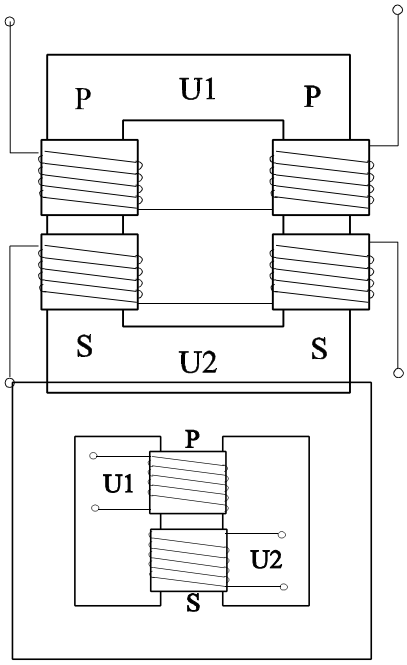
Ringkernen virker som en sluttet jernring. Den del af jernkernen, der omsluttes af spolerne, kaldes benene og den øvrige del kaldes åget.

Normalt anbringes der en vikling på hvert ben, men ved store strømme, hvor der dannes kraftige magnetfelter, vil kraftlinierne *(kraftlinier går i en bue fra magnetens nordpol til sydpol)* sprede sig uden for kernen ved hjørnerne. Dette medfører, at der opstår et tab af kraftlinier, som kaldes spredningsfeltet.

© EVU



Lægges begge viklinger på samme ben, vil kraftlinietallet være ens for de to viklinger.



Nogle transformere har den enkelte vikling opdelt i to spoler, så der lægges en spole fra hver vikling på benene. Her er kraftlinietallet også ens for begge viklinger.

Kappekernen omslutter viklingerne, der er anbragt på midterbenet, og da det kun er halvdelen af det samlede kraftlinietal, der gennemløber kernens sider, vil spredningsfeltet uden for kernen være minimal.

Viklingerne

Til viklingerne anvendes der et materiale med god elektrisk ledeevne, oftest kobber eller aluminium. I mindre transformere maskinfremstilles viklingen af en lang lakisoleret kobbertråd. I større transformere til forsyningsnettet kan en vikling være fremstillet af flere spoler og fremstillet af aluminiumsplade, isoleret med papir. Når der anvendes papir som isolation, er viklingen nedsænket i olie. Det er dermed olien, der virker som isolation; papirets formål er at holde en vis afstand.

© EVU

Transformerstørrelser

På de fleste transformere er størrelsen opgivet i VA. Størrelsen kan variere fra nogle få VA, såsom transformeren i en radio, op til størrelser på mange MVA, som anvendes i forsyningsnettet. Men princippet er altid det samme.

Effekten, som transformeren opgives i, er altid den afgivne effekt, beregnet ud fra sekundær spænding og strøm.

Virkemåde

Når de magnetiske forhold ændres omkring en leder, bliver der induceret en spænding i lederen, og dette er grundlaget for transformerens virkemåde.

Tilsluttes primærviklingen en vekselspænding, vil der gå en vekselstrøm i viklingen, og denne strøm vil skabe et vekselfelt i jernkernen. Vekselfeltet inducerer en elektromotorisk kraft i både primær- og sekundærspolerne. Hvis sekundærspolen er tilsluttet en belastning, så der dannes en strømkreds, vil der gå en strøm i sekundærspolen.

Spændingen over hver vikling er ens for både primær- og sekundærviklingen, så forholdet mellem primær- og sekundærspænding bliver det samme som forholdet mellem primær- og sekundærvindingstal.

Omsætningsforhold

Som nævnt er omsætningsforholdet forholdet mellem antallet af vindinger på primærside og sekundærside. Det kan udregnes med følgende formel, hvor 'n' er omsætningsforholdet, der er et ubenævnt tal, 'N1' er antallet af vindinger på primærsiden, og 'N2' er antallet af vindinger på sekundærsiden.

$$n = \frac{N1}{N2}$$

© EVU

Da spænding pr. vinding er ens for primær og sekundær, når der ses bort fra det spændingsfald der opstår i vindingerne under belastning, kan omsætningsforholdet også udregnes tilnærmelsesvis med følgende formel.

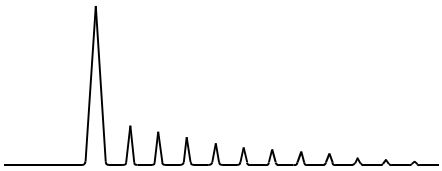
$$n \approx \frac{U1}{U2}$$

Hvis det primære vindingstal N1 er 10 gange større end det sekundære vindingstal N2, er den primære spænding U1 også 10 gange større end sekundærspændingen U2.

Transformeren under indkobling

Ved tilslutning af spænding til primærviklingen vil magnetiseringsstrømmen blive mange gange større end tomgangsstrømmen, da det tager en vis tid at opbygge magnetfeltet i kernen.

Primærviklingen vil derfor ikke kunne yde den nødvendige modspænding, så strømmen begrænses kun af viklingernes ohmske modstand. Derfor kan der opstå et kraftigt indkoblingsstrømstød, der dog kun bliver af kort varighed, idet feltet ret hurtigt får normal styrke.



Tegningen viser strømstødet, der opstår under indkobling. Ved valg af sikring foran en transformer i forsyningsnettet bruges en håndregel, der siger, at sikringen skal kunne holde til 12 x fuldlaststrømmen i mindst 0,1 sek.

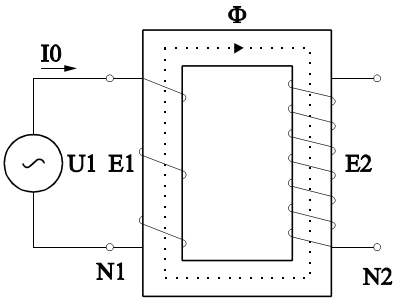
© EVU

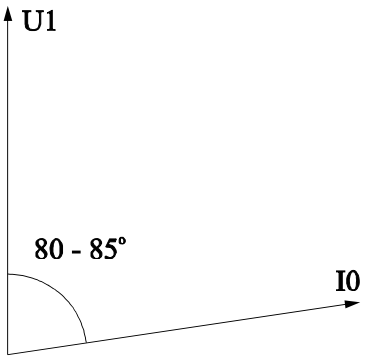
Transformeren under tomgang

Ved tomgang forstås driftstilstanden, når transformeren er uden belastning på sekundærsiden. Der går altså ingen strøm i sekundærviklingen. Tomgangsstrømmen benævnes Io. Denne strøm er meget lille i forhold til fuldlaststrømmen, der benævnes In.

Ved tomgang kan transformeren betragtes som en spole med jernkerne.

Io benævnes ofte som magnetiseringsstrømmen, da der hovedsageligt er tale om en reaktiv strøm. Io er faseforskudt 80-85° efter spændingen.



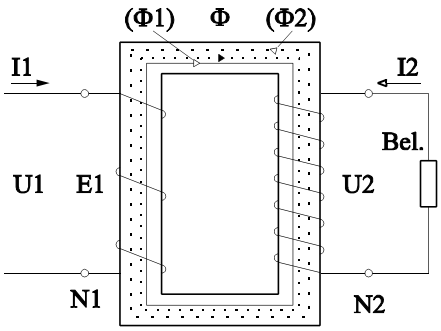


Transformeren under belastning

Når der tilsluttes en belastning til sekundærviklingen, går der strøm i viklingen. Strømmen betegnes I2.

Denne strøm vil frembringe et vekselfelt, der til enhver tid er modsat rettet det af primærviklingen dannede felt. Kraftlinietallet formindskes derved, og den inducerede modspænding E1 i primærviklingen bliver mindre.

Primærstrømmen I1 vil derfor stige, så kraftlinietallet i kernen forøges, til det igen svarer til kraftlinietallet under tomgang.



Transformerens tab

Det er ikke muligt at fremstille en transformer uden et vist effekttab. Der er to typer af tab; det ene er strømvarmetab i viklingerne. Dette tab afhænger meget af belastningen. Det andet tab er magnetiseringstabet, også kaldet jerntabet. Dette tab er uafhængigt af belastningen, da det er forårsaget af jernets træghed mod ommagnetisering. Disse to tab gør, at der skal tilføres mere effekt til primærsiden, end der kan aftages på sekundærsiden. Tabene afsættes i transformerens viklinger og jernkerne som varme.Strømvarmetabene kan

© EVU

holdes på en ret lav værdi ved at benytte svær tråd til viklingerne, så deres ohmske modstand er lille.

Strømvarmetabet, Pcu, for en vikling kan udregnes med følgende formel:

$$\Delta P_{cu} = I^2 \cdot R = \quad [W]$$

Jerntabet kan holdes på en ret lav værdi ved at opbygge kernen af materiale med god magnetisk ledeevne, lav remanens (tilbagebleven magnetisme efter strømmen er afbrudt) og stort tværsnit.

Jerntabet, Pfe, kan beregnes som det tab der er, når transformeren kører i tomgang, da strømmen i primærviklingen er så lille, at der faktisk ingen strømvarmetab er. Jerntabet kan således udregnes med følgende formel:

$$P_{fe} \approx P_0 = U_1 \cdot I_0 \cdot \cos\varphi_0 = [W]$$

Virkningsgraden er afhængig af de tab, der er i transformeren. Hvis tabene er små, er virkningsgraden god. Tilført effekt minus tab giver afgiven effekt, der kan udregnes med følgende formel:

$$P_2 = P_1 - \Delta P$$

Virkningsgraden er et ubenævnt tal og kan beregnes med følgende formel:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

For transformere op til 10 kVA kan virkningsgraden sættes til 0,9-0,95, for transformere på 100-300 kVA til 0,95-0,98 og for størrelserne 1-10 MVA kan virkningsgraden komme op på 0,98-0,99.

Virkningsgraden beregnes af fuldlastværdierne for P1 og P2.

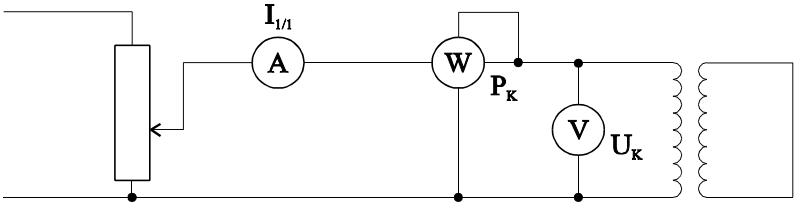
© EVU

Da jerntabet anses for at være konstant, vil virkningsgraden ved en svag belastning ikke være så god, som når belastningen stiger. Virkningsgraden vil være 0 ved tomgang, da der ikke aftages effekt. Den effekt, der tilføres, går til at dække tab i transformeren.

Der tilføres altså altid mere effek,t end der kan afgives. Derfor kan omsætningsforholdet ikke bruges til at finde forholdet mellem primærstrømmen og sekundærstrømmen.

Kortslutning

Transformerens kortslutningsspænding, der betegnes Uk, er den spænding, der skal tilsluttes primærviklingen, for at strømmen i sekundærviklingen får mærkestrømmens værdi, når sekundærviklingen kortsluttes. Kortslutningsspændingen angives ofte i procent af nominel primærspænding og betegnes så Uk.



Kortslutningsstrømmen vil være ligeså mange gange større end mærkestrømmen, som kortslutningsspændingen er mindre end mærkespændingen.

Ud fra den viste måleopstilling kan transformerens impedans, ohmske og induktive modstand findes.

Først findes cos φ k

$$\cos \varphi k = \frac{Pk}{Uk \cdot I_{1/1}}$$

Transformerens impedans kan findes som:

$$Z = \frac{Uk}{I_{1/1}} \qquad [\Omega]$$

© EVU

Transformerens ohmske modstand kan findes som:

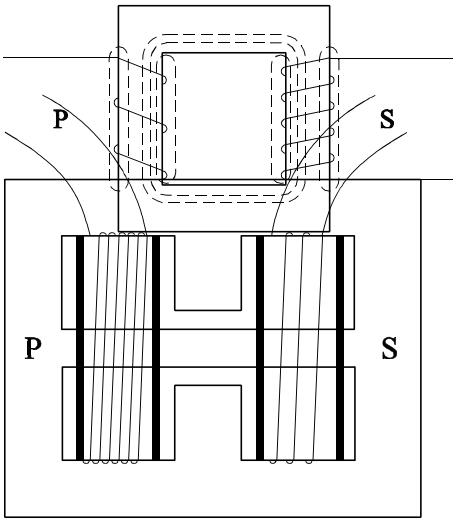
$$R = Z \cdot \cos\varphi k \quad [\Omega]$$

Transformerens induktive modstand kan findes som:

$$X = Z \cdot \sin\varphi k \quad [\Omega]$$

De modstandsværdier, der kan findes ud fra disse formler, kan bruges når der skal udregnes, hvor stort et tab og spændingsfald der er i en transformer. Det skal blot huskes, at værdierne er udregnet ved primærspændinger. Alle efterfølgende beregninger skal derfor foretages med primære spændinger og strømme.

Kortslutningssikkerhed



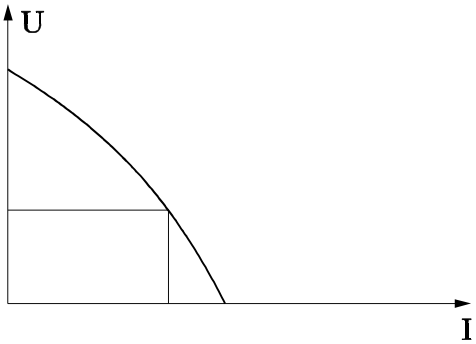
En kortslutningssikker transformer er en transformer der med kortsluttet sekundærvikling har strømme af så lave værdier, at den udviklede varme hverken kan skade viklingernes isolation eller omgivelserne.

For at opnå kortslutningssikkerhed, er det nødvendigt at placere viklingerne på hvert sit ben af en ringkernetransformer. Den opbygges sådan, at der opstår kraftige spredningsfelter ved stor belastning. Feltspændingen vil forårsage, at en del af det felt, der frembringes af strømmene i viklingerne, ikke vil forløbe i kernen, men uden for denne og derved inducere en modspænding i den vikling, hvis strøm har skabt feltet. Den inducerede modspænding vil så begrænse strømmen.

Kappekernetransformeren kan gøres kortslutningssikker med en magnetisk shunt. En del af feltet fra hver vikling kan herved undgå at gennemløbe den anden vikling og dermed inducere spænding. Ved at justere den luftspalte, der er i shunten samt shuntens tværsnit, kan man "styre" strømmen i sekundærviklingen.

Denne type transformer anvendes ofte til ringeanlæg, neontransformere, tændtransformere til oliefyringsanlæg samt til svejsetransformere. I svejsetransformere kan man så ændre på shunten med et håndtag, alt efter hvor stor svejsestrøm der ønskes.

© EVU

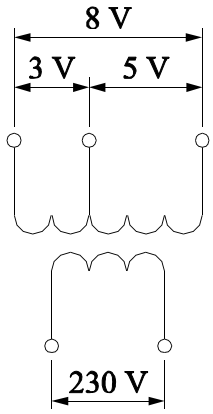


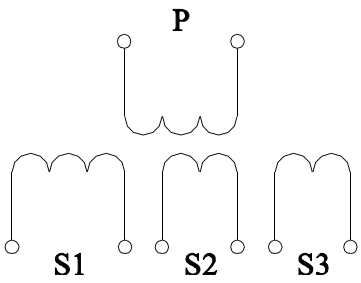
Fælles for alle kortslutningssikre transformere er, at sekundærspændingen falder forholdsvis meget ved belastning, da der jo ingen sekundærspænding er ved kortslutning.

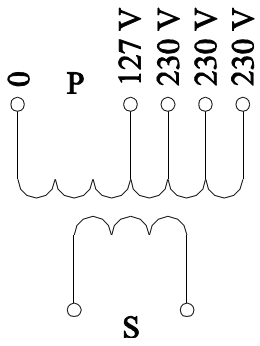
Viklingsudtag

Mange transformere udføres med udtag på viklingerne. Herved gives der mulighed for flere primær- og sekundærspændinger. Disse udtag kan laves på både primær- og sekundærviklingen. I forsyningstransformere er det almindeligt, at primærviklingen har et antal udtag, så man herved kan tilpasse sekundærspændingen til den højspænding, der er på stedet. Grunden til, at udtagene er placeret i primærviklingen, er, at strømmene, der skal kobles på, er mindre end sekundærstrømmene.

Transformeren kan også forsynes med fx flere adskilte sekundærviklinger. Herved kan samme primærvikling forsyne flere adskilte sekundære kredsløb.







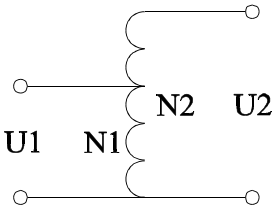
Sikkerhedsrelaterede betragtninger

Hvis en transformer anvendes til nedsættelse af spændingen til et lavt niveau af sikkerhedsrelaterede årsager (berøringsbeskyttelse mod indirekte berøring), skal transformeren tilfredsstille kravene i IEC 61558-1 og IEC 61558-2-6 vedrørende PELV eller SELV.

Dette gælder ligeledes for en transformer med flere udtag.

© EVU

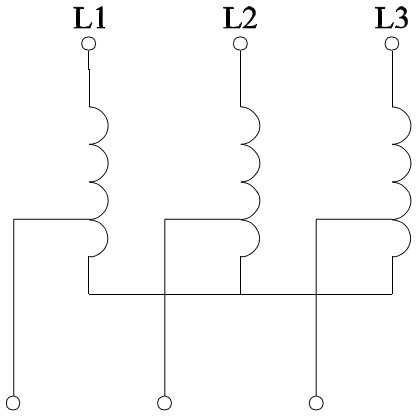
Autotransformeren



En autotransformer har kun én vikling.

Tilsluttes den primære klemspænding, U1, opstår det sædvanlige vekselfelt i jernkernen, som inducerer en vis mod-elektromotorisk kraft.

Optransformeres spændingen, som vist her, vil sekundærstrømmen være mindre end primærstrømmen. Strømmene vil være i modfase. Strømmen i den del af viklingen, der gennemløbes af både primær- og sekundærstrømmene, vil altid være mindre end den mindste strøm. Tilnærmet kan den sættes til differencen mellem strømmene, hvis der ses bort fra en lille tomgangsstrøm.

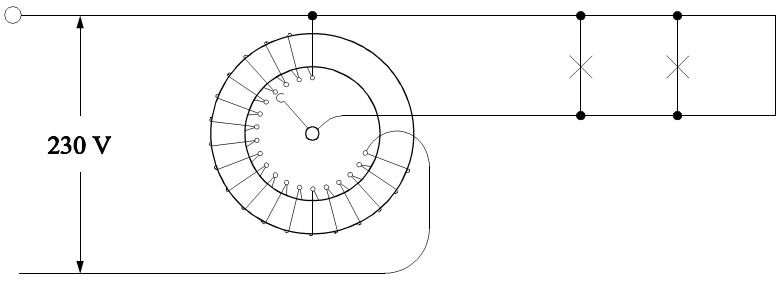


Ulempen ved autotransformeren er, at der ikke er elektrisk adskillelse mellem primær- og sekundærspændingerne.

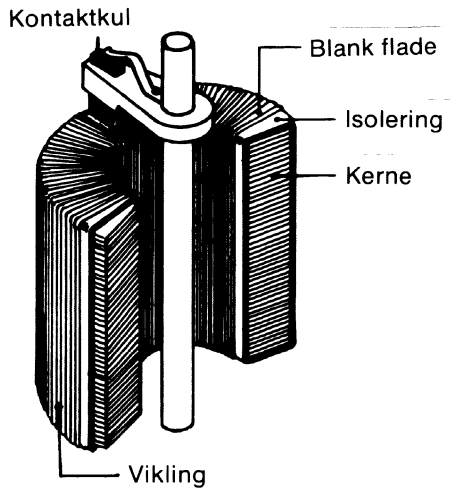
Autotransformeren kan også udføres 3-faset, hvor den normalt er opbygget som tre 1-fasede autotransformere, der er stjernekoblet. Hvis ikke alle tre faser er ens belastet, kan det være nødvendigt at forbinde nullen til stjernepunktet for at fastholde dette.

Regulerbare transformere

Regulerbare transformere kaldes også variotransformere. De anvendes, hvor man har behov for en variabel vekselspænding, uden at sinusformen ændres. Variotransformeren udføres ofte som en autotransformer med ét udtag pr. vinding.

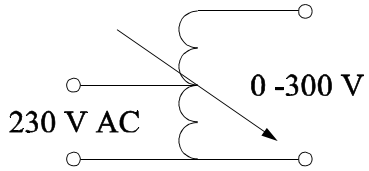


© EVU



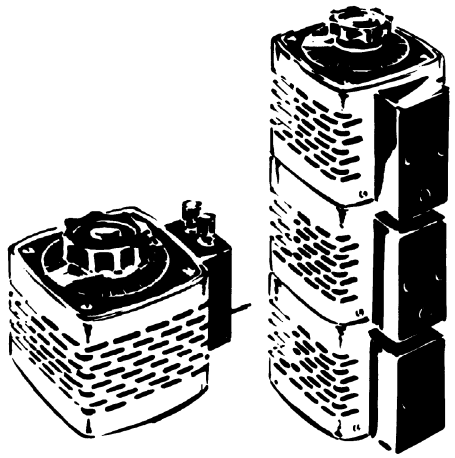
Normalt bygges variotransformeren op med en ringkerne af lamineret jern. Viklingen vikles på kernen og fastgøres med emalje. Den ene ende af viklingen slibes blank, så et fjederbelastet kontaktkul kan danne kontakt med vindingerne.

Kontaktkullet er anbragt på en drejelig aksel.



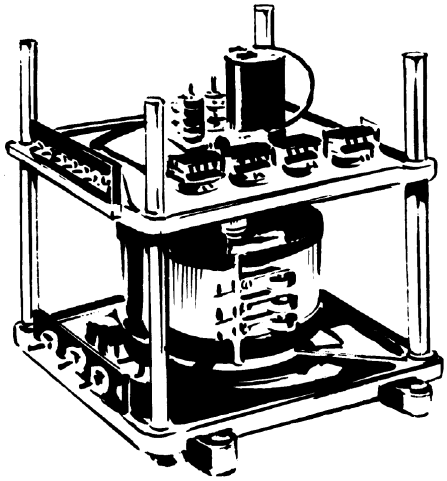
Hvis der er brug for en optransformering af spændingen, skal der være mulighed for at få flere vindinger på sekundærsiden end på primærsiden, ligesom ved autotransformeren.

Variotransformere kan anvendes, hvor der er brug for at kunne regulere en vekselspænding.



Til laboratoriebrug anvendes i almindelighed håndrevne variotransformere. Som efterfølgende skitse viser, kan disse sammenbygges til flerfasede enheder.

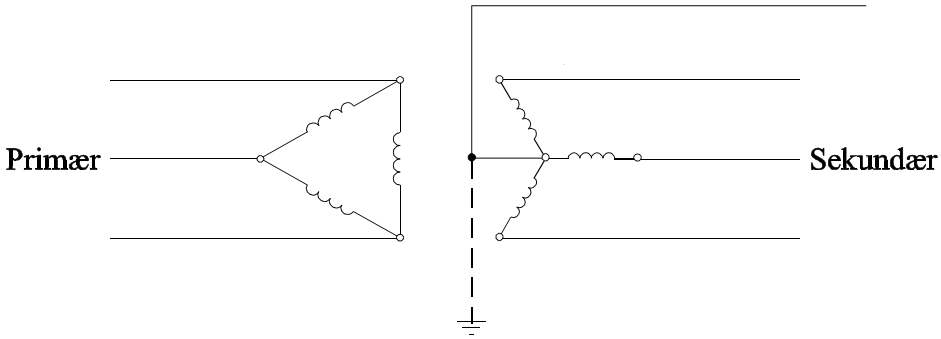
© EVU



Før elektroniske lysdæmpere blev almindelige, blev variotransformeren ofte brugt i teatre, biografer, foredragssale m.m., når der var behov for at regulere lysstyrken. Til disse formål var variotransformere ofte udstyret med en motor, så der var mulighed for at fjernbetjene dem.

3-fasede transformere

Da vores forsyningsnet er opbygget som et 3-faset net, bruges der 3-fasede transformere, når alle faser ønskes ført videre ved en anden spænding. Transformeren opbygges normalt som en jernkerne med tre ben. På hvert ben er der anbragt en primær og en sekundær vikling.

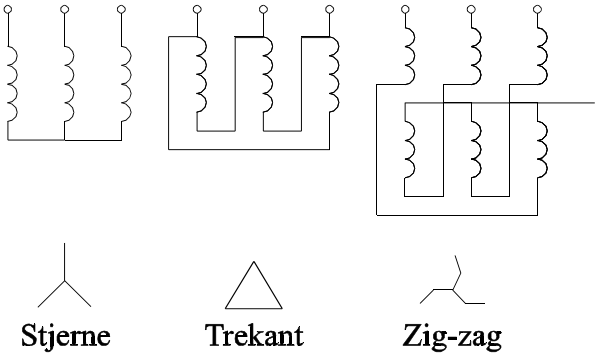


Viklingerne kan forbindes i stjerne eller trekant.

Da der ikke er fremført en nul i højspændingsnettet, er primærviklingen i forsyningstransformere ofte trekantforbundet. Lavspændingsviklingen er stjerneforbundet for at muliggøre tilslutning af et 4-leder 3 x 230/400 V net samt jordforbindelse af stjernepunktet.

© EVU

På 3-fasede transformere er viklingerne ofte ført ud. Det er derfor muligt at forbinde dem på forskellige måder.



Stjernekobling

Det er den oftest anvendte kobling for sekundærviklingerne i en transformer i forsyningsnettet. Fordelen ved denne kobling er, at der er mulighed for at udtage tre ens fasespændinger mellem nul og hver af de tre faser. Der er endvidere mulighed for at udtage netspændinger mellem to eller tre faser. Nullen jordforbindes normalt. Derved får man fastlagt fasespændingerne i forhold til et potentiale.

Ulempen ved stjernekobling er, at en stor belastning på en fase også giver en stor belastning på en fase i højspændingsnettet.

Trekantkobling

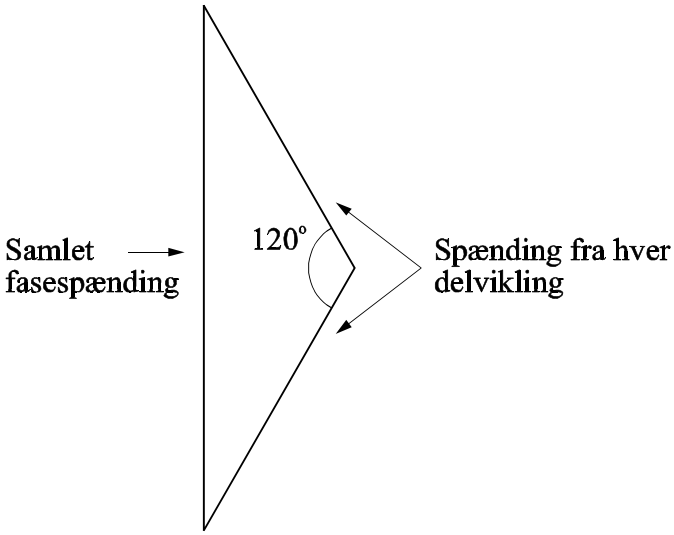
Denne kobling er meget lidt anvendt for sekundærviklingerne i transformere til forsyning af lavspændingsnettet, da der ikke er mulighed for at udtage fasespændinger. Det er endvidere ikke muligt at jordforbinde noget stjernepunkt, så i lavspændingsnettet ses denne kobling meget sjældent.

Zig-zag kobling

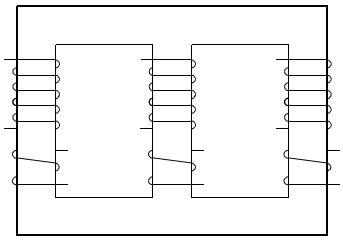
Denne koblingsform kræver, at sekundærviklingen er udført som to viklinger pr. fase, som det ses af figuren. Belastningen af en fase på sekundærsiden bevirker, at der sker en belastning af to faser på primærsiden. Dette er netop formålet med zig-zag koblingen. Hvis der er en meget skæv belastning af faserne i et lavspændingsnet, vil man ofte bruge denne kobling for at undgå, at denne skæve belastning også forekommer på højspændingsnettet.

© EVU

Ulempen ved denne kobling er, at der kræves flere vindinger på sekundærsiden, da fasespændingen er opbygget af to spændinger, der er forskudt i forhold til hinanden.



Opbygning

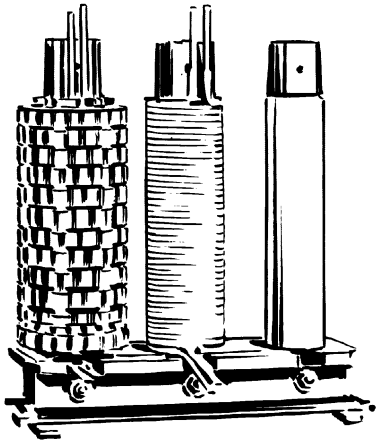


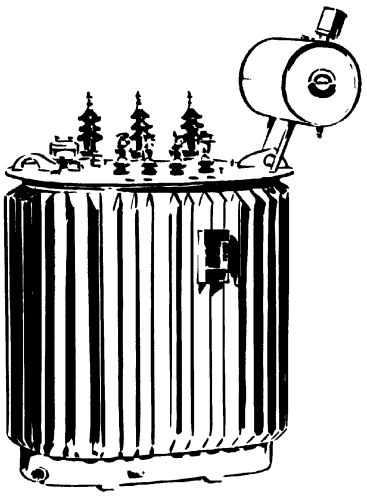
Den 3-fasede transformers virkemåde er den samme som ved 1-fasede transformere.

Til 1-fasede transformere kan der anvendes en lukket ring som kerne. Denne opbygning virker ikke ved 3-fasede, idet det resulterende magnetfelt fra de tre primærstrømme vil være nul, og der vil derfor ikke blive nogen transformervirkning.

Den 3-fasede transformer opbygges derfor normalt som en jernkerne med tre ben. På hvert ben placeres henholdsvis en primær og en sekundær vikling.

© EVU





Jernkernen for den 3-fasede transformer er ikke symmetrisk; det vil sige, at kraftlinievejen for de tre fasers magnetfelter er forskellige. Dette forhold bevirker, at tomgangsstrømmen i den midterste vikling er mindst, da den magnetiske modstand her er mindst, fordi feltet fra det midterste ben kan forløbe i begge yderben. Forholdet er dog uden betydning ved belastning.

Lavspændingsviklingen udføres oftest som en cylindrisk spole, mens højspændingsviklingen normalt opdeles i flere, indbyrdes serieforbundne spoler, der svarer til ca. 300-500 V. En vikling for 10000 V kan fx være opbygget af 20 spoler.

Hvis hele primærviklingen var udført som én spole, ville spændingen mellem de enkelte lag på denne spole blive så stor, at det ville medføre et større forbrug af isolationsmateriale.

Under belastning af transformeren udvikles der en betydelig varme, hvorfor man må sørge for en passende afkøling.

Ved at nedsænke viklingerne i olie opnår man, foruden afkøling, en beskyttelse af viklingerne mod fugt og samtidig virker olien isolerende.

For at få den bedste afkøling forsynes olietanken med køleribber. Der er endvidere monteret en ekspansionsbeholder, da temperaturen i olien kan variere meget.

© EVU

Regneeksempel

En forsyningstransformer kan fx have størrelsen 400 kVA og en afgiven spænding på 3 x 230/400 V. Ved fuldlast bliver strømmen i hver faseleder på lavspændingsnettet:

$$I = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{400000}{400 \cdot \sqrt{3}} = 577\ A$$

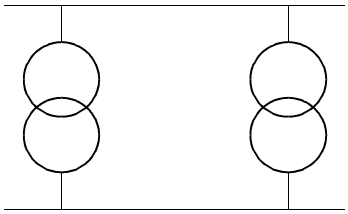
Er primærspændingen 3 x 10 kV, og ses der bort fra tab i transformeren, bliver strømmen i højspændingsledningerne:

$$I = \frac{S}{U \cdot \sqrt{3}} = \frac{400000}{10000 \cdot \sqrt{3}} = 23{,}1\ A$$

Ved at forhøje spændingen 25 gange er strømmen blevet tilsvarende mindre. Den mindre strøm giver mindre effekttab i ledningsnettet.

Samme effekt overført gennem et 60 kV net giver kun en strøm på 3,85 A og gennem et 150 kV net 1,54 A.

Transformere i paralleldrift



Når to transformere er sammenkoblede på både primær og sekundærsiden siges det, at de er parallelforbundne. Denne kobling kan anvendes, når man har brug for større effekt, end én transformer kan afgive, men der er nogle betingelser, der skal være opfyldt.

Omsætningsforholdet skal være ens, og sekundære spændingsvektorer skal have samme beliggenhed i forhold til primærvektorerne.

Ved belastning skal transformerne have samme spændingsfald over viklingerne. Hvis dette ikke er tilfældet, vil den transformer med det mindste spændingsfald overtage den største del af belastningen og eventuelt blive overbelastet, inden den anden transformer er fuldt belastet.

For at undgå disse problemer kan man vælge to transformere af samme fabrikat og type.

Et andet vigtigt problem er, at transformere virker begge veje. Så hvis forsyningen til den ene transformer afbrydes, vil der stadig være spænding på transformerens primærvikling, da den forsynes fra den an-

© EVU

den transformers sekundærspænding, og derved sker der en optransformering.

Når der skal tages hensyn til alle disse forhold, vil man i praksis nok vælge én transformer, der er stor nok til at klare belastningen alene.

© EVU

Vekselstrømsmaskiner

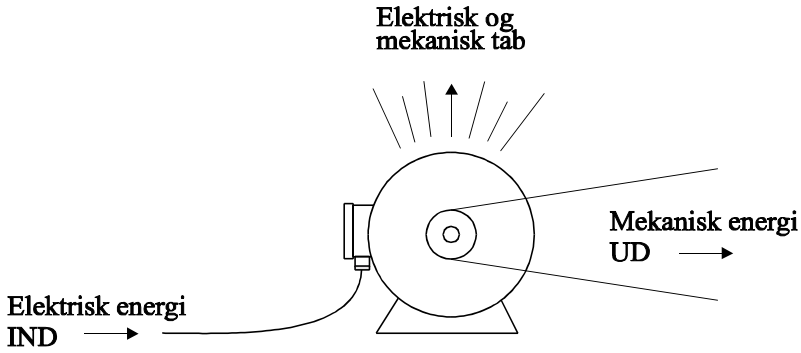
Ordet vekselstrømsmaskiner dækker over mange forskellige maskiner. Derfor er man nødt til at definere, hvilken type maskine der er tale om.

Første inddeling kunne være i roterende og ikke roterende maskiner. Kigger vi på gruppen af roterende maskiner, omfatter den et meget stort antal forskellige typer og størrelser.

De roterende maskiner kan igen deles i to grupper: motorer og generatorer. Disse to grupper kan deles i yderligere to grupper: synkronmaskiner og asynkronmaskiner, som for begge typers vedkommende kan virke både som motor og generator, alt efter om de trækker noget eller bliver drevet.

I daglig tale bliver de roterende maskiner normalt kaldt for elmotorer.

En elmotors opgave kan være at omsætte elektrisk effekt til mekanisk effekt.



For motorernes vedkommende er den 3-fasede og den 1-fasede asynkronmotor med kortslutningsrotor de motortyper, der er mest udbredt på grund af deres simple og robuste konstruktion.

De forskellige motortyper bliver på grund af forskellige egenskaber anvendt til forskellige formål.

© EVU

Eksempler på motortyper og anvendelse

Den 3-fasede asynkrone kortslutningsmotor:

Er den mest benyttede motor. Den benyttes til drift af bånd, gyllepumper, vandpumper, hydraulikpumper, benzinpumper, spil, kompressorer, transportører, som generator i vindmøller, og mange andre steder hvor man har behov for en elmotor.

Den 1-fasede asynkronmotor:

Benyttes til køleskabe, vaskemaskiner, ventilatorer m.m. - det vil sige småmotorer.

Kontaktringsmotor (slæberingsmotor):

Normalt store motorer, hvor man ønsker denne type for at begrænse startstrømmen.

Kommutatormotor (Schrage-motor):

Motoren kan anvendes, hvor man ønsker fine hastighedsreguleringsmuligheder.

1 fasede universalmotorer:

Motorer i håndværktøj, vinkelslibere, rillefræsere, boremaskiner, støvsugere, håndmixere m.m.

3-fasede synkronmotorer:

Normalt meget store motorer.

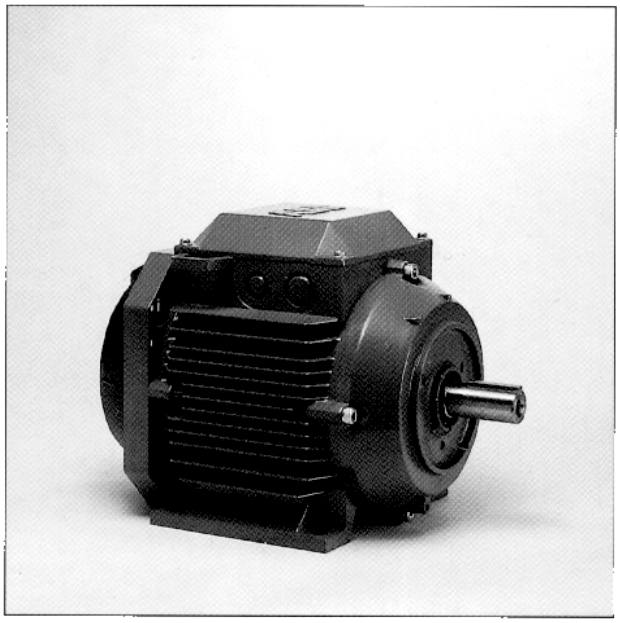
1-fasede synkronmotorer:

Normalt småmotorer i ure, programværker m.m

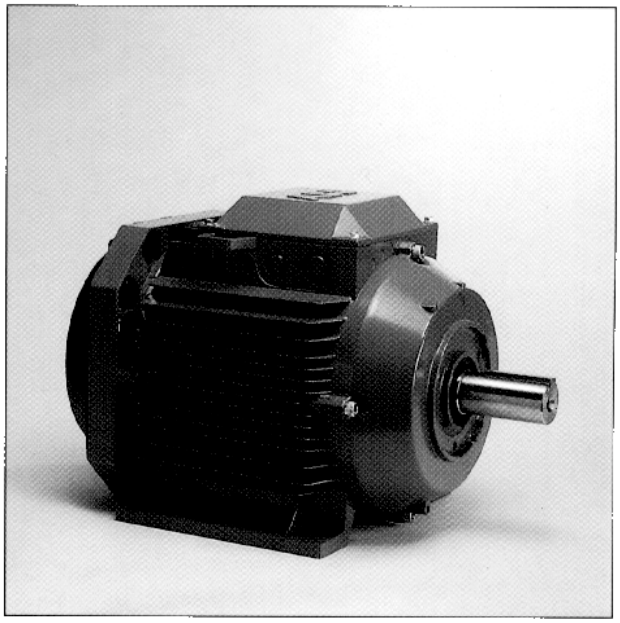
Når man som elektriker støder på en motor, er det ikke muligt umiddelbart at se, hvilken motortype man står overfor.

© EVU

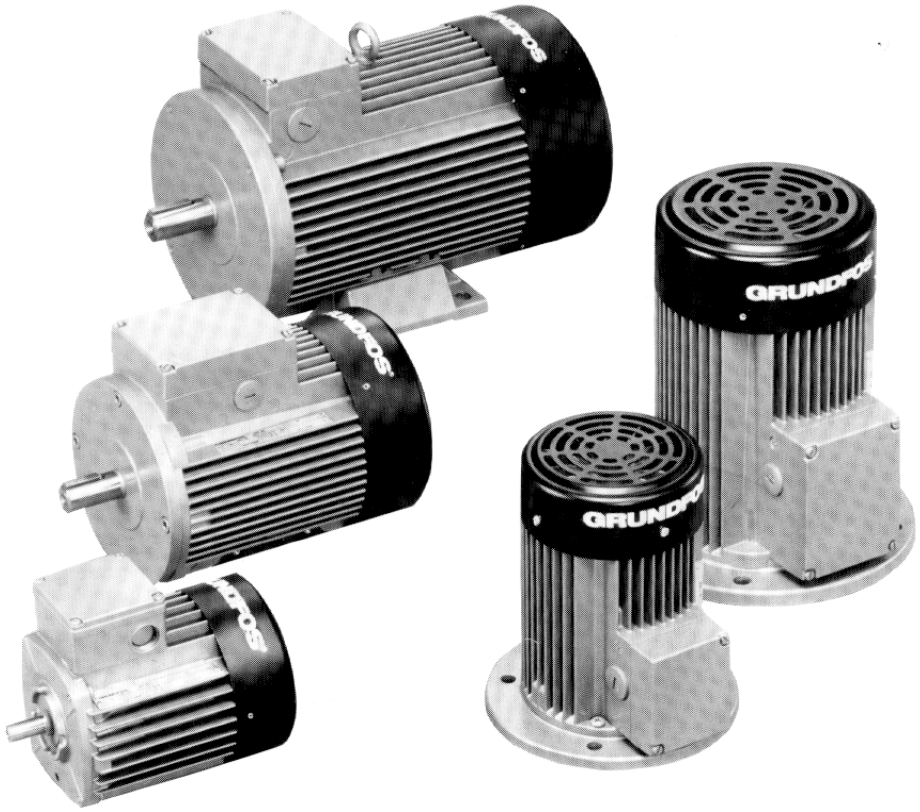
VEKSELSTRØMSMASKINER



Typ M2AA 112. SE 920772



Typ M2AA 132. SE 920773



© EVU

Derfor er man nødt til at kigge på motorens mærkeplade/skilt for at afgøre, hvad det er for en motor og hvilke data motoren har for at kunne foretage en korrekt tilslutning.

ABB Motors

3 ~ motor M2AA 132 M		CI.F	IP 55	IEC 34-1(1989)	
3G AA 132 002-ADA					
No.					
V	Hz	min^{-1}	kW	A	cos φ
380 - 420 Δ	50	1450	7,5	15,5	0,83
660 - 690 Y	50	1450	7,5	8,9	0,83
440 - 480 Δ	60	1740	8,6	15,4	0,85
6208	27/C3	6206	27/C3	48 kg	

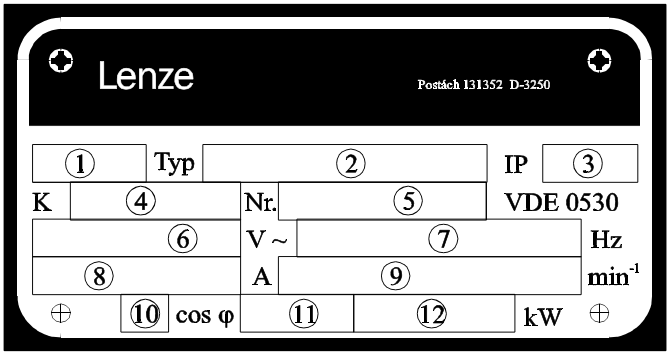
GRUNDFOS 3 ~MOT MG 100LA2-28F130 NO 85320010 DK

3.00 kW	IP 44	CL. F		IEC 34
○ 50 Hz	200Δ/346Y	V	60 Hz	200-230Δ/346-400Y V ○
	12.6/7.25	A		12.0-11.6/6.85-6.70 A
2870	min^{-1} COSφ	0.86	3440-3470	min^{-1} COSφ 0.92-0.85

En motor skal være mærket med oplysninger om:

- effekt
- fuldlaststrøm
- spænding
- omdrejningstal
- firmamærke
- fabrikationsnummer eller kodebetegnelse
- frekvens (ved vekselstrømsmotorer)
- fasetal (ved vekselstrøm)
- effektfaktor (cos φ)
- kode for grænsetemperatur på isolationslak

© EVU



2. 3-faset, vekselstrøm
3. typenummer
4. tæthedsgrad IPxx
5. kommissionsnummer
6. motornummer
7. spænding, normalt to værdier, en for stjernekobling, og en for trekantkobling
8. netfrekvens
9. netstrøm, normalt to værdier, en for stjernekobling og en for trekantkobling
10. omdrejningstal pr. min
11. kode for grænsetemperatur på isolationslak
12. effektfaktor (Cos φ)
13. afgiven effekt (P2)

De to grundtyper af 3-fasede synkron- og asynkronmotorer har det tilfælles, at de begge to har en stator, hvor der bliver frembragt et 3-faset drejefelt, som får rotoren til at løbe rundt.

For synkronmotorens vedkommende ligger det i navnet, at rotoren løber synkront (samtidigt) med drejefeltet.

Ved asynkronmotoren løber rotoren asynkront, det vil sige, ikke samtidigt.

© EVU

Krav til konstruktion af motorer.

Fabrikation af elmotorer sker ud fra generelle krav og normer, som fastsættes af to forskellige organisationer: En global organisation, IEC (International Electrotechnical Commission), og en regional, vesteuropæisk organisation, CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization).

CENELEC arbejder inden for Vesteuropa for at fjerne tekniske handelshindringer forårsaget af forskelle i forskrifter og standarder. Man udgår sædvanligvis fra eksisterende IEC-publikationer, men man kan foretage ændringer. Nye standarder er i højere grad identiske med eller baseret på europæiske standarder, der er udgivet af CENELEC. Formålet med standarderne er at opnå ens motorer uanset producentens navn.

Men den europæiske standard stemmer ikke helt overens med den tilsvarende USA-standard. De væsentligste forskelle er, at den amerikanske standard er opgivet i tommer, samt at effektinddelingen (motorstørrelse) heller ikke stemmer overens.

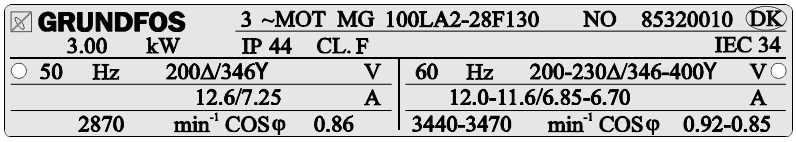
Spændinger

De motorer, der produceres i dag, skal kunne tilsluttes det offentlige forsyningsnet i mange lande. Derfor kan mærkepladen være påtrykt flere forskellige spændingsområder og frekvenser.

ABB Motors

3 ~ motor M2AA 132 M		CI.F	IP 55	IEC 34-1(1989)	
3G AA 132 002-ADA					
No.					
V	Hz	min^{-1}	kW	A	cos φ
380 - 420 Δ	50	1450	7,5	15,5	0,83
660 - 690 Y	50	1450	7,5	8,9	0,83
440 - 480 Δ	60	1740	8,6	15,4	0,85
6208	27/C3	6206	27/C3	48 kg	

© EVU



Som eksempel kan det nævnes, at vi i Danmark kan bruge 3-fasede motorer, der er mærket 3 x 230/400 eller 3 x 400/690 volt 50 Hz afhængig af, hvordan de bliver koblet.

I Norge, hvor det offentlige forsyningsnet er 3 x 220 volt, kan de ikke umiddelbart udnytte motorer, der er mærket 3 x 400/690 volt.

Motorer og frekvens-omformere

Motorer og frekvensomformere.

Når trefasede motorer drives ved hjælp af frekvensomformere, er der et par problemstillinger at tage stilling til.

Den påstemplede spænding og frekvens er de værdier, som motoren er designet til. Det betyder, at hvis motoren skal drives ved andre spændinger og frekvenser end de påstemplede, skal der foretages beregning på motorens ydeevne og dens mulighed for at slippe af med varmetabet.

Som udgangspunkt skal forholdet mellem spænding og frekvens passe over hele skalaen. Ved ikke lineære belastninger, fx ventilatordrift holder denne påstand ikke ved lave hastigheder. Det er derfor nødvendigt at anvende en frekvensomformer, som kan håndtere dette problem. Alternativt udvikles der forholdsvis meget varme i motoren og cos. φ for motoren vil blive meget dårlig.

En anden meget vigtig detalje.

Motorstrømmen skal begrænses til den påstemplede værdi ved alle hastigheder. Dermed er den afgivne effekt begrænset af den påtrykte spænding ved enhver hastighed. Dermed følger, at den afgivne effekt er nogenlunde lineær med omdrejningstallet (med undtagelse af ventilatordrift, hvor den afgivne effekt følger en logaritmisk skala).

© EVU

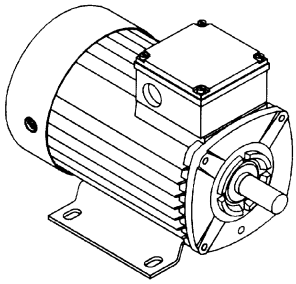
Det betyder, at fx en 2,2 kW motor med 1400 omdrejninger kan yde de 2,2 kW ved sin mærkepladespænding og ved 1400 omdrejninger.

Ved alle andre hastigheder skal der regnes på opgaven. Spørg fabrikanten om de nødvendige data.

Byggeformer

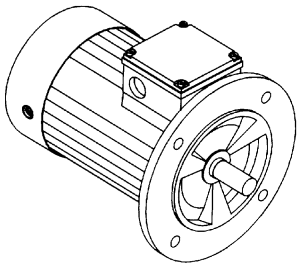
Et andet krav til motorer er byggeformen. De mest almindelige byggeformer er fodmotoren og flangemotoren.

Fodmotoren har, som navnet siger, en fod at stå på.



Fodmotoren bruges ofte i forbindelse med remskive og remtræk.

Flangemotoren har derimod en flange i den ende, hvor akseltappen er.



Flangemotoren benyttes ofte til montering direkte på gear eller maskiner.

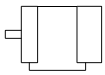
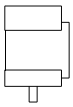
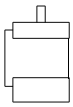
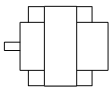
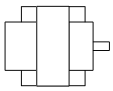
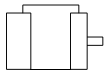
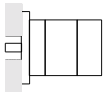
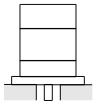
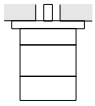
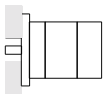
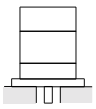
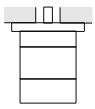
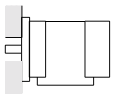
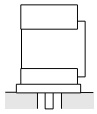
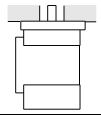
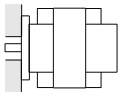
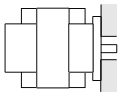
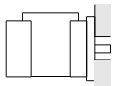
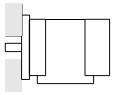
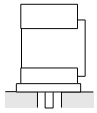
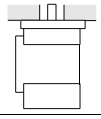
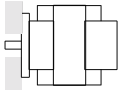
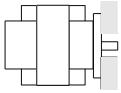
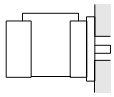
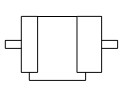
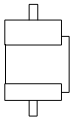
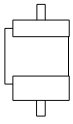
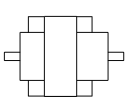
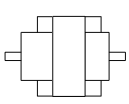
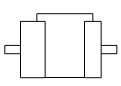
© EVU

Ifølge IEC-Publication 34-7 er der to måder, som fabrikanten af motoren kan benytte til at beskrive, hvordan motoren skal monteres.

Kode I, som kun omfatter motorer med lejeskjold og en akseltap.

Kode II, som omfatter alle motorer.

Den efterfølgende tabel viser betegnelserne for de almindeligst forekommende byggeformer i henhold til begge koder.

Fodmotor: 2 lejer, aksel med en fri tap, stator med fod.	IM B 3 IM 1001 	IM V 5 IM 1011 	IM V 6 IM 1031 	IM V 6 IM 1051 	IM V 6 IM 1061 	IM B 8 IM 1071 
Flangemotor: 2 lejer, aksel med en fri tap, stator uden fod, stor flange med frihuller.	IM B 5 IM 3001 	IM V 1 IM 3011 	IM V 3 IM 3031 			
Flangemotor: 2 lejer, aksel med en fri tap, stator uden fod, lille flange med gevindhuller.	IM B 14 IM 3601 	IM V 18 IM 3611 	IM V 19 IM 3631 			
Fod- og flangemotor: 2 lejer, aksel med en fri tap, stator med fod, stor flange med frihuller.	IM B 35 IM 2001 	IM V 15 IM 2011 	IM V 36 IM 2031 	IM 2051 	IM 2061 	IM 2071 
Fod- og flangemotor: 2 lejer, aksel med en fri tap, stator med fod, stor flange med frihuller.	IM B 34 IM 2101 	IM 2111 	IM 2131 	IM 2151 	IM 2161 	IM 2171 
Fodmotor: 2 lejer, aksel med en fri tap, stator med fod.	IM 1002 	IM 1012 	IM 1032 	IM 1052 	IM 1062 	IM 1072 

© EVU

Ved montering af motorer skal man sørge for at overholde den byggeform, som fabrikanten har opgivet, at motoren er beregnet til. Det vil sige, at en motor, der er konstrueret til vandret montering, ikke må monteres lodret, da dette vil kunne ødelægge de i motoren anvendte lejer.

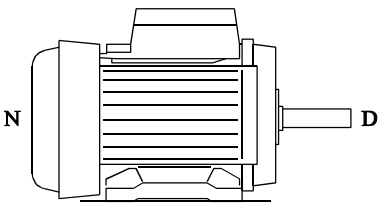
En motors byggeform/monteringsmåde kan være angivet på motoren.

LEOMOTOR		Type 1 80B4	
		No 008120 92	
3~Mot	IP 65	CL. F	IM B 14
IDS 2539393		S 1	100 %
IFC 34 - 1			
50 Hz	0.75 kW	cosφ 0.75	
Y 380 - 420 V		1.9 - 2.0 A	
Δ 220 - 240 V		3.3 - 3.5 A	
1375 min^{-1}			
60 Hz	0.86 kW	cosφ 0.76	
Y 440 - 480 V		1.9 - 2.0 A	
Δ 250 - 280 V		3.3 - 3.5 A	
1650 min^{-1}			

Men i mange tilfælde må man have fat i et katalog over den pågældende motor for at kunne afgøre byggeform/monteringsmåde.

Motorens ender:

En motor har to ender. Ifølge IEC-Publication 34-7 defineres de således:



D-ende (Drive end):

Den ende, der normalt er motorens drivende ende, det vil sige den ende, hvor remskiven er monteret.

N-ende (Non drive end):

Den ende, der normalt er motorens ikke drivende ende, det vil sige den ende, hvor ventilatorvingen normalt sidder.

© EVU

Motorens lejer

Motorens lejetyper afhænger af motorens monteringsmåde. Ved horisontal (vandret) montering kan der anvendes almindelige kugle-, rulle- eller glidelejer.

Ved vertikal (lodret) montering skal der anvendes motorer med lejer, der kan tåle det tryk, som rotoren påfører lejet.

Rulningslejer, det vil sige kugle- og rullelejer, er driftsikre, billige og nemme at vedligeholde. De er normalt også de eneste typer, der anvendes i små og middelstore trefasede motorer. De har dog en omdrejningstalsafhængig max. størrelse. Hvor denne grænse går, afhænger af lejetype, størrelse, belastning og smøremåde.

I store motorer benyttes ofte glidelejer. Selv når rulningslejer kan anvendes i det øvre størrelsesområde, forekommer det ofte, at der anvendes glidelejer.

Rulningslejer er normalt permanentsmurte, det vil sige, at de ikke kræver nogen vedligeholdelse.

Glidelejer anvendes ved høje omdrejningstal og store belastninger. Glidelejer har næsten ubegrænset levetid under forudsætning af korrekt smøring. De har også den fordel, at de har et lavere lydniveau end rulningslejer.

Ulempen ved glidelejer fremfor rulningslejer er, at de ikke er standardiserede og derfor væsentligt dyrere. Det er også vigtigt, at lejets temperaturgrænse ikke overskrides. Normal temperaturgrænse er cirka 65 til 80 ˚C.

© EVU

Lejelevetid

DS/EN 60204-1 er en harmoniseret standard for elektrisk sikkerhed på maskiner. I standarden stilles også en række krav for elektriske motorer vedrørende beskyttelse for indtrængning af væsker og fremmedlegemer.

Med den nominelle levetid forstås det antal driftstimer ved et givet omdrejningstal, som lejet kan rotere, før tegn på udmattelse ses på ringene eller rullelegemerne.

Den nominelle levetid kan defineres som den tid 90 % af et større antal lejer af samme type forventes at opnå eller overskride. Halvdelen af lejerne opnår til og med mere end fem gange så stor en levetid.

Kapsling/ Beskyttelses former

DS/EN 60204-1 er en harmoniseret standard for elektrisk sikkerhed på maskiner. I standarden stilles også en række krav for elektriske motorer vedrørende beskyttelse for indtrængning af væsker og fremmedlegemer.

Kravene er bestemt ud fra den lokalitet, hvori motoren opstilles og er i overensstemmelse med internationale normer.

Korrekt beskyttelsesform er en forudsætning for, at en motor kan arbejde sikkert og i lang tid ved stor belastning og vanskeligt miljø.

Beskyttelsesformen angives ifølge IEC 34-5 med betegnelsen IP (Ingress Protection), fulgt af to cifre fx IP 54.

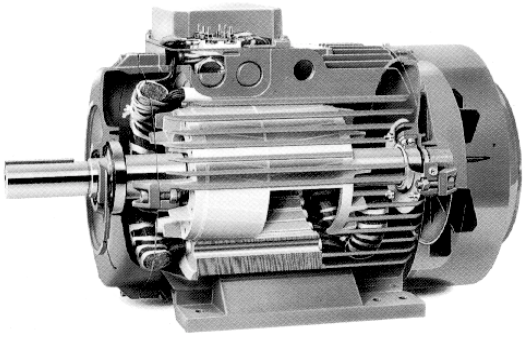
Første ciffer angiver altid graden af beskyttelse mod, at fremmedlegemer kan trænge ind i materiellet, men samtidig angiver det en vis mindste grad af beskyttelse af personer mod berøring af farlige dele.

Andet ciffer angiver graden af beskyttelse mod, at vand/væsker kan trænge ind i materiellet.

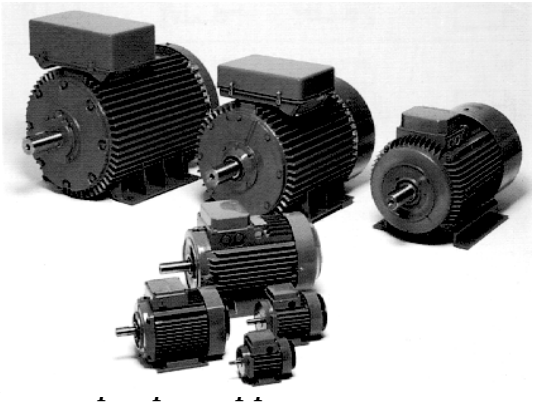
For motorers vedkommende kan der være tilføjet et tredie tegn, et bogstav imellem IP og cifrene, som indikerer, hvordan kapslingen er afprøvet.

Hvis der står et S imellem, betyder det, at motoren er prøvet ved stilstand. Er bogstavet et W, indikerer det, at motoren er i vejrbeskyttet udførelse, det vil sige, at skadelig påvirkning af regn, sne og faste luftbårne partikler er forhindret.

© EVU



Røntgentegning af kappekølet, trefaset kortslutningsmotor med beskyttelsesform IP 54.



med beskyttelsesform IP 54

Hvis en motor er mærket med IP 54, betyder det ifølge Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6:

Første ciffer:

5 = Støvskærmet.

Indtrængen af støv er ikke helt forhindret, men støv må ikke trænge ind i en sådan mængde, at det påvirker materiellets funktion eller sikkerhed.

Andet ciffer:

4 = Beskyttet mod oversprøjtning

Vand, der sprøjter mod kapslingen fra enhver retning, må ikke have nogen skadelig virkning.



 © EVU

Køleformer

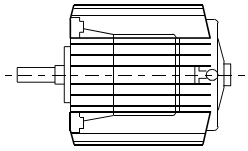
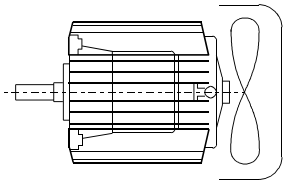
IEC publikationen 34-6 angiver køleformer for luftkølede motorer. Dels en kode for de mest almindelige motorer, dels en mere udførlig for mere komplicerede kølemetoder eller for at specificere kølemetoden nærmere. Køleformen angives med betegnelsen IC (International Cooling), efterfulgt af en talgruppe.

Eksempler på den korte kode

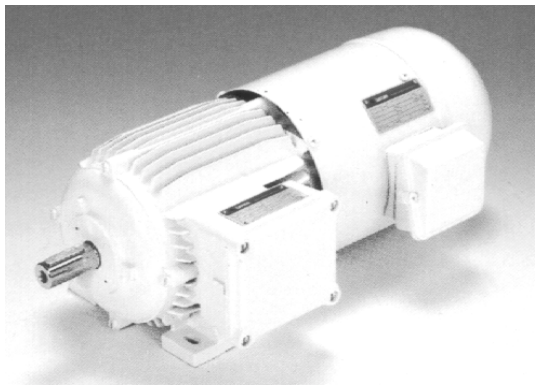
Kode	Kort beskrivelse
IC 01	Fri cirkulation, egenventilation
IC 06	Fri cirkulation, påbygget ukoblet ventilator
IC 11	Rørindløb for køleluft, egenventilation
IC 17	Rørindløb for køleluft, ukoblet separat ventilator.
IC 21	Rørudløb for køleluft, egenventilation.
IC 27	Rørudløb for køleluft, ukoblet separat ventilator.
IC 31	Rørindløb og rørudløb for køleluft, egenventilation.
IC 37	Rørindløb og rørudløb for køleluft, Ukoblet separat ventilator.
IC 41	Kappekøling, egenventilation.
IC 51	Indbygget varmeveksler afkølet af omgivende luft, egenventilation.

© EVU

Eksempler på de mere udførlige koder

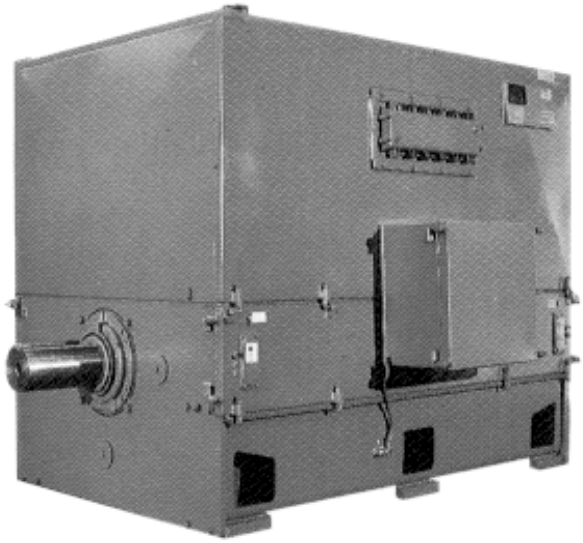
Kode	Kort beskrivelse
IC 00 41	Kappekølet maskine uden ventilator. (Fri konvektion)
IC 0041	
IC 01 41	Kappekølet maskine med ventilator-vinge monteret i motorens N-side. (Kappekølet)
IC 0141	

Kappekølet maskine med påbygget, ukoblet ventilator.

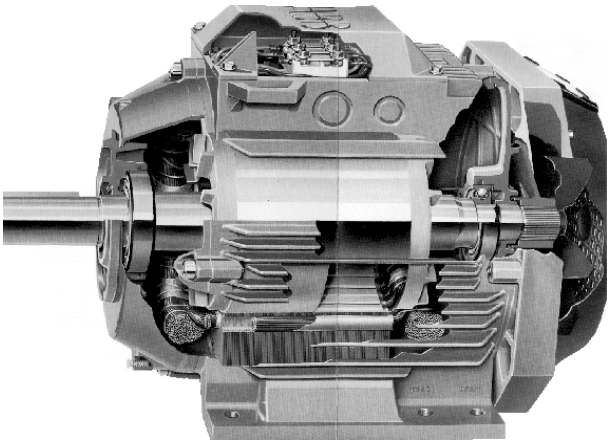


© EVU

IC W37A71 Luftkølet maskine med indbygget, vandkølet varmeveksler.

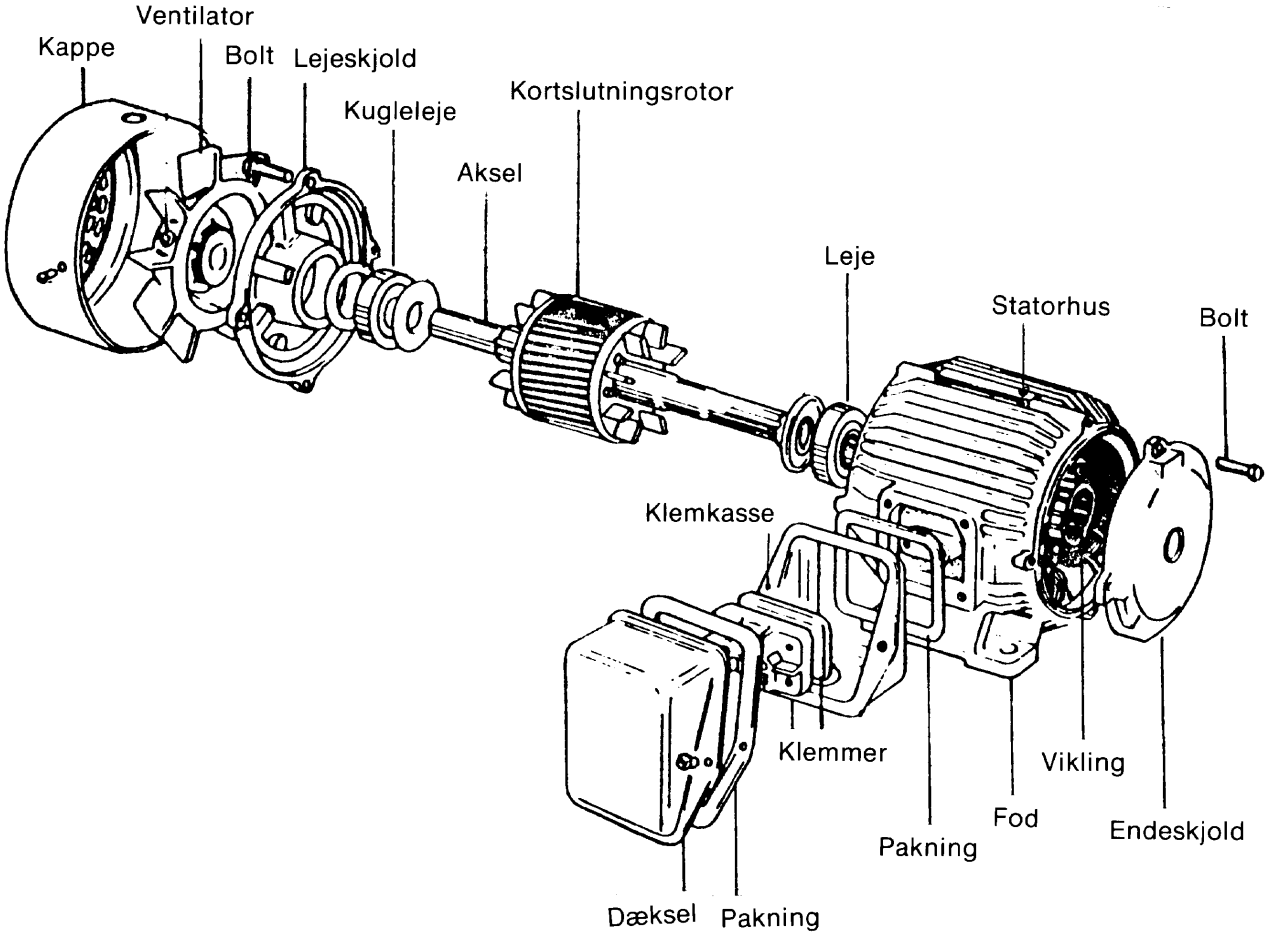


Den mest benyttede motor er 3-faset asynkron kortslutningsmotor. Derfor vil opbygningen og virkemåden af denne type motor blive beskrevet i det følgende.



© EVU

Motoren består af mange forskellige dele. Delene ses tydeligst på en "eksploderet tegning" af en motor.



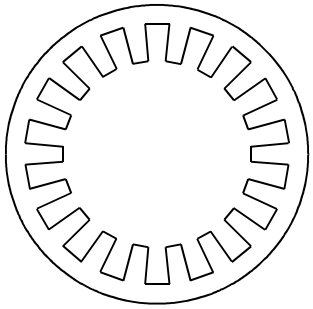
Opbygning af en motor

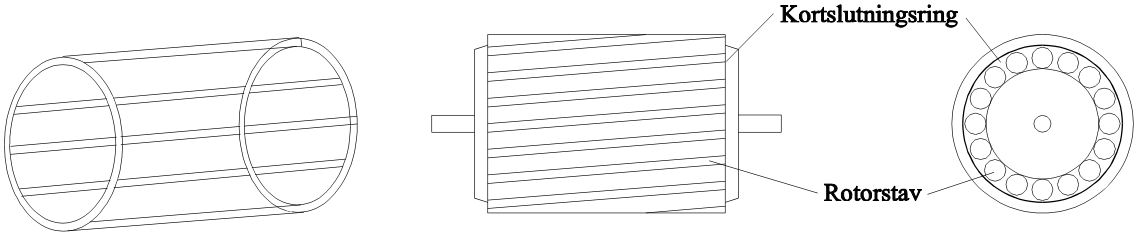
En motor består af den faste del, som benævnes statoren, og en roterende del, som benævnes rotoren.

Statorhuset eller statorkappen består normalt af støbejern eller letmetal og er normalt udformet cylindrisk.

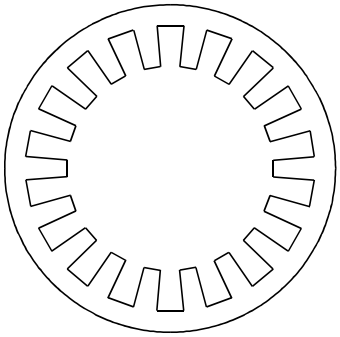
© EVU

Statorkappens ender lukkes af lejeskjoldene, hvori lejerne, der bærer rotoren, er monteret. Lejeskjoldene er af samme materiale som statorkappen. Statorens jernkerne er sammensat af jernplader, der har udstansede noter til viklingerne. Jernkernen er indsat i statorkappen.





Kortslutningsmotoren har sit navn efter rotoren, som er sammensat af cirkulære jernplader, hvor der er udstanset noter til rotorviklingen. Den består af kobber eller aluminiumstave, der i enderne af rotoren er kortsluttede, deraf navnet kortslutningsmotor. Normalt udstanses jernplader til både stator og rotor af en og samme jernplade for at udnytte materialet bedst muligt.

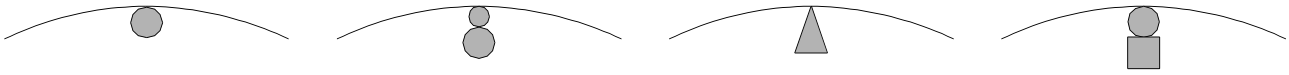


© EVU

Noterne i rotoren er ikke parallelle med akslen. En polsko i rotorjernet vil derved altid være dækket af mere end en polsko i statoren. Denne konstruktion giver et jævnt drejningsmoment (trækkraft) uanset rotorstillingen.

Noterne og dermed rotorstavene kan være cirkulære, rektangulære eller have en anden form.

Nogle rotorer har dobbeltnoter, hvor de yderste kan være cirkulære og de inderste rektangulære eller enkeltnoter, hvor den inderste del er bredere end den yderste del. Motorer med rotorer udført på denne måde kaldes strømfortrængningsmotorer.



Ikke strømfortrængning | Strømfortrængning | Strømfortrængning | Strømfortrængning

Motorer af denne type har en lavere startstrøm uden forringelse af startdrejningsmomentet (kan starte med stor belastning).

Ved produktion af motorer udstanses statorjern og rotorjern af samme stykke jern, normalt båndjern i store ruller. Fordelen ved at udstanse rotor og statorjern af samme stykke er, at der spares materiale, og efterbehandlingen er forholdsvis lille, fordi det udstansede rotorjern passer nøjagtigt i statorjernet.

Asynkronmotorens virkemåde:

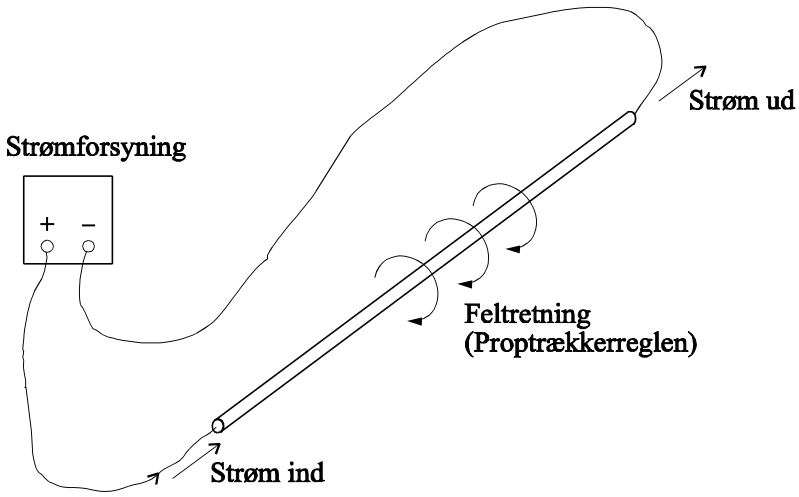
> For at forstå asynkronmotorens virkemåde, kan det være en fordel at opfriske den grundlæggende teori om magnetisme.

Proptrækkerreglen:

> Hvis man sender en strøm igennem en leder, vil der omkring lederen opstå et magnetfelt. Feltets retning kan bestemmes ved hjælp af proptrækkerreglen. Feltretning kan også bevises ved hjælp af en kompasnål (højrehåndsreglen).

© EVU

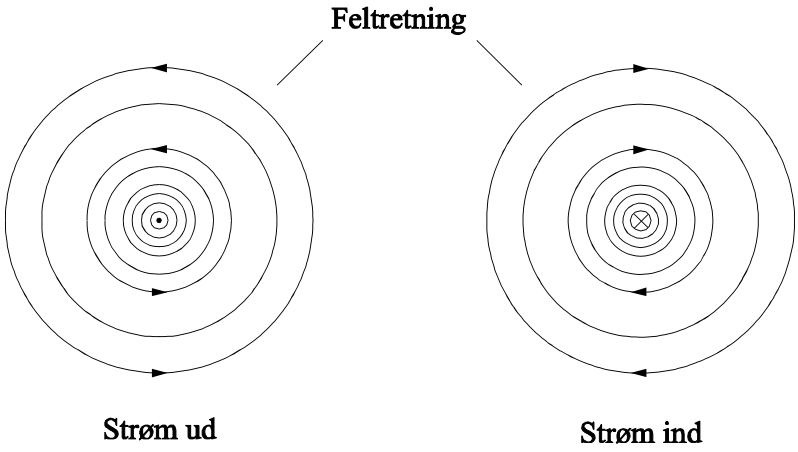
Asynkronmotorens virkemåde



Hvis man tænker sig, at en højreskåret proptrækker skrues ind i lederen i strømmens retning, vil proptrækkerens omdrejningsretning angive feltretningen.

Enhver strømførende leder er omgivet af et magnetisk felt.

Det kan også vises på følgende måde:

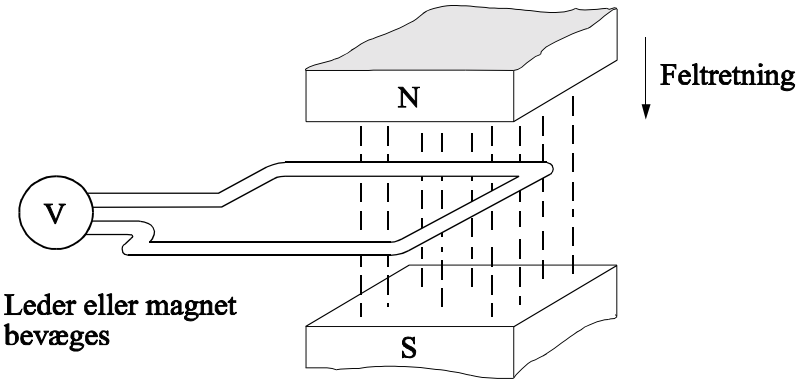


Lederen er vist i midten, og prikken i den ene lader strømmen løbe ud af "papiret". Krydset angiver, at strømmen løber ind i "papiret".

En anden måde at huske det på kan være, at prikken angiver en pilespids på vej ud af papiret, og krydset angiver styrefanerne på en pil, der er på vej ind i papiret.

© EVU

Hvis en leder udsættes for et varierende magnetfelt, vil der i lederen induceres en spænding. Er lederen en lukket sløjfe, vil den inducerede spænding frembringe en strøm i lederen. En leder kan udsættes for et varierende felt ved enten at trække lederen igennem feltet eller flytte feltet forbi lederen.

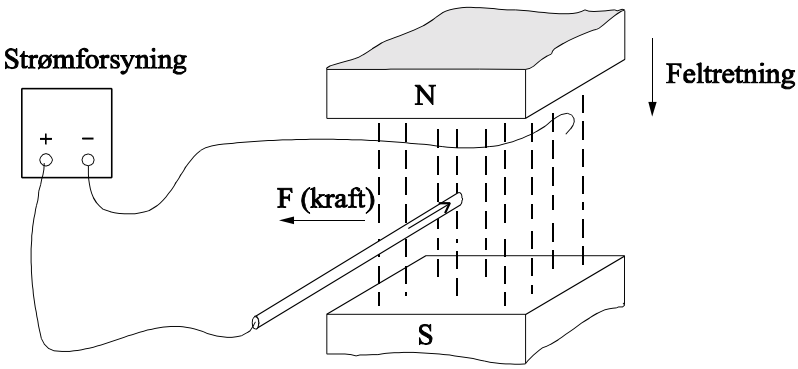


Hvis en leder, hvori der løber en strøm, befinder sig i et magnetfelt, vil lederen blive påvirket med en kraft. Kraftens størrelse er bestemt ved følgende formel.

$$F = B \cdot I \cdot l \quad [N]$$

F = kraften i newton, B = fluxtætheden i tesla, I = strømmen i ampere, l = længden i meter.

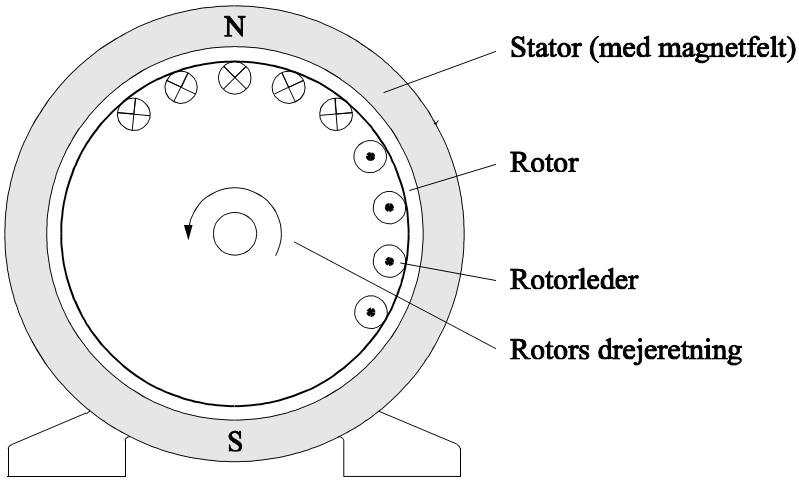
Retningen af kraften findes ved hjælp af venstrehåndsreglen (motorreglen). Hold venstre hånd langs lederen, så kraftlinierne går ind i håndfladen, og fingrene er i strømmens retning. Kraftens retning vil da være til tommelfingersiden.



© EVU

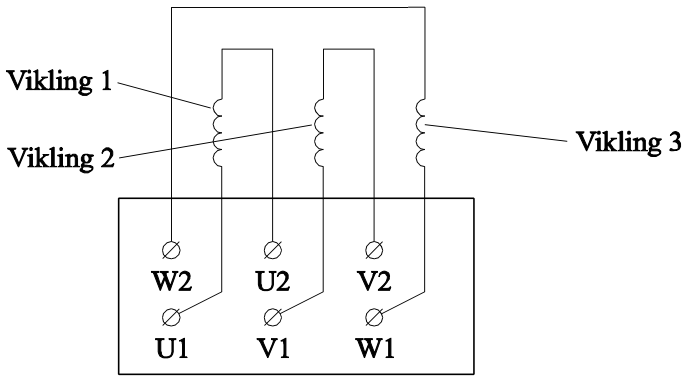
Påvirkningen er gensidig, det vil sige, at det kan lige så godt være magneten, der flytter sig, fremfor lederen.

Hvis det var en motor, kunne magneten være statoren, og lederen kunne være en leder i rotoren. I så fald vil det være rotoren der flytter sig. Da den kun har mulighed for at dreje, vil den dreje, fordi statoren sidder fast i statorhuset.



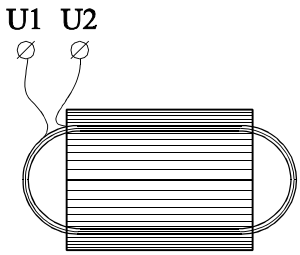
En 3-faset asynkronmotor har normalt tre statorviklinger, der kan bestå af flere spoler. De tre viklingers ender er normalt ført ud til motorens klembræt. Viklingerne benævnes:

Benævnes i dag:	Gammel benævnelse:
Vikling 1 U1-U2	U-X
Vikling 2 V1-V2	V-Y
Vikling 3 W1-W2	W-Z

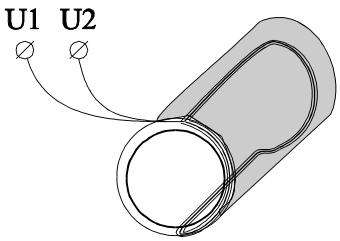


© EVU

Statorviklingernes placering er her vist for en enkelt vikling. I en trefaset motor er der tre viklinger fordelt over statoren.



Stator set fra siden
1. vikling der kan bestå af mange vindinger

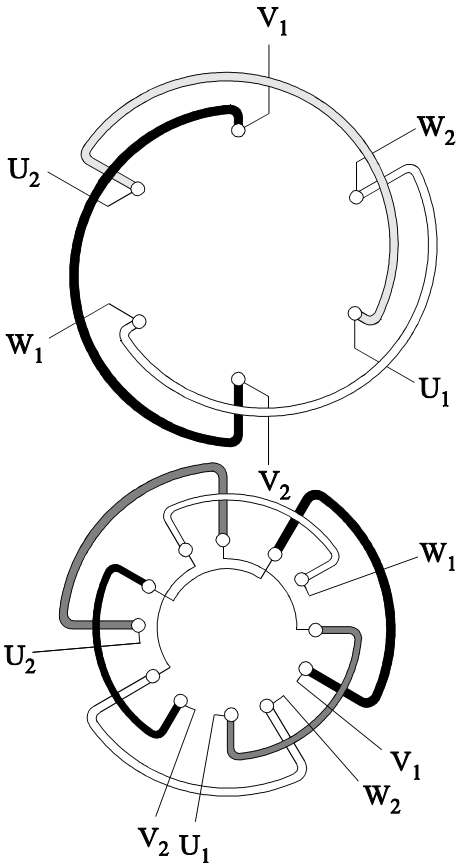


Samme stator, set skråt forfra med 1 vikling

På de efterfølgende tegninger er viklingen kun vist set lige forfra.

I to-polede motorer (to-polede motorer har en nordpol og en sydpol, fire-polede motorer har to nordpoler og to sydpoler) spænder viklingen over:

$$\frac{360°}{Antal\ poler} = \frac{360°}{2} = 180°$$



Hvis det var en fire-polet maskine, ville viklingen spænde over:

$$\frac{360°}{Antal\ poler} = \frac{360°}{4} = 90°$$

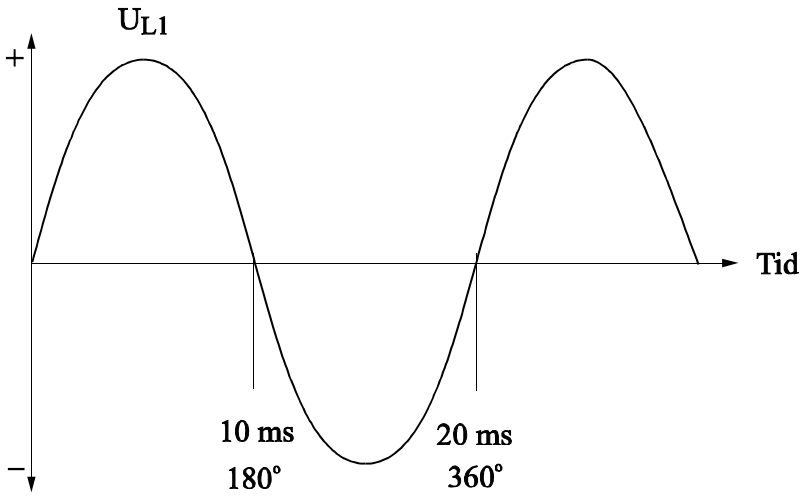
© EVU

Motorens drejefelt

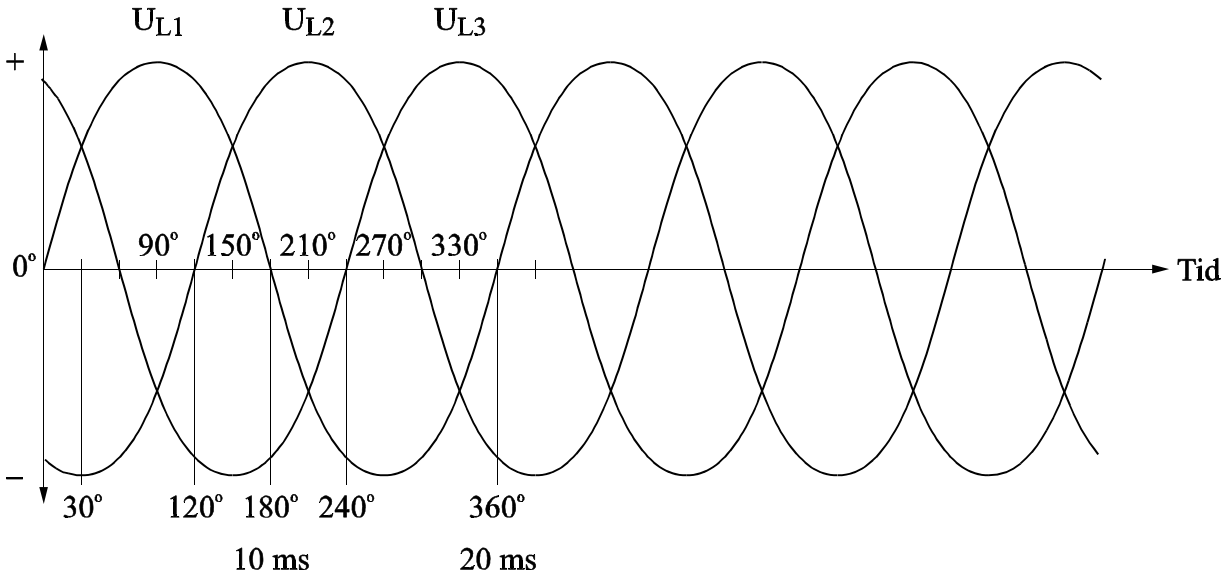
For at der kan blive dannet et drejefelt i motoren, er man nødt til at tilslutte motoren vekselspænding.

Vekselspænding betyder skiftevis positive og negative halvbølger. En periode er lig med 1 positiv og 1 negativ halvbølge, og varer 20 ms. Det vil sige 50 perioder på 1 sekund = en frekvens på 50 HZ.

Vekselspænding

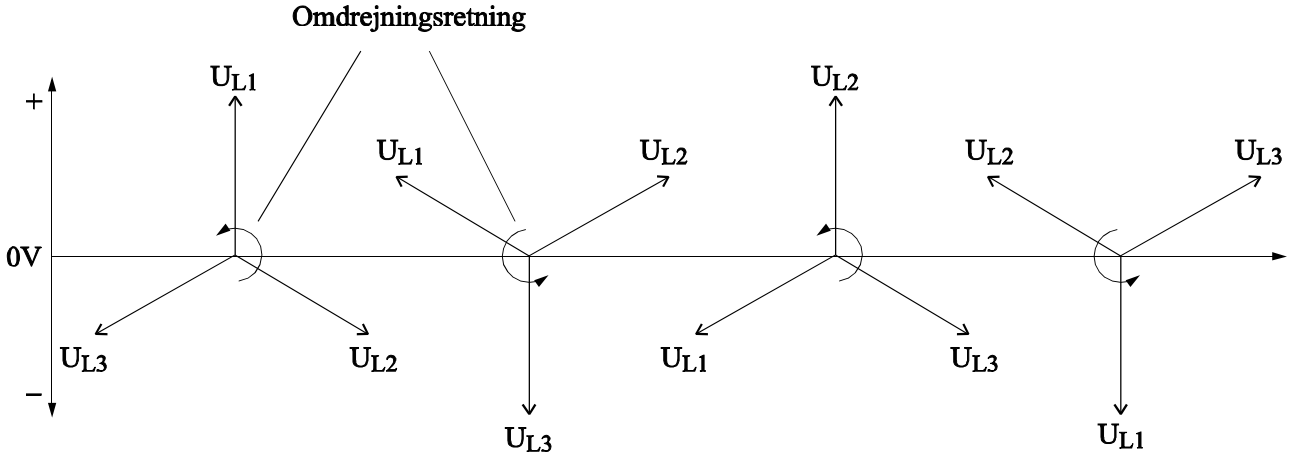


3-faset vekselspænding består af tre faser, der hver især er forskudt 120° fra de to andre.



© EVU

Vi kan tegne vekselspændingen som vektorer i stedet for som kurver, blot skal vi huske, at omdrejningsretningen er mod uret (venstre om).



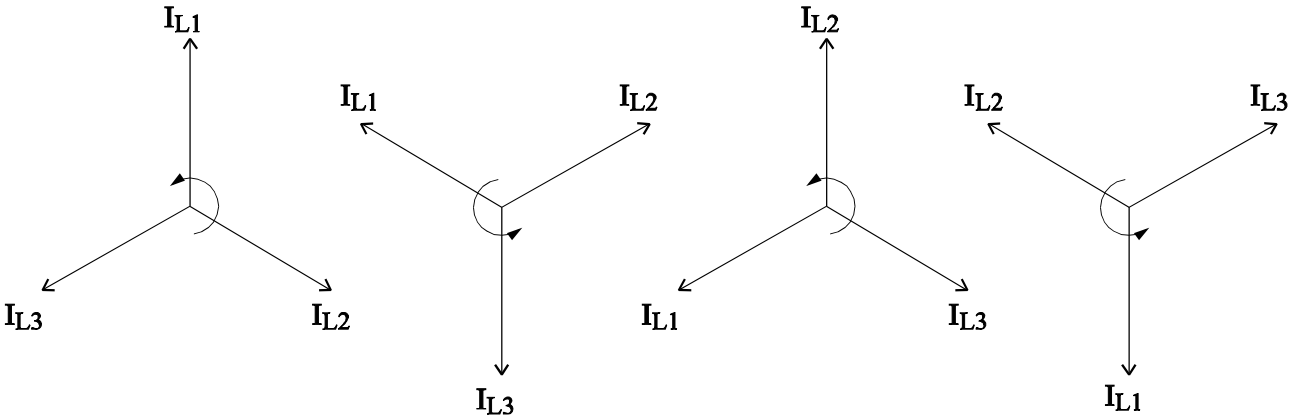
Med L1 i maksimum

60° efter L1 i maksimum 3 ⅓ msek senere

120° efter L1 i maksimum 6 ⅔ msek senere

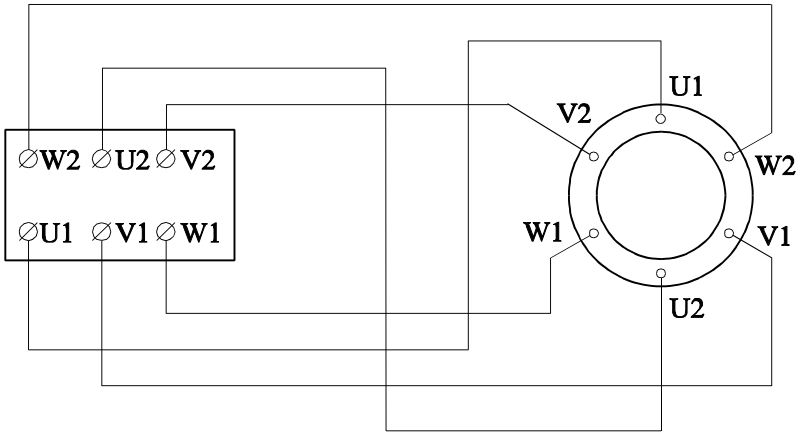
180° efter L1 i maksimum 10 msek senere

Når vi så har viklinger tilsluttet en vekselspænding, vil der også løbe en vekselstrøm i viklingerne. Disse strømme kan også vises ved hjælp af vektorer.

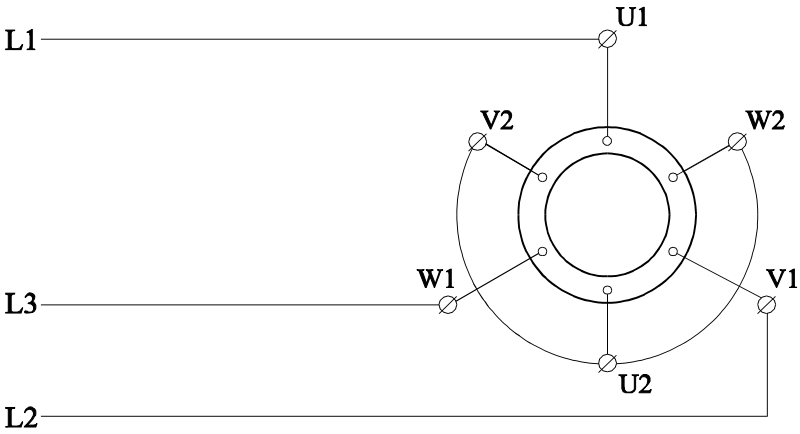


 © EVU

Hvis man forestiller sig en stator med tre viklinger, en vinding for hver vikling og de to ender for hver vikling ført ud til motorens klembræt, får man en tegning, der er noget uoverskuelig.



For at gøre tegningen mere overskuelig kan man udelade klembrættet og de seks monterede viklingsender. I stedet vises de tre viklingers begyndelsesender ført ud til fase L1, L2, L3 og de tre viklingers slutender forbundet sammen. Det vil sige, at motoren er stjernekoblet.

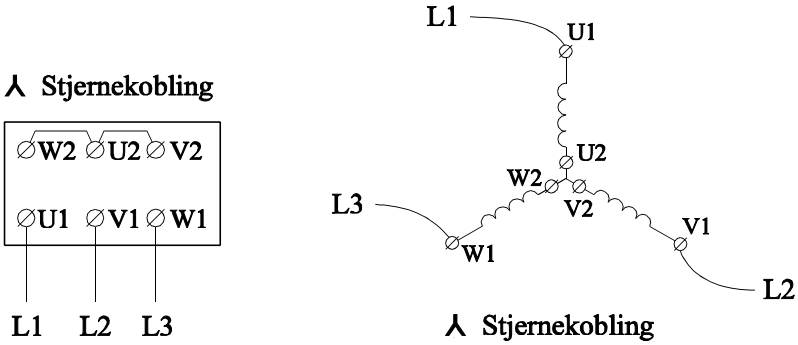


Man kan også vise stjernekoblingen direkte på klembrættet. De tre begyndelsesender tilsluttes L1 på U1, L2 på V1, L3 på W1, og de tre slutender U2, V2, W2 forbindes sammen direkte på klembrættet.

At denne koblingsmåde kaldes for stjernekobling, ses tydeligt, hvis man viser forbindelsen uden stator og klembræt.

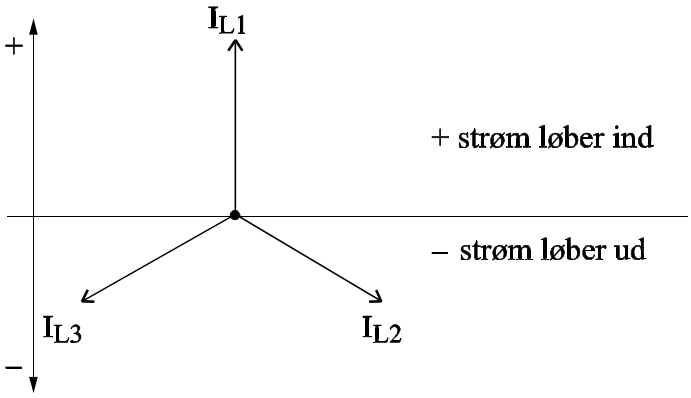
© EVU

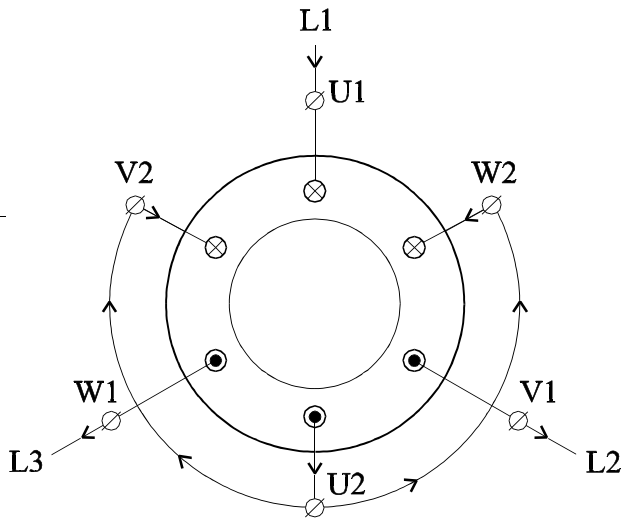
Af tegningen ses det, at viklingernes slutender er samlet i et fælles punkt, og viklingernes startender er tilsluttet hver sin fase.



Hvis vi vil se på, hvordan strømmene løber i statorens viklinger, er vi nødt til at bestemme hvilket punkt af sinuskurven vi vil se på. Det kunne være en idé at vælge et punkt, hvor strømmen i L1 er positiv, så vil strømmene i L2 og L3 være negative. Det vil betyde, at der må løbe strøm ind ad klemme U1 igennem viklingen, og ud ad klemme U2. Fra klemme U2 vil strømmen dele sig og løbe til både V2 og W2 igennem disse to viklinger, ud igennem klemmerne V1 og W1 og tilbage til L2, L3, da disse to er negative.

Krydset (⊗) i de tre øverste ender viser, at strømmen løber ind. Prikken (⊙) i de tre nederste ender viser, at strømmen løber ud.





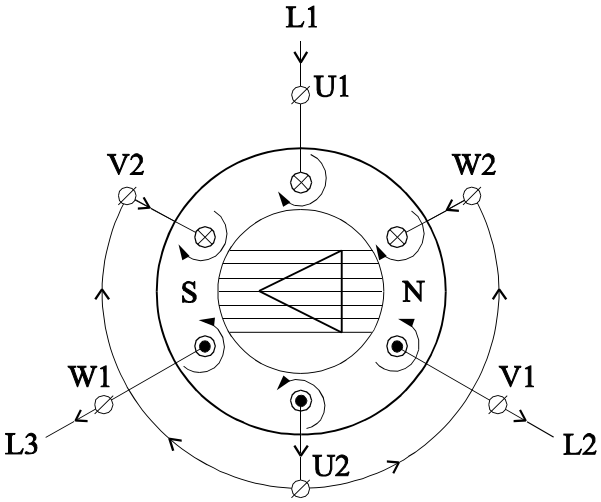
© EVU

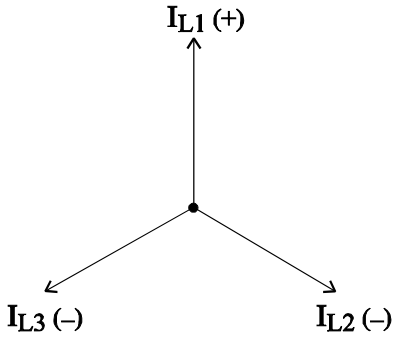
Det magnetiske felt

Dannelsen af det magnetiske felt kan påvises ved hjælp af proptrækkerreglen.

L1 er positiv, det vil sige, at strømmen løber ind ved U1, feltet vil dreje højre om lederen, strømmen løber ud ved V2, det vil sige, feltet løber venstre om. Hvis vi så bruger proptrækkerreglen tilsvarende på de øvrige ledere, vil vi se, at omkring de tre øverste ledere drejer feltet højre om og venstre omkring de tre nederste.

Disse seks delfelter vil samles til et resulterende felt, gående fra venstre mod højre. Det vil svare til en sydpol til venstre og en nordpol til højre.

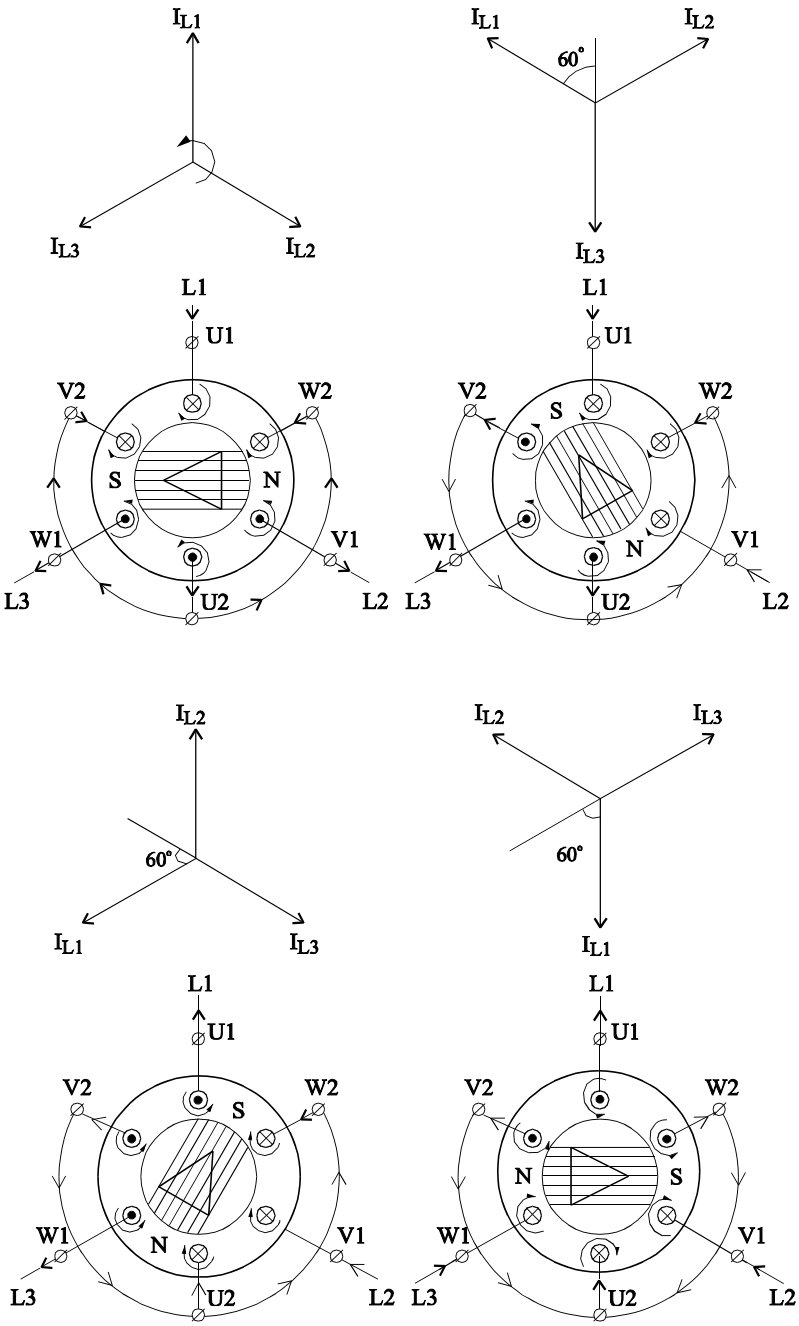




Drejefelt

Da vores netfrekvens er lig med 50 Hz, vil vektorerne dreje 50 omdrejninger på et sekund. Hvis vi følger en vektordrejning af strømvektorerne på 60° tre gange og samtidig følger det magnetiske felt, vil man se, at det resulterende felt drejer nøjagtigt det samme antal grader som strømvektorerne. Vi har altså fået frembragt et drejefelt.

© EVU



Da vores netfrekvens er 50 HZ, vil drejefeltets omdrejningstal blive:

$$50\ omdr/sek = 50 \cdot 60 = 3000\ omdr/\text{min}.$$

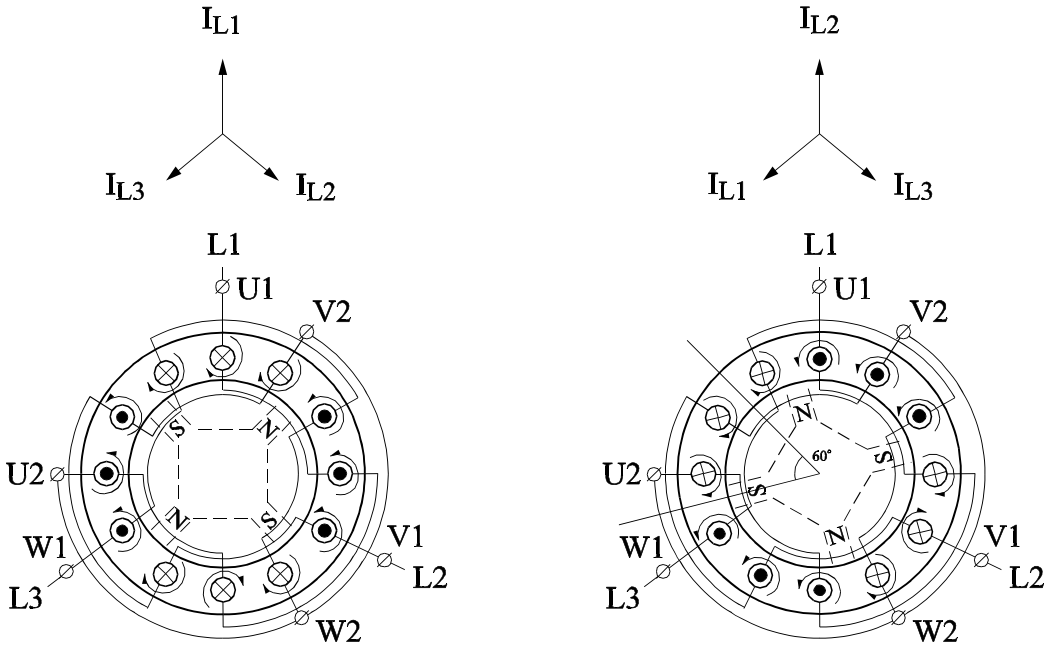
© EVU

Hvis vi lader viklingen spænde over 90° i stedet for 180°, vil vi få et drejefelt, der har 4 poler (to nordpoler og to sydpoler).

Det vil betyde, at når vektordrejningen har været 120°, vil drejningen af feltet kun være 60°.

Drejefeltets omdrejningstal vil blive:

$$25\ omdr/sek\ =\ 25\ \cdot 60\ =\ 1500 omdr/\text{min.}$$



Drejefeltets omdrejningstal

Drejefeltets omdrejningstal, der også kaldes det *synkrone omdrejningstal*, betegnet (n_s), bestemmes altså af statorens poltal og nettets frekvens.

En nordpol og en sydpol danner tilsammen et polpar, det vil sige, at en to-polet motor har et polpar (P).

Ud fra antallet af polpar kan man beregne drejefeltets hastighed.

Beregning af antal polpar.

$$p\ =\ \frac{antal\ poler}{2}\ =\ antal\ [Polpar]$$

© EVU

En 2 polet motor har 1 polpar.

$$p = \frac{2}{2} = 1\ [Polpar]$$

Beregning af drejefeltets hastighed i omdrejninger/minut. (n_s)

$$Omdr./\min = \frac{Frekvens\ x\ 60}{Antal\ polpar} = [Antal\ omdr./\min]$$

Drejefeltets hastighed

$$n_s = \frac{50\ x\ 60}{1} = 3000\ [Omdr./\min]$$

En 4 polet motor har 2 polpar.

$$p = \frac{4}{2} = 2\ [Polpar]$$

Drejefeltets hastighed

$$n_s = \frac{50\ x\ 60}{2} = 1500\ [Omdr./\min]$$

En 6 polet motor har 3 polpar.

$$p = \frac{6}{2} = 3\ [Polpar]$$

Drejefeltets hastighed

$$n_s = \frac{50\ x\ 60}{3} = 1000\ [Omdr./\min]$$

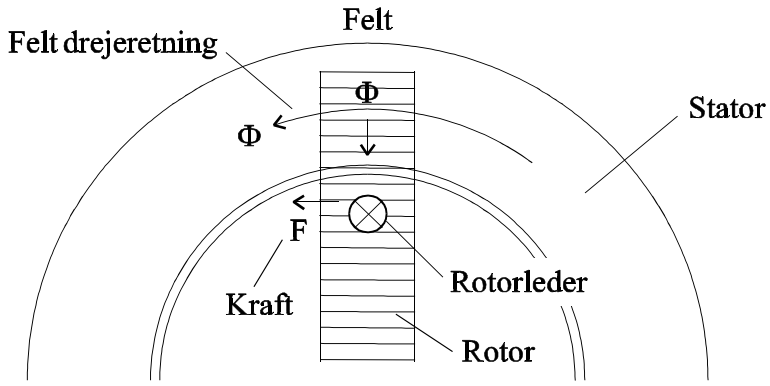
© EVU

Anbringes en kortslutningsrotor i et drejefelt, vil kraftlinierne fra drejefeltet overskæres af rotorlederne/stavene.

Det vil betyde, at vi har en leder, der udsættes for et varierende magnetfelt og det vil inducere en spænding i rotorlederne. Størrelse af denne inducerede spænding vil afhænge af drejefeltets styrke og drejefeltets hastighed i forhold til rotorlederen. Den inducerede spænding vil fremkalde en strøm i rotorlederne, fordi rotorlederne indgår i et lukket kredsløb (kortslutningsrotor). Strømmens størrelse vil også afhænge af rotorkredsens impedans.

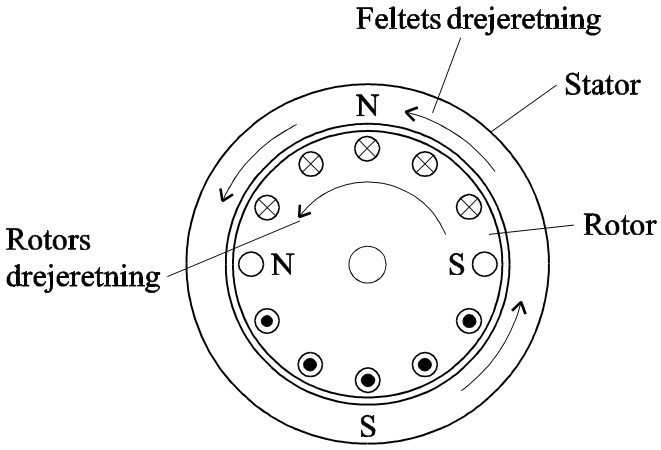
Den strømførende rotorleder påvirkes af en kraft (F), hvis retning kan bestemmes ved hjælp af venstrehåndsreglen (motorreglen).

Hold venstre hånd langs lederen, så feltlinierne går ind i håndfladen og fingrene er i strømmens retning. Kraften vil da have retning mod tommelfingersiden.



© EVU

Det vil så betyde, at rotoren vil få samme drejeretning som statorfeltet.



Når man sætter spænding på en ubelastet, asynkron kortslutningsmotor, vil statoren trække strøm, og der vil blive opbygget et drejefelt i statoren. Fordi rotoren står stille, vil rotorlederne blive passeret af drejefeltet med maksimal hastighed. Derfor vil der i rotorlederne blive induceret en stor spænding, som giver en stor strøm, som igen giver en stor kraft. Denne kraft vil få rotoren til at dreje. Rotoren vil på grund af den store kraft løbe op i omdrejninger. Jo hurtigere rotoren løber, jo mindre vil hastighedsforskellen mellem drejefelt og rotorledere blive.

Det vil betyde, at den inducerede spænding i rotorkredsen vil blive mindre og dermed også strøm og kraftpåvirkning. Rotoren vil aldrig kunne nå op på samme omdrejningstal som drejefeltets.

Skete det, ville drejefelt og rotorleder stå stille i forhold til hinanden, og der ville ikke blive induceret nogen spænding og dermed heller ingen kraft.

Rotoren vil derfor altid løbe langsommere end drejefeltet (rotoren vil løbe asynkront), og der vil altid være behov for en kraft til at overvinde friktion i lejer og til at trække ventilatoren.

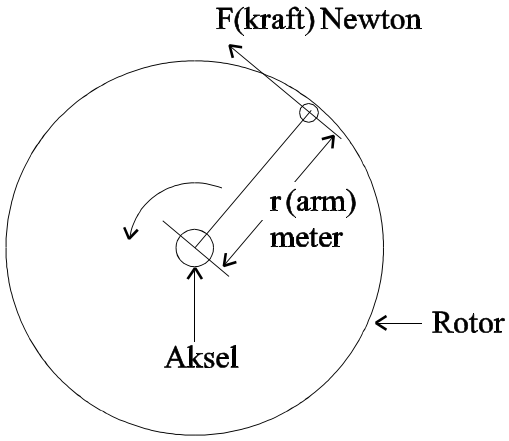
© EVU

Hvis man belaster motoren, vil rotorens omdrejningstal falde, fordi motoren skal yde en større kraft. Det sker ved at rotorens omdrejningstal falder, indtil rotorlederne skærer feltlinierne med en hastighed, der giver en induceret spænding, der er stor nok til at give den nødvendige rotorstrøm, som så igen giver den nødvendige drejende kraft.

Drejningsmoment

Denne drejende kraft kaldes, drejningsmomentet (M) og benævnes i Newtonmeter [Nm]. Drejningsmomentet er produktet af kraft x arm (F x r). Kraften er den kraft, rotoren påvirkes med, r er afstanden mellem rotationens centerlinie og kraftens angrebspunkt. Da F måles i Newton og r måles i meter, fremkommer formlen

N x r [Nm].



Når kraften F, der virker på armen r, har drejet akslen n omdrejninger, er der udført et arbejde:

$$Arbejdet = F\ (kraften) \cdot s\ (strækningen)$$

s (strækningen) = 2π r x n, hvor 2π r = en cirkels omkreds og n = antallet af omdrejninger.

Det vil sige, at det udførte arbejde for n omdrejninger vil være Arbejdet = F x 2π r x n [Nm].

© EVU

Hvis dette arbejde udføres på 1 minut = 60 sekunder, bliver effekten P.

$$P = \frac{A(arbejdet)}{t(tiden)} = \frac{F \cdot 2\pi r \cdot n}{60} = [Nm/s = Watt]$$

Da det drejende moment M = F x r, kan M indsættes i formlen i stedet for F x r.

$$P = \frac{M \cdot 2\pi \cdot n}{60} = [Nm/s = Watt]$$

Hvis vi så udregner og indsætter dette i formlen,

$$\frac{2\pi}{60} = \frac{1}{9{,}55}$$

får vi en formel, der viser, at der er en sammmenhæng mellem effekt, drejningsmoment og omdrejningstal

$$P = \frac{M \cdot n}{9{,}55} = [Watt]$$

I den viste formel anvendes enhederne:

P = afgiven effekt i watt

M = Newtonmeter

n = omdrejningstal/minut

Den afgivne effekt kaldes normalt for P_2, så den korrekte formel bør se sådan ud.

$$P_2 = \frac{M \cdot n}{9{,}55} = [Watt]$$

© EVU

Hvis man ønsker at finde enten M eller n i stedet, kan man flytte lidt rundt på de enkelte led i formlen.

Drejningsmomentet (M)

$$M = \frac{P_2 \cdot 9{,}55}{n} = [Nm]$$

Omdrejningstallet (n)

$$n = \frac{P_2 \cdot 9{,}55}{M} = [Omdr/\text{min}]$$

Motorens drejningsmoment.

Det i motoren udviklede drejningsmoment er bestemt ved følgende formel:

$$M = k \cdot \phi_{resulterende} \cdot I_{rotor} \cdot Cos\ \varphi_2 = [Nm]$$

Hvor (k) er en talkonstant for motoren.

($\phi_{resulterende}$) er det resulterende felt i motoren. Det resulterende felt består af både stator- og rotorfelt. Det resulterende felt kan regnes for at være konstant i motorens normale arbejdsområde. Hvis motoren bliver overbelastet eller er ved at starte, vil det resulterende felt svækkes og dermed også momentet.

(I_{rotor}) er strømmen i rotoren.

(Cos φ_2) er Cos til vinklen mellem rotorspændingen og rotorstrøm. Vinklen φ_2 er bestemt af forholdet mellem rotorens resistans (R) og induktans (XL).

(R) er den ohmske modstand i rotoren, og (XL) er den induktive modstand i rotoren. Da ($XL = 2\pi fL$) vil XL ændres sammen med rotorfrekvensen og dermed også vinkel φ_2. Det betyder at denne vinkel har stor betydning for drejningsmomentets variation under opstart af motoren.

© EVU

Inden for motorens normale arbejdsområde kan man regne ($\phi_{resulterende}$) og (Cos φ_2) som værende konstante. Det vil sige, at man kan benytte følgende formel når motoren er i sit normale arbejdsområde

$$M = k \cdot \phi_{resulterende} \cdot I_{rotor} = [Nm]$$

Formlen viser, at motorens udviklede drejningsmoment er ligefrem proportionalt med rotorstrømmen i motorens normale arbejdsområde.

Formlen viser også, at rotoren aldrig vil kunne nå samme omdrejningstal som statorfeltet, da der så ikke ville være nogen induceret spænding og dermed heller ingen rotorstrøm.

(M) ville være 0 Nm, hvis der ikke var en rotorstrøm. Da der selv ved tomgang er behov for et vist drejningsmoment til overvindelse af lejefriktion og drift af ventilator, må der nødvendigvis være en forskel på statorfeltets omdrejningstal og rotorens omdrejningstal. Motoren vil løbe med et vist slip.

Af formlen fremgår det også, at motorens drejningsmoment er meget afhængigt af spændingen. Hvis motoren tilsluttes en spænding, der er $\sqrt{3}$ mindre end den påtrykte, vil feltet og dermed også rotorstrømmen mindskes $\sqrt{3}$ gange, hvilket vil betyde, at drejningsmomentet vil blive ($\sqrt{3}$ x $\sqrt{3}$ = 3 gange) mindre. Drejningsmomentet varierer altså med spændingen i anden potens, når n er konstant.

Slip og slipprocent

Forskellen mellem drejefeltets omdrejningstal (n_s) og rotorens omdrejningstal (n) kaldes slippet (s).

Slippet

$$s = n_s - n = [Omdr]$$

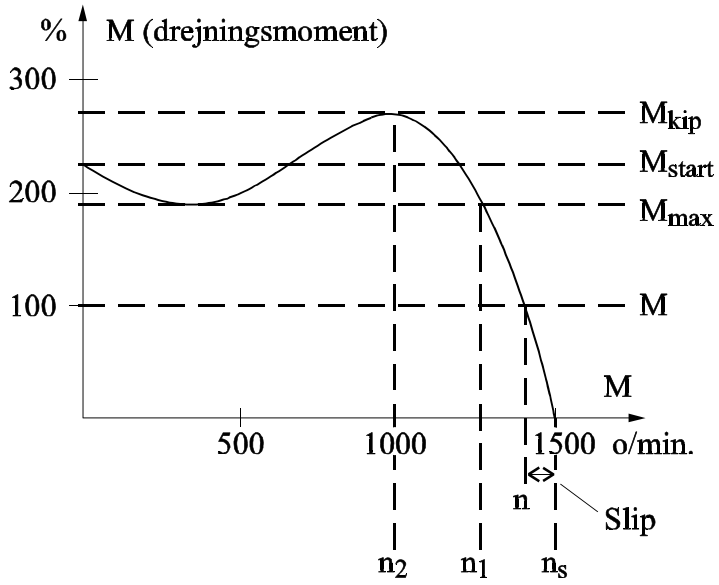
Slippet beregnes ofte i procent.

© EVU

Slipprocent

$$s\% = \frac{(n_s - n) \cdot 100}{n_s} = [\%]$$

Den efterfølgende kurve (drejningmoment som funktion af omdrejningstal) viser, at der er sammenhæng mellem omdrejningstal, drejningsmoment og slip for en asynkron kortslutningsmotor.



Af kurven ses det, at ved det synkrone omdrejningtal (ns) er drejningsmomentet = 0 Nm. Hvis motoren er ubelastet, vil der være behov for et drejningsmoment til at overvinde friktions- og ventilationstab. Det vil betyde, at motoren vil finde et omdrejningstal, der giver det nødvendige drejningmoment, et sted mellem (ns) og (n).

Hvis motoren belastes med motorens normal-/fuldlastmoment (M), vil den stille sig på (n) omdrejninger.

Hvis belastningen øges til M_{maks}, vil motoren altid finde et nyt balancepunkt, hvor omdrejningstal og drejningsmoment passer sammen.

Øges belastningen til mere end M_{kip} (kaldet kipmomentet eller maksimalmomentet), vil det ikke være muligt for motoren at finde et nyt balancepunkt, det

© EVU

vil betyde, at den går i stå. Og hvis spændingen til motoren ikke bliver afbrudt, vil den trække en strøm svarende til startstrømmen, som normalt er cirka 6 x fuldlaststrømmen. Hvis denne strøm ikke bliver afbrudt, vil det ødelægge motoren i løbet af kort tid. Så det vil altid være en god idé at lave en eller anden overstrømsbeskyttelse af motoren, som fx sikringer eller termorelæ.

Kurven viser også, at det er muligt at belaste motoren med cirka 100 % mere, både ved start og drift, end den er fremstillet til, uden at den går i stå.

Det ses også, at når motorens omdrejningtal falder, stiger drejningsmomentet (trækkraften), det vil sige rotorstrømmen stiger på grund af hastighedsforskellen mellem drejefelt og rotor, som bevirker en større induceret spænding i rotoren, som igen giver en større rotorstrøm.

© EVU

Statorstrøm, rotorstrøm

Strømmen i rotoren er altid afhængig af motorens belastning. Da der altid er et magnetisk felt omkring en strømførende leder, vil der også være et felt omkring rotorlederne. Dette rotorfelt vil virke på statorfeltet.

Det resulterende felt vil være den vektorielle sum af stator og rotorfelt.

$$\overline{\Phi}_{resulterende} = \overline{\Phi}_{stator} + \overline{\Phi}_{rotor}$$

Da det magnetiske felt ud over strømmen også er afhængigt af antallet af vindinger, kan man ændre ovenstående formel til amperevindinger fremfor magnetisk felt.

$$\overline{AV}_{resulterende} = \overline{AV}_{stator} + \overline{AV}_{rotor}$$

Den vektorielle sum af amperevindingerne (stator) skal være lig med den vektorielle sum af amperevindinger (rotor).

Men da vindingstallet for både rotor og stator altid er det samme for en konkret motor, så er det kun strømmen, der kan ændre sig.

Det vil betyde, at statoren nødvendigvis må optage en større strøm, hvis motoren belastes for at opretholde amperevindingstallet.

Sammenlignes ovenstående med forholdene i en transformer, ses det, at asynkronmotoren kan betragtes som en transformer. Hvor statorviklingen svarer til primærviklingen, og rotorviklingen svarer til sekundærviklingen.

Eller sagt kort, en stigende belastning af motoren må nødvendigvis give en stigning i statorstrømmen.

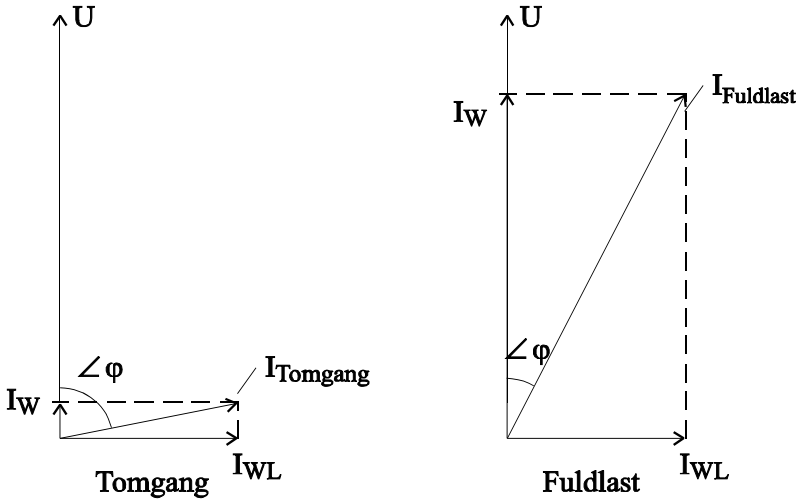
© EVU

Motorens optagne strøm

Motorens optagne strøm (I), består af watt-strøm (I_w) og en wattløs-strøm (I_{wl}). Watt-strømmen ændres i takt med belastningen. Den wattløse strøm er stort set uforandret i motorens normale arbejdsområde.

Det vil så betyde, at der vil være en stor faseforskydning, når motoren kører i tomgang.

Strømmenes placering i forhold til spændingen ses i efterfølgende vektordiagram.

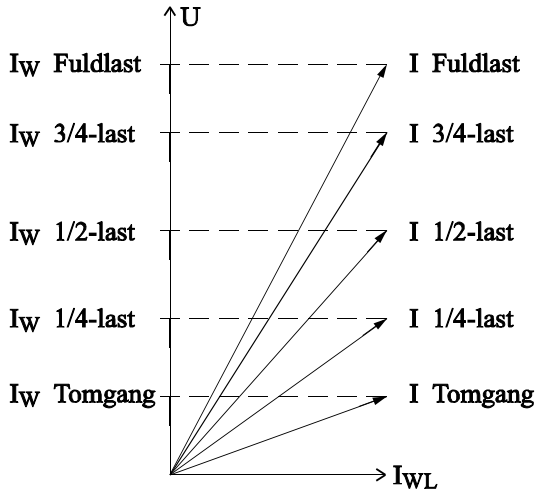


© EVU

Vektordiagrammet for tomgang viser, at watt-strømmen ikke er ret stor, den skal kun overvinde motorens tab. Den wattløse strøm er derimod forholdsvis stor. Den wattløse strøm skal give magnetiseringen (feltet) af motoren. Magnetiseringen skal være konstant uanset belastningen.

Vektordiagrammet for fuldlast viser, at både strøm og watt-strøm er steget ganske betydeligt, mens den wattløse strøm er uforandret.

Det samme vil være gældende ved varierende belastning af motoren. Her vil watt-strømmen ændres i takt med belastningen og den wattløse strøm være uforandret.



Motorens effektfaktor (Cos φ) og effekt

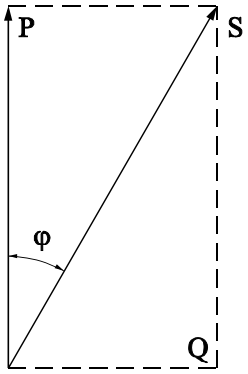
En motor optager watt-effekt (aktiv effekt) til at dække motorens arbejde. Den optager også blind-effekt (reaktiv effekt), som anvendes til magnetisering af motoren. Hvis man foretager en vektoriel sammenlægning af watt- og reaktiv effekt, får man den tilsyneladende effekt.

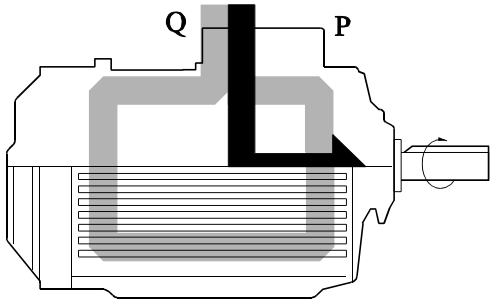
Motorens effektfaktor (Cos φ) kan beregnes som forholdet mellem watt-effekt og tilsyneladende effekt. Cos φ kan også beregnes som forholdet mellem wattstrøm og strøm.

Den aktive effekt betegnes P og benævnes i [watt]. Den reaktive effekt betegnes Q og benævnes [VAr] (volt-ampere-reaktiv). Den tilsyneladende effekt betegnes S og benævnes [VA] (volt-ampere).

© EVU

Vinklen mellem P og S betegnes vinkel φ. Effektfaktoren er lig med Cos til denne vinkel.





Effektfaktoren bestemmes ved måling af tilført effekt, spænding og strøm, når motoren er belastet med sin mærkeeffekt.

Hvis man ønsker at beregne enten P, Q eller S kan det gøres ved hjælp af følgende formler, dog skal faktoren $\sqrt{3}$ udelades, hvis det drejer sig om enfasede belastninger.

Den aktive effekt i watt.

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi = [W]$$

Den reaktive effekt i VAr.

$$Q = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \varphi = [VAr]$$

Den tilsyneladende effekt i VA.

$$S = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot = [VA]$$

For alle tre formler gælder det, at spænding og strøm skal være netværdier. Man kan til enhver tid benytte sig af de almindelige regneregler for trigonometri og pythagoras, hvis man ønsker at beregne strømme, effekter eller vinkler vedrørende motorer. Som tidligere nævnt, kan Cos φ beregnes ved hjælp af strømme eller effekter.

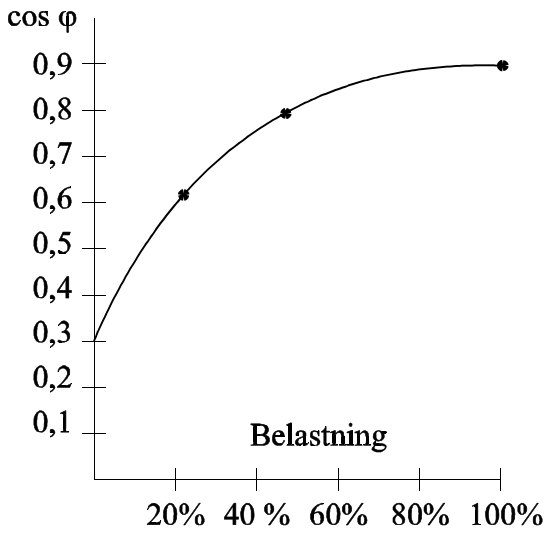
$$Cos \varphi = \frac{I_w}{I}$$

© EVU

$$Cos\ \varphi = \frac{P}{S}$$

Da reaktiv effekten er uforandret i motorens normale arbejdsområde, vil det betyde, at motoren får en dårlig effektfaktor ved lav belastning.

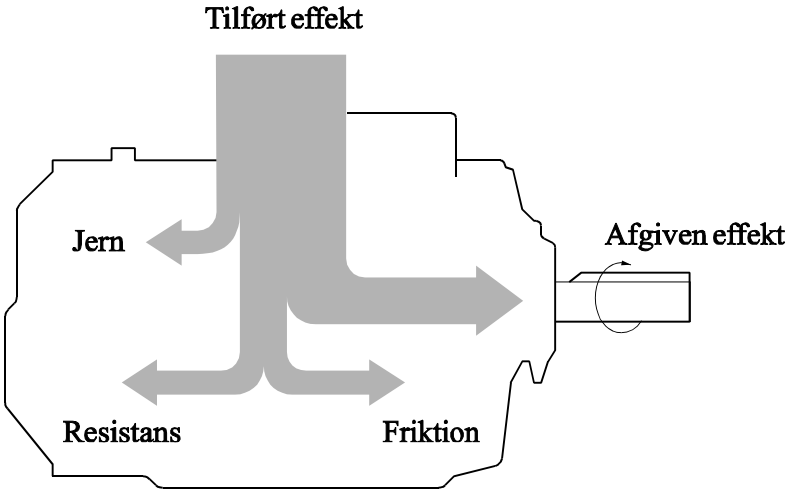
Derfor bør motoren vælges, så den kører så tæt på fuldlast som muligt. Motorer der er større end nødvendigt, giver en stor faseforskydning. At Cos φ er dårlig ved lav belastning, kan også vises på en kurve, der viser Cos φ som funktion af belastningen.



© EVU

Virkningsgrad

En motors virkningsgrad er et udtryk for, hvor stor en del af den tilførte effekt, der afgives som effekt på motorens aksel.



Virkningsgraden for en motor kan bestemmes på to måder. Den direkte metode eller den indirekte metode.

Ved den direkte metode måles tilført og afgiven effekt hver for sig.

Ved den indirekte metode bestemmes tilført effekt og tab ved hjælp af et tomgangsforsøg og ud fra dette bestemmes virkningsgraden.

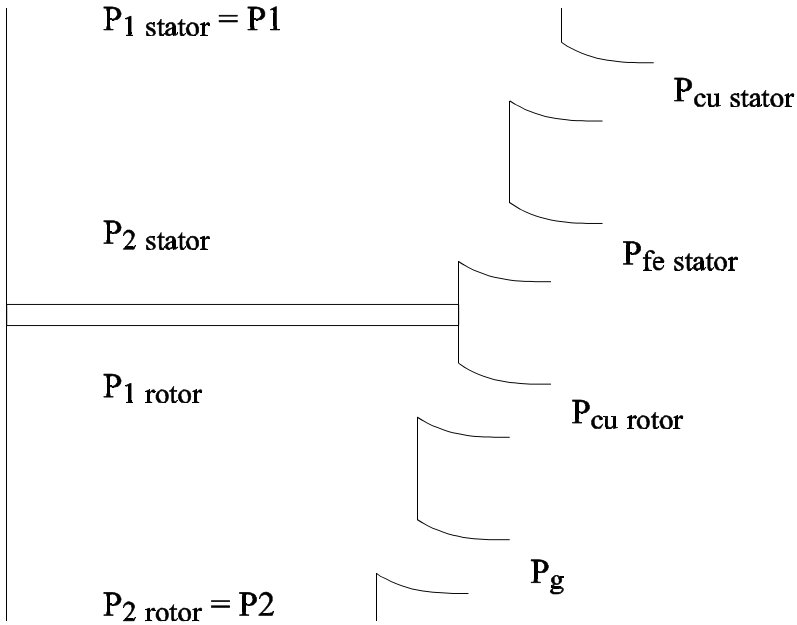
De tab, der skal bestemmes, er:

- Leje og ventilationstab
- Strømvarmetab i stator og rotor
- Jerntab
- Tillægstab

Tillægstab fastsættes som 0,5 % af tilført effekt ved mærkeeffekten.

© EVU

Der kan med fordel benyttes følgende tegning (effektfordeling i motoren) for at vise, hvor de forskellige tab i motoren opstår.



Skitsen skal forstås på følgende måde. Der tilføres en effekt $P_{1\ stator}$ (P_1). Der tabes noget effekt til opvarmning af lederne i statoren $P_{cu\ stator}$. Der afsættes varme i statorjernet $P_{fe\ stator}$ (på grund af hysterese og hvirvelstrømstab).

Så er vi ved statorens afgivne effekt $P_{2\ stator}$, som sættes lig med rotorens tilførte effekt $P_{1\ rotor}$.

Fra rotorens tilførte effekt skal der trækkes $P_{cu\ rotor}$ (effekt til opvarmning af rotorledere) samt P_g (leje og ventilationstab).

Den resterende effekt er lig med $P_{2\ rotor}$ = (P_2) motorens afgivne effekt.

Man kan tillade sig at sætte jerntab i rotoren til 0, fordi rotorfrekvensen, ved normal drift af motoren er meget lille og rotorens jerntab derfor ubetydeligt.

© EVU

Virkningsgraden kan derfor beregnes ud fra følgende formel.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Virkningsgraden η (eta) er lig med forholdet mellem afgiven og tilført effekt. Virkningsgraden vil altid være mindre end 1.

Effekttabet Δ P (delta P) er forskellen mellem tilført og afgiven effekt.

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

Det er vigtigt at vælge den rigtige motor til den givne opgave.

Hvis det er en motor til fx en halmtransportør, der skal køre cirka 15 timer om året, så har virkningsgraden ikke så stor betydning, som hvis det er en motor til et ventilationsanlæg, der skal køre fx 10 timer om dagen, 5 dage om ugen, cirka 200 dage om året. I sådanne tilfælde har virkningsgraden stor betydning for årsforbruget og dermed prisen for drift af motoren.

Eksempel 1.

1 stk. motor med en afgiven effekt på 10 kW, virkningsgrad på 0,76 og årlig driftstid på 2000 timer.

Tilført effekt

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{10\ kW}{0{,}76} = 13{,}158\ kW$$

Tilført kWh (arbejde) 13,158. 2000 = 26316 kWh

© EVU

Eksempel 2.

1 stk. motor med en afgiven effekt på 10 kW, virkningsgrad på 0,90 og årlig driftstid på 2000 timer.

Tilført effekt

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{10\ kW}{0{,}9} = 11{,}111\ kW$$

Tilført kWh (arbejde)

$$11{,}111 \cdot 2000 = 22222 kWh$$

Eksemplerne viser, at den motor med den bedste virkningsgrad optager mindre effekt fra nettet og derfor vil den være billigere at køre med.

Der er sparet:

$$26316 - 22222 = 4094 kWh.$$

per driftsår. Man kan så udregne besparelsen i kroner ved at gange de 4094 kWh med den aktuelle kWh-pris.

Ud fra dette tal kan man så afgøre, om den højere pris for den motor med den bedste virkningsgrad kan forsvares.

Hvis det drejer sig om motoren til halmtransportøren, der havde en årlig driftstid på 15 timer, vil kWh besparelsen per år blive:

$$(13{,}158 \cdot 15) - (11{,}111 \cdot 15) = 30{,}71 kWh.$$

I dette tilfælde vil det nok ikke kunne forsvares at vælge den noget dyrere motor, da det vil vare mange år, inden den forholdvis dyrere motor er tjent ind.

Motorer med en lav virkningsgrad har i mange tilfælde også en ringere effektfaktor (cos φ), hvilket vil betyde, at motor med en lav effektfaktor optager en større strøm end en motor med en høj effektfaktor. Denne større strøm vil give et større effekttab i ledningerne til motoren. Derfor bør man altid vælge en motor både med hensyn til virkningsgrad, effektfaktor og årlig driftstid.

© EVU

Ved valg af motor skal man også være opmærksom på, at det er den drevne maskines effektbehov, der bestemmer effektafgivelsen fra motoren. Dermed også hvor meget effekt motoren optager fra nettet. Hvis en maskine har behov for 10 kW, vil den motor, der driver denne maskine afgive 10 kW, uanset om motoren er på 7,5, 10, eller 15 kW. Installerer man en motor på 7,5 kW vil den blive overbelastet, det vil den ikke kunne klare i længere tid. Hvis man installerer en motor på 15 kW, får man en dårlig effektfaktor, og den større motor er også dyrere i indkøb.

Hvis man står og skal vælge mellem to motorstørrelser, bør man dog altid vælge en motor, der er for stor frem for en, der er for lille.

Tilslutning og start af 3-faset asynkronmotor

Når man skal tilslutte en motor, er man nødt til at kigge på motorens mærkeplade for at se, hvilken spænding motorens vikling er beregnet til. På mærkepladen kan der være spændingsoplysninger ved forskellige koblingsmetoder og ved forskellige frekvenser.

Eksempel

LEOMOTOR		Type 1 80B4	
		No 008120 92	
3~Mot	IP 65	CL. F	IM B 14
IDS 2539393		S 1	100 %
IFC 34 - 1			
50 Hz	0.75 kW	cosφ 0.75	
Y 380 - 420 V		1.9 - 2.0 A	
Δ 220 - 240 V		3.3 - 3.5 A	
		1375 min^{-1}	
60 Hz	0.86 kW	cosφ 0.76	
Y 440 - 480 V		1.9 - 2.0 A	
Δ 250 - 280 V		3.3 - 3.5 A	
		1650 min^{-1}	

© EVU

Denne mærkeplade viser, at ved et spændingsområde på 380-420 volt og en frekvens på 50 Hz, skal motoren stjernekobles (markeret med et Y).

Motoren kan også kobles i trekant, men så må spændingen kun være fra 230-240 volt (markeret med en Δ eller et D).

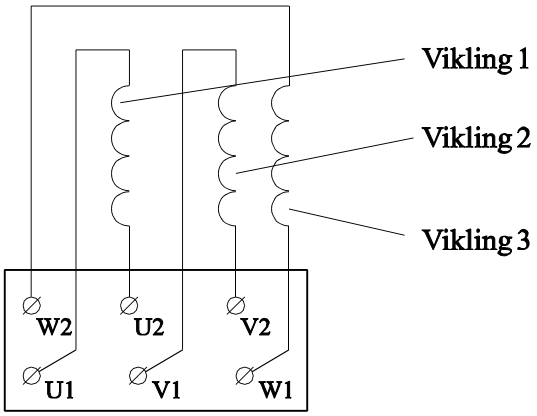
Da vi her i landet har 400 volt mellem to faser og en frekvens på 50 Hz, skal denne motor kobles i stjerne (Y).

Motorens viklinger ligger som tidligere nævnt mellem:

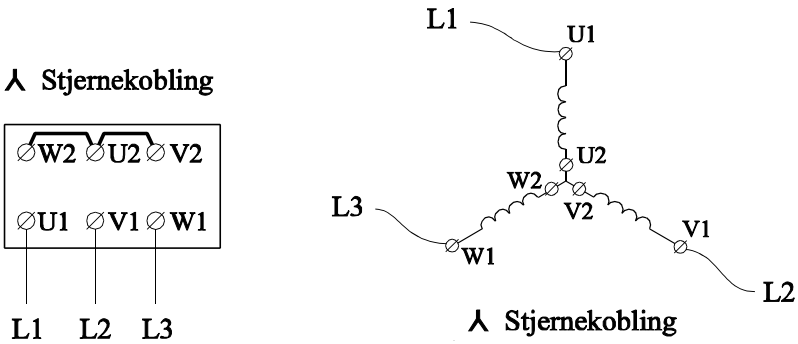
vikling 1 mellem U1-U2

vikling 2 mellem V1-V2

vikling 3 mellem W1-W2



Ved stjernekobling forbindes U2-V2-W2 sammen, og de tre faser tilsluttes på de øvrige klemmer.



© EVU

Det ses også, at spændingen over hver vikling vil blive 230 volt (netspændingen divideret med $\sqrt{3}$), og strømmen i hver vikling bliver den samme som strømmen i ledningerne til motoren.

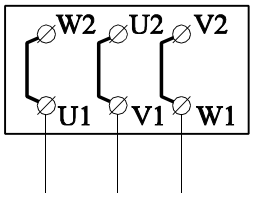
Mærkepladen viser, at motoren ved et spændingsområde på 380-420 volt skal kobles i trekant (markeret med et Δ). Mærkepladen viser også, at den kan kobles i stjerne ved et spændingsområde på 660-690 volt. Men da vi her i landet normalt har 400 volt mellem faserne, skal motoren kobles i trekant.

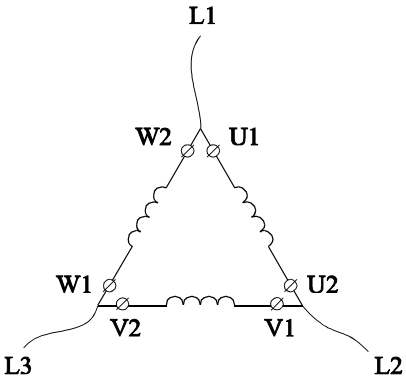
ABB Motors

3 ~ motor M2AA 132 M		CI.F	IP 55	IEC 34-1(1989)	
3G AA 132 002-ADA					
No.					
V	Hz	min^{-1}	kW	A	cos j
380 - 420 Δ	50	1450	7,5	15,5	0,83
660 - 690 Y	50	1450	7,5	8,9	0,83
440 - 480 Δ	60	1740	8,6	15,4	0,85
6208	27/C3	6206	27/C3	48 kg	

Ved trekantkobling forbindes U1-W2, V1-U2 og W1-V2 sammen, og de tre faser tilsluttes som vist.

Δ Trekantkobling





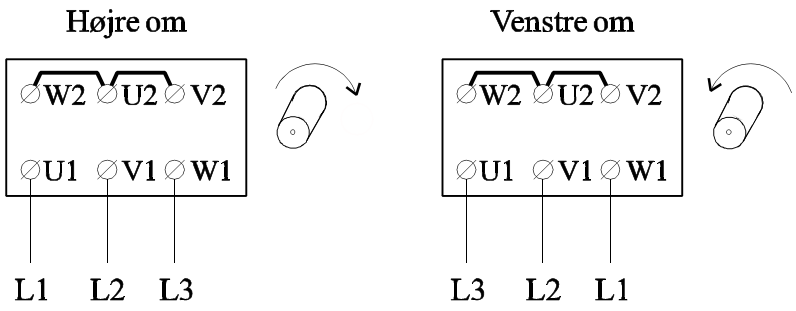
Det ses af tegningen, at spændingen over hver vikling bliver 400 volt (netspændingen), og strømmen i hver vikling bliver $\sqrt{3}$ mindre end strømmen i ledningerne til motoren.

Der vil normalt være laskeplader til at lave stjerne eller trekantforbindelsen i klemkassen på en ny motor.

I forbindelse med tilslutning af motorer har man også mulighed for at vælge omdrejningsretning på mo-

© EVU

torens aksel. Hvis man ønsker at ændre omdrejningsretningen, byttes to vilkårlige faser, dette vil ændre omdrejningsretningen.



I forbindelse med tilslutning af motorer kan man komme ud for forskellige mærkninger på klemmerne i motorens klemkasse, dog vil alle nyere motorer være mærket med U1-U2, V1-V2 og W1-W2, men for en ordens skyld vises her nogle af de klemmemærkninger, man kan komme ud for.

Mærkning af klemmer på 3-faset asynkronmotor.					
	Gældende mærkning	Tidligere mærkning			
Motor med 3 klemmer ført ud	U1-V1-W1	T1-T2-T3	A-B-C	1-2-3	U-V-W
Motor med 6 klemmer ført ud	U1-U2 V1-V2 W1-W2	T1-T4 T2-T5 T3-T6	A1-A2 B1-B2 C1-C2	1-6 2-4 3-5	U-X V-Y W-Z

© EVU

Ved motorer med tre klemmer ført ud, er den nødvendige stjerne eller trekantforbindelse lavet af motorproducenten inde i selve motoren.

Der vil også være en klemme til at jordforbinde motoren med.

Ud over de her nævnte klemmer kan der også være klemmer til følgende yderligere udstyr monteret i eller på motoren:

Fremmedventilation, 1- eller 3-faset.

Tacho-generator, veksel eller jævnstrøm.

Temperaturkontakt, slutte eller bryde.

Ptc-føler

Bremseanordning.

Stilstandsvarmelegeme.

Impulsgiver, digital eller analog.

Vedrørende mærkning af disse klemmer må der henvises til producentkataloger.

Der bliver også produceret motorer, der har frekvensomformer og mini-plc indbygget i klemkassen. For motorer af denne type vil det afhænge af producenten, hvilke muligheder der vil blive indbygget i motoren og dermed også antallet af klemmer og indstillingsswitches.

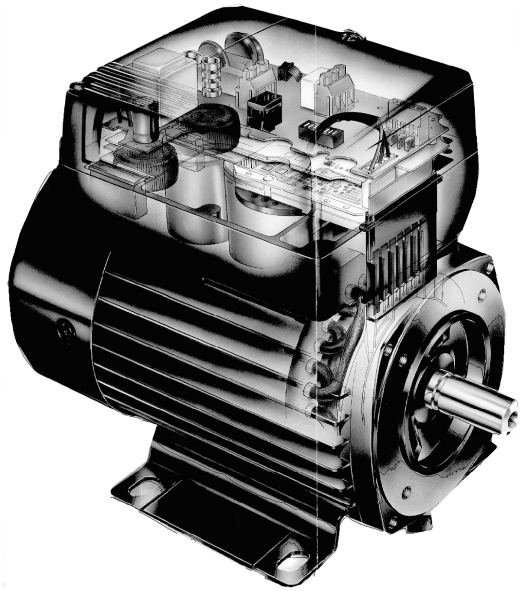
Der vil for motorer af denne type normalt være muligheder som følgende:

- Analog hastighedsregulering af motoren ved hjælp af 0-10 volt DC, 2-10 volt DC, 0-20 mA DC eller 4-20 mA DC.
- Start/stop med rampestart og/eller rampestop.
- Start/stop med fri start og eller fri stop.
- Manuel eller automatisk genstart efter udkobling på grund af fejl.
- Forskellige former for fejlmeldinger ved overskridelse af driftsindstillinger og fejl i motoren.
- Indbygget PID-regulator.

© EVU

Der kan tænkes mange andre muligheder, som der på et eller andet tidspunkt opstår et behov for. Det er jo muligt, med den mikroelektronik der findes i dag, at indbygge næsten enhver tænkelig funktion i klemkassen på en motor.

Eksempel på motor med indbygget frekvensomformer og styringselektronik. Grundfos MGE-motor.



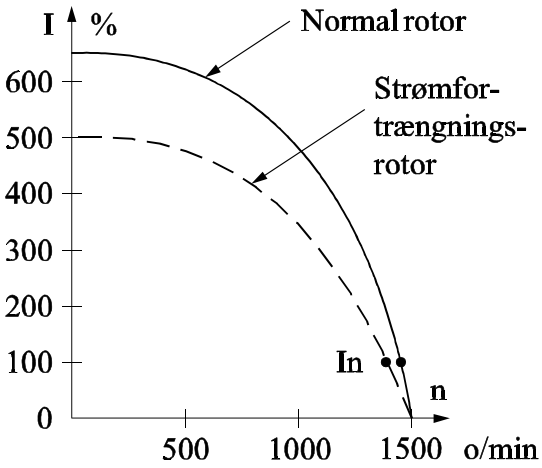
Direkte start

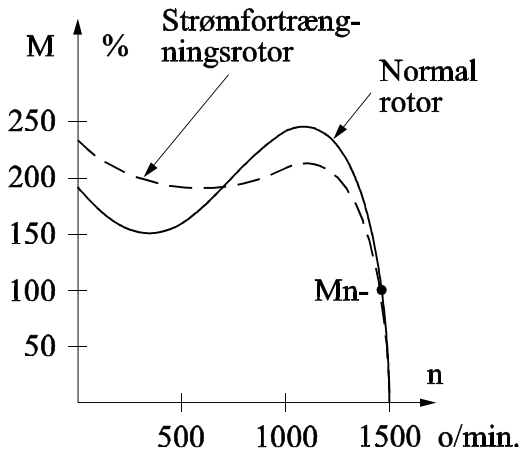
Ved direkte start menes der en startmetode, hvor motoren får tilført den normale driftsspænding uden nogen form for begrænsning. Det vil sige, at motoren startes ved at slutte en afbryder, kontaktor, motorværn eller lignende. Metoden medfører et startstrømstød på cirka 6 gange normalstrømmen.

Direkte start er normalt en god metode til start af 3-fasede motorer, fordi motoren har et stort drejningsmoment ved direkte start. Ulempen er den store startstrøm, som kan give anledning til generende spændingsdyk. Derfor kan elforsyningsselskaberne forlange, at der benyttes andre startmetoder.

© EVU

Startstrøm og drejningsmoment kan vises på kurver som funktion af omdrejningstallet.





Her er vist kurver for motor med almindelig rotor og motor med strømfortrængningsrotor.

Af kurverne ses det, at startstrømmen er cirka 5-6,5 gange normalstrømmen, og at startdrejningsmomentet er cirka 2-2,5 gange normalmomentet. Det store startdrejningsmoment, som motoren har ved direkte start, gør, at motoren er i stand til at starte maskiner, der er belastet i startøjeblikket.

Stjerne-trekant start

Ved stjerne-trekantstart menes der en startmetode, hvor motorens viklinger ved starten er tilsluttet i stjerne. Når motoren når sit normale omdrejningstal, omkobles der til trekant ved hjælp af en manuel eller en automatisk stjerne-trekantomskifter.

Stjerne-trekantstart skrives ofte Y/D start eller Y/Δ start.

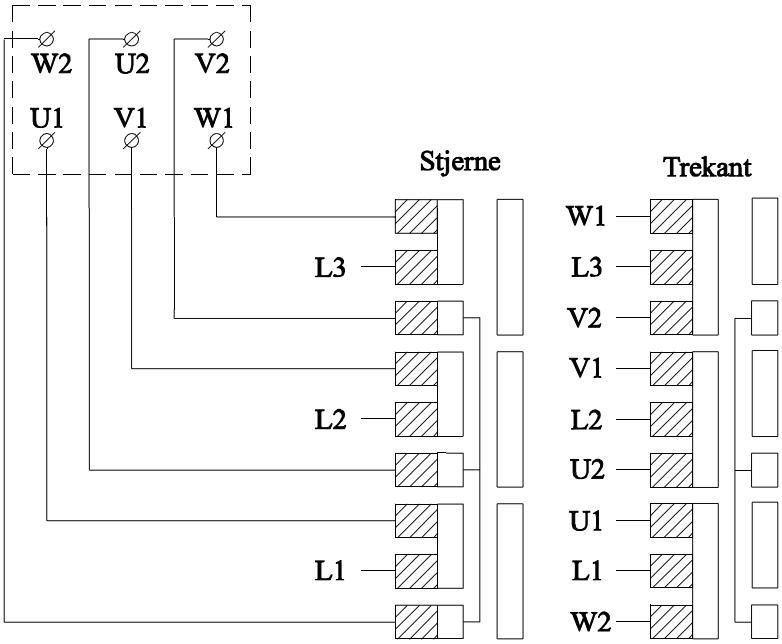
For at det er muligt at starte motoren ved hjælp af en Y/Δ starter, skal motorens viklinger være beregnet til en spænding på 400 volt, da motorens viklinger vil blive udsat for denne spænding ved omkobling til trekant.

© EVU

Det vil sige, at motoren skal være spændingsmærket med Δ 400 eller Y 690, eventuelt kunne motoren være mærket 400/690 volt.

Hvis det er en motor af ældre type, kan den være mærket med 380/660 volt.

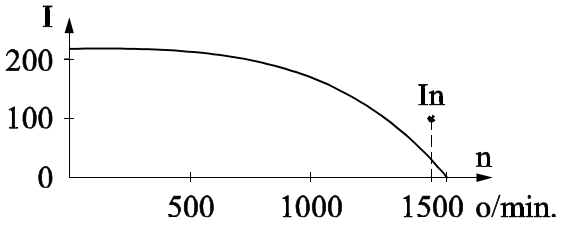
Ved anvendelse af en stjerne-trekantstarter skal der fra starteren til motoren fremføres en ledning til hver klemme + en eventuel jordledning, det vil sige 7 ledninger, hvor det ved direkte start er nok med 3 ledninger + en eventuel jordleder.

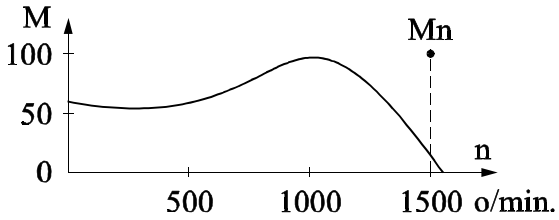


Da spændingen over viklingerne ved start i stjerne kun er 230 volt ($\sqrt{3}$ mindre end mærkespændingen), vil motorens startstrøm og startdrejningsmoment blive formindsket med spændingsændringen i anden potens. Det vil sige 3 gange af, hvad det ville have været ved direkte start.

© EVU

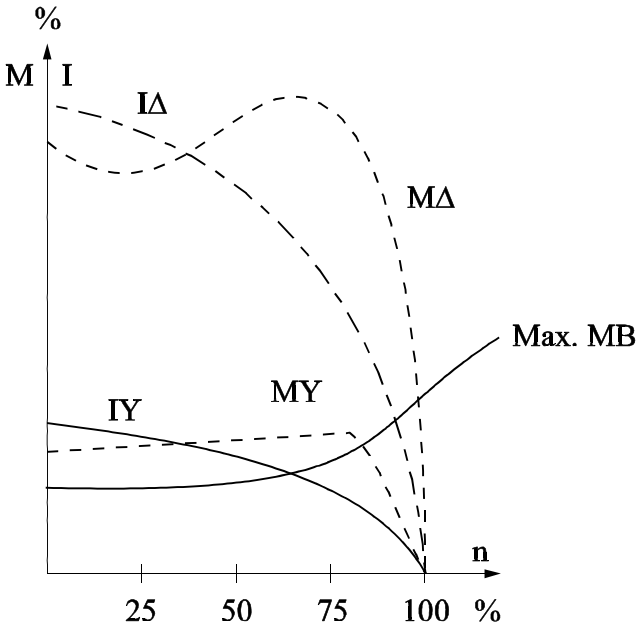
Ved start af en motor med Y/Δ starter vil startstrømmen blive cirka 2 gange motorens normalstrøm og startdrejningsmomentet cirka 0,65 gange motorens normalmoment.





Kurverne viser startstrøm og startmoment som funktion af omdrejningstallet. (Start med Y/Δ starter).

Ved start i stjerne bliver både startstrøm og startmoment 1/3 af, hvad det ville være ved direkte start.



Kurverne viser strøm og moment som funktion af omdrejningstallet for samme motor i henholdsvis stjerne- og trekantkobling. Det ses også, at det maksimale belastningsmoment, indtil omkobling til trekant har fundet sted, skal være mindre end MY, ellers vil det ikke være muligt for motoren at starte.

© EVU

Det lave startmoment betyder, at motorer med Y/Δ starter kun kan anvendes, hvor motoren starter uden eller med en lille belastning. For stor belastning vil medføre, at motoren ikke kan starte, eller at motoren får en lang start, som bevirker en stor varmeudvikling i motoren. I sådanne tilfælde skal der anvendes direkte start, frekvensomformer eller en anden motortype.

Ved for tidlig skift fra stjerne til trekant vil strømstødet ved omkobling få en værdi, der ligger tæt på værdien ved direkte start. Derfor skal man sikre sig, at motoren har nået sit omdrejningstal inden omkobling til trekant.

En stjerne-trekantstartet motor kan med fordel køres i stjerne ved lav belastning, hvilket vil medføre at cos φ forbedres.

Dog skal man huske, at viklingsstrømmen er lig med netstrømmen i stjernekobling, mens viklingsstrømmen i trekantkobling er lig med netstrømmen divideret med $\sqrt{3}$. Varmeudviklingen i viklingerne er dermed større i stjerne- end i trekantkobling ved en given netstrøm.

Ændring af omløbsretning ved stjerne- trekant-igangsætning

Når der skiftes mellem stjerne- og trekantforbindelse, sker der også en ændring i vektordiagrammet for den strøm, der løber i de enkelte vindinger.

Ved standardkoblingen, som gælder for højre løbende motorer, er der en forskel på 30˚ i vektordiagrammet mellem strømmen i stjerneforbindelsen og strømmen i trekantforbindelsen, og denne forskel passer nogenlunde med omkoblingstiden, således at omkoblingen sker uden de store strømstød

Ved venstre løbende motorer ser det anderledes ud. Da skal motoren indhente 60˚ i vektordiagrammet, og dette giver et ekstra startstrømstød.

© EVU

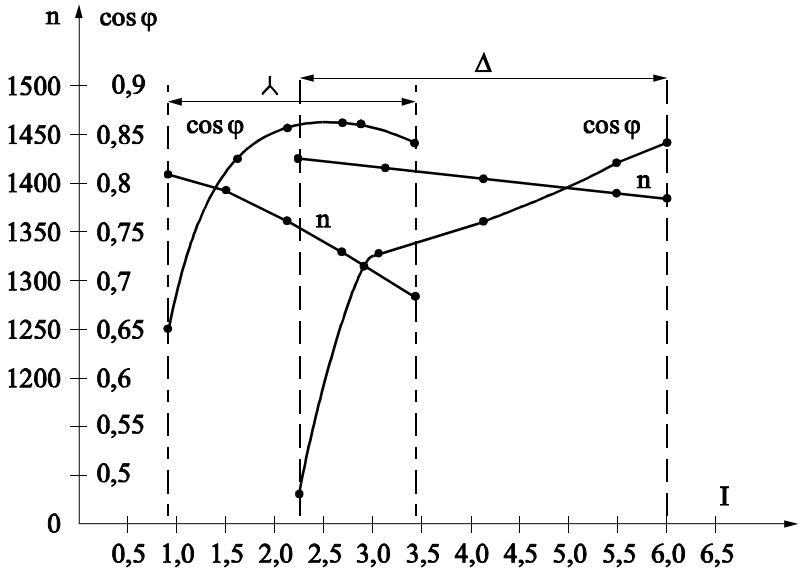
Problemet kan fjernes ved at koble motoren anderledes i trekant:

Vinding	Normal kobling for højreløb	Kobling for højreløb
Vinding U: U1 - U2	L1 - L2	L1 - L3
Vinding V: V1 - V2	L2 - L3	L2 - L1
Vinding W: W1 - W2	L3 - L1	L3 - L2

Dette skema giver ingen ændring i motorens omløbsretning - udelukkende ændring i forløbet af strømmene i koblingsøjeblikket. Retningsændringen foretages i tilgangsledningerne til stjerne- trekantomskifteren.

© EVU

Kurver, der viser cos φ og omdrejningstal som funktion af strømmen for en 3 x 400/690 volts motor i henholdsvis stjerne og trekantforbindelse.



Ved en netstrøm på 3,5 ampere i stjerneforbindelse er viklingsstrømmen også 3,5 ampere, hvorimod den i trekantforbindelse vil være netstrømmen divideret med $\sqrt{3}$, det vil sige cirka 2 ampere. Hvis vi har en viklingsstrøm på 3,5 ampere i trekantforbindelse vil vi få en netstrøm på 3,5 x $\sqrt{3}$ = 6 ampere.

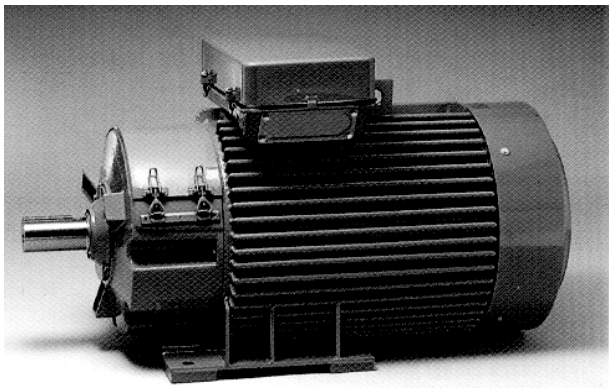
Varmeudviklingen i motorens viklinger er afhængig af viklingsstrømmen i anden potens ganget med viklingens ohmske modstand.

Men kurverne viser også, at man med fordel kan køre i stjerne ved lav belastning, hvilket vil forbedre cos φ betydeligt.

© EVU

Kontaktringsmotor (slæberingsmotor)

Hvis det ikke er muligt at få tilladelse til direkte start og startmomentet bliver for lavt ved Y/Δ start, kan man vælge en kontaktringsmotor.

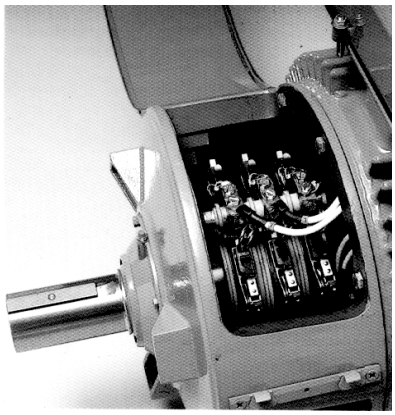


Kontaktringsmotoren, også kaldet slæberingsmotoren, er en tre-faset asynkronmotor med viklet rotor. Statorviklingen er af samme type som ved en almindelig asynkronmotor.

Rotorviklingen er magen til statorviklingen, normalt med et mindre vindingstal. Rotorviklingen er tre-faset og med samme polantal som statorviklingen. Rotorens viklinger forbindes normalt i stjerne, og de tre frie ender føres ud til tre kontaktringe, der er anbragt på akslen.

På hver kontaktring glider et kontaktkul (også kaldet børster). Fra kontaktkullene føres forbindelser til motorens klemkasse.



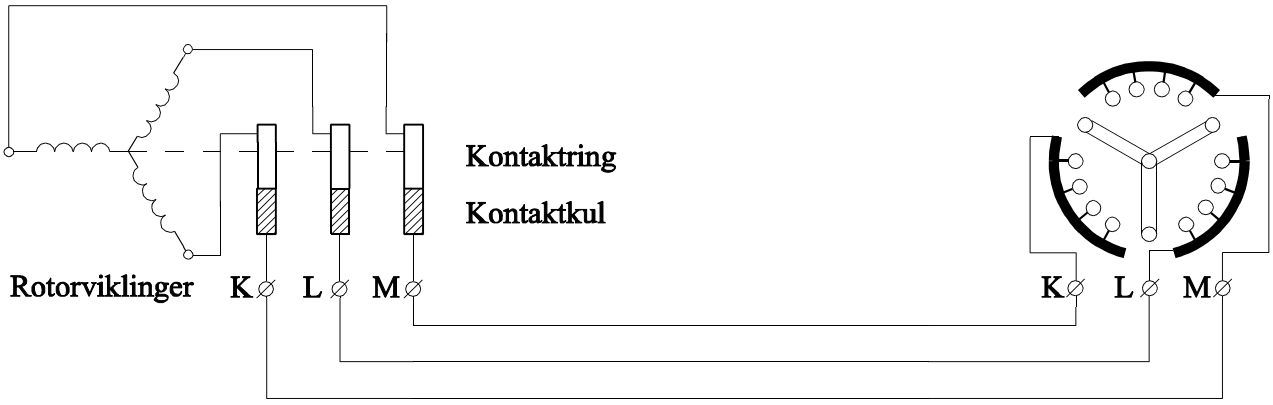


Billederne viser en rotor og kul med kulholdere i en kontaktringsmotor.

© EVU

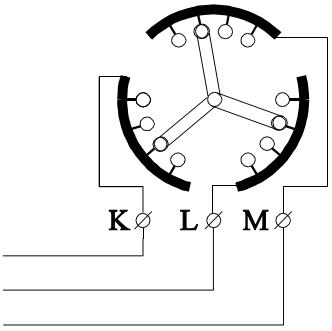
Start af kontaktringsmotor

Statorviklingen tilsluttes netspænding på normal vis. Rotorviklingen tilsluttes 3 variable modstande, der er sammenbygget til en modstandsigangsætter, hvori forbindelsen er helt afbrudt i startstilling.

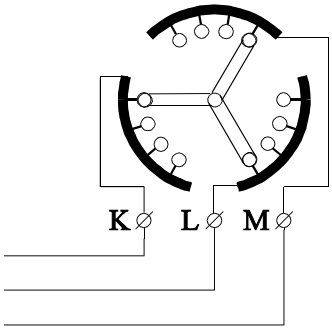


Igangsætter i startstilling (nulstilling)

Når så motoren skal startes, drejes igangsætteren, stille og roligt, indtil modstanden er skudt helt ud, og rotorviklingerne er kortsluttet. Når det er sket, kører motoren som en almindelig asynkronmotor.



Igangsætter under start, modstand indskudt.



Igangsætter under drift, direkte forbindelse.

Forbindelsesrækkefølgen mellem rotor og igangsætter er ligegyldig.

© EVU

Der vil normalt være flere klemmer i klemkassen på en kontaktringsmotor end på en almindelig motor. Mærkningen kan være som vist her.

Statorvikling			Rotorvikling		
U1-U2	V1-V2	W1-W2	K	L	M

Hvis rotorviklingens stjernepunkt er ført med ud, kan den ledning være mærket med Q.

En kontaktringsmotor skal, ud over den normale mærkning af motorer, være mærket med oplysninger om rotorspænding og rotorstrøm.

Motorer med flere hastigheder/hastighedsregulering

Almindelige asynkronmotorer har deres begrænsninger ved anvendelse, der kræver hastighedsregulering. Hvis man ønsker at anvende en asynkronmotor til belastninger, hvor motoren skal have et variabelt omdrejningstal, er der tre muligheder.

Mulighed 1.

Frekvensændring, anvendelse af frekvensomformer.

Mulighed 2.

Polomkobling, motor med specielle viklinger.

Mulighed 3.

Slipregulering, motor med rotormodstand eller ændring af den til motoren tilførte spænding.

Disse reguleringsmetoder er mulige, fordi asynkronmotorens omdrejningstal er afhængigt af frekvensen og motorens poltal. Ved belastning er omdrejningstallet afhængigt af spændingen i anden potens.

© EVU

Hvis vi kigger på mulighed 2, er der igen tre muligheder, hvorved det er muligt for en asynkronmotor at ændre hastighed.

Mulighed 2a.

To eller flere adskilte viklinger i samme stator.

Mulighed 2b.

En polomkobbelbar vikling (vikling med udtag)

Mulighed 2c.

En kombination af de to ovennævnte metoder.

I disse tre tilfælde bliver reguleringen af omdrejningstallet uden yderligere tab. Det vil sige, at virkningsgraden bliver omtrent den samme som for motorer med kun én hastighed. Motorens fysiske størrelse skal dog øges for at give plads til de ekstra viklinger, hvis man ønsker samme effekt.

Fælles for alle motorer med mere end én hastighed er, at disse normalt kun er beregnet til direkte start og en mærkespænding.

Disse reguleringsmetoder tager udgangspunkt i følgende formel:

$$n\ [\ Omdr/\mathrm{min}] = \frac{Frekvens \cdot 60\ (sekund)}{Antal\ polpar} - Slip$$

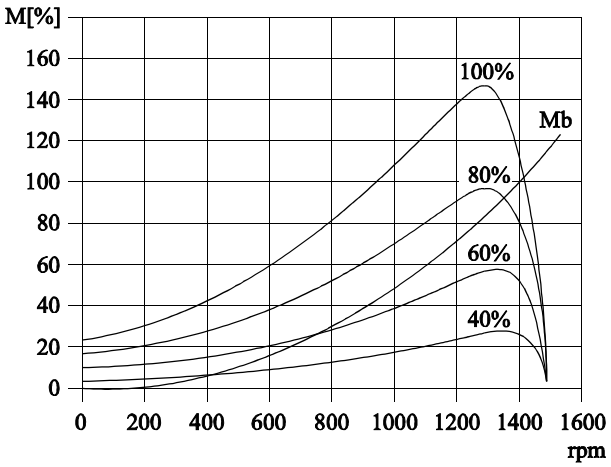
Slip, se afsnittet Slip og slipprocent.

En ændring i antallet af polpar vil også give en ændring af rotorens omdrejningstal.

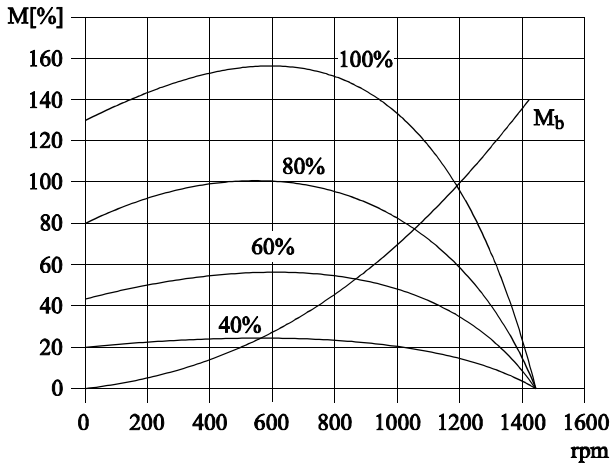
Frekvensændring er principielt den bedste måde at regulere en asynkronmotors omdrejningstal på.

© EVU

Slipregulering er en meget udbredt metode til ændring af en motors omdrejningstal, men hvis man ønsker en stabil regulering, kræves det, at man anvender en motor, der er egnet til formålet. Ved slipregulering ændres spændingen på motorens klemmer. Det medfører en ændring af motormomentet således, at skæringspunktet mellem motormoment og belastningsmoment flyttes med et dertil hørende lavere omdrejningstal til følge.



Standard asynkronmotor



Motor med øget rotormodstand

Kurven til venstre viser, at en standard asynkronmotor ikke er velegnet til slipregulering. Ud over den i rotordelen forøgede effektafsætning får man ved drift til venstre for kipmomentet en dårlig reguleringskurve og et ustabilt omdrejningstal.

Kurven til højre viser en momentkurve for en motor, der er fremstillet med øget rotormodstand. Det flytter kippunktet ud til venstre og gør motoren velegnet til slipregulering. Motoren bør dog, af hensyn til den forøgede effektafsætning i rotorkredsen, være udført i en større byggestørrelse end en standardmotor.

Polomkobling vil blive foretrukket i tilfælde, hvor man ikke har behov for en trinløs hastighedsændring, men blot ønsker mulighed for skift mellem to eller flere omdrejningstal, fx 2800, 1400 omdrejninger.

© EVU

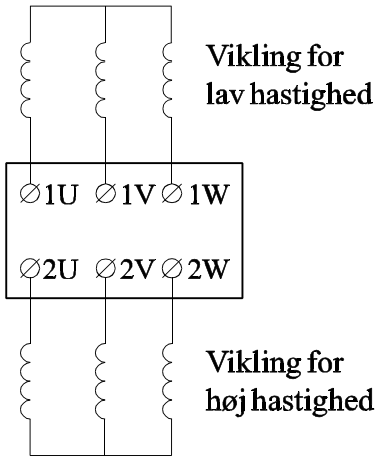
Motorer med flere hastigheder har en lidt anderledes klemmemærkning end motorer med én hastighed. Hvor motorer med én hastighed har klemmer, der er mærket med et bogstav og et tal (U1), er motorer, der har mere end én hastighed, normalt mærket med den omvendte kombination, det vil sige (1U). Der kan dog forekomme andre mærkningskombinationer.

Mærkning af klemmer for flerhastighedsmotorer				
	Gældende	Tidligere gældende		
Lav hastighed	1U, 1V, 1W	6, 4, 5	U, V, W	U1, V1, W1
Mellem hastig-hed	2U, 2V, 2W	1, 2, 3	U1, V1, W1	U2, V2, W2
Høj hastighed	3U, 3V, 3W		U2, V2, W2	U3, V3, W3

Hvis motoren ikke har tre hastigheder, men to, erstattes hastigheden for den højeste hastighed af de to mulige med mærkningen af mellem hastighed. Der kan dog forekomme andre mærkninger.

Motor med adskilte viklinger

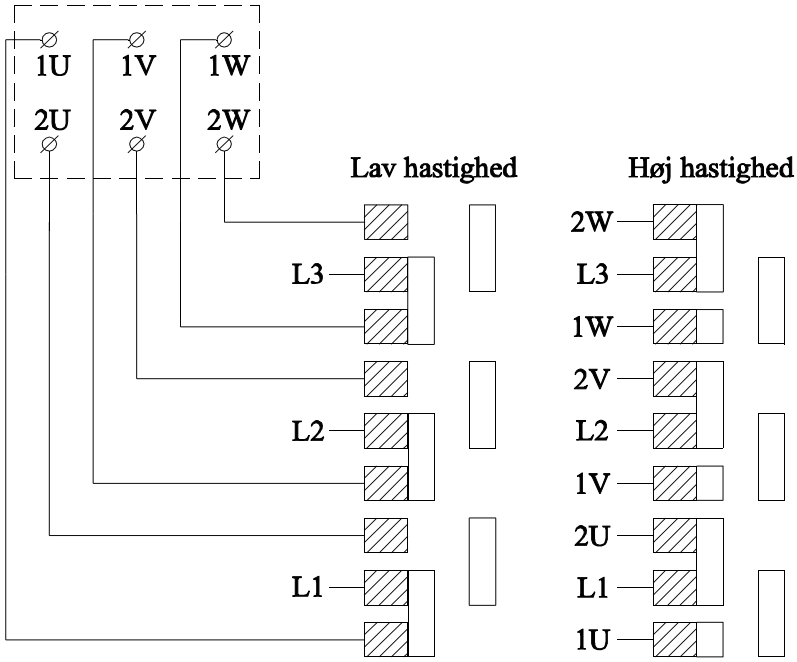
Tilslutning af motor med to adskilte viklinger. De to viklinger er normalt stjerneforbundet, og stjerneforbindelsen er udført inde i selve motoren.



© EVU

Ved enten automatisk eller manuel tilslutning til omskifter, skal der fremføres 6 ledninger + en eventuel jordleder til motoren.

Motoren skal principielt opfattes som to separate motorer, samlet i et motorhus.



Udførelse med adskilte viklinger muliggør en temmelig fri kombination af effekt og poltal. Metoden giver dog en dårlig udnyttelse af motoren, da kun den ene vikling kan udnyttes ad gangen. Den mulige mærkeeffekt bliver i princippet kun det halve af mærkeeffekten for en enhastighedsmotor af samme størrelse.

Stator- og rotorjern dimensioneres normalt for et bestemt poltal. Dette vil jo medføre visse begrænsninger i muligheden for at kombinere forskellige poltal i det samme statorjern.

Dahlandermotoren

Tohastighedsmotor med polomkobbelbar vikling. Der er flere måder at gøre en vikling polomkobbelbar på og derved få en bedre udnyttelse af motoren end ved adskilte viklinger. En begrænsning er dog, at tilslutning og koblingsmateriel skal være enkelt.

© EVU

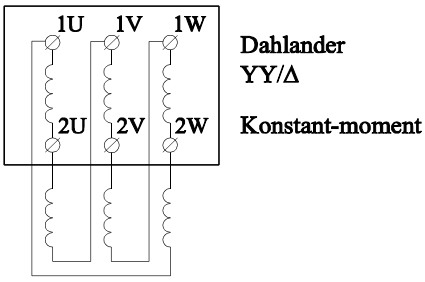
De mest benyttede systemer er Lindstrom-Dahlander-koblingen, som ofte kun kaldes Dahlanderkoblingen, og PAM-koblingen (Pol Amplitude Modulation).

Dahlander-koblingen giver poltalsforholdet 1:2. Hver fase består af to viklingsdele, som er koblet i serie med hinanden. De to mest almindelige Dahlanderkoblinger er konstant-momentkobling og ventilator-momentkobling

Konstant-momentkoblingen bevirker, at motorens mærkemoment omtrent er det samme ved begge omdrejningstal. For at dette er muligt, skal forholdet mellem mærkeeffekterne være 3:2. Det opnås ved at koble viklingen i dobbelt stjerne ved det høje omdrejningstal.

I kataloger benævnes denne type motor normalt YY/Δ.

Motorens viklinger får ledninger ført ud til klemmerne, som vist her.



Ved tilslutning af motoren skal man være meget påpasselig, da det er let at komme til at udsætte viklingerne for en for høj spænding og derved brænde motoren af. Derfor kan man lave et startforsøg, hvor man tilslutter lav hastighed først, ledninger på 1U, 1V og 1W, og prøver at køre i lav hastighed. Hvis motoren lyder rigtigt, bruger den forventede strøm og kører med det korrekte omdrejningstal, er den lave hastighed korrekt forbundet. Først nu bør man sætte de tre resterende ledninger på og prøve høj hastighed, som kræver spænding på 2U, 2V og 2W samt kortslutning af 1U, 1V og 1W.

© EVU

Det vil sige, at der til motoren skal fremføres 6 ledninger + en eventuel jordleder.

Omkoblingen af hastigheder på motorer med flere hastigheder vil kun sjældent forekomme med manuelt udstyr. Omkoblingen vil normalt foregå ved hjælp af kontaktorer.

Det vil sige, for to-hastighedsmotorer en kontaktor til lav hastighed og to kontaktorer til høj hastighed samt de nødvendige motorværn.

Konstant-momentmotorer vil være egnet til at trække maskiner, der kræver det samme moment ved begge hastigheder.

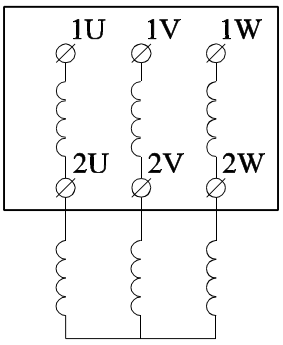
Udfra momentformlen kan vi se, at denne type motor må have største effekt ved højeste omdrejningstal.

$$M = \frac{P_2 \cdot 9{,}55}{n} = [Nm]$$

I en ventilator momentkoblet motor ændres momentet med omdrejningstallet i anden potens, også kaldet kvadratisk moment eller faldende moment.

Forholdet mellem mærkeeffekterne ved de to hastigheder er 1:5. Motoren kobles som reglen i dobbelt stjerne ved høj hastighed og stjerne ved lav hastighed. I kataloger betegnes motoren som YY/Y motor.

Motorens viklinger får ledninger ført ud til klemmerne, som vist her.



Dahlander
YY/Y

Ventilator-moment

© EVU

Ved tilslutning af denne type motor skal man også være meget påpasselig. Man kan lave et startforsøg, som beskrevet under konstant-momentmotoren.

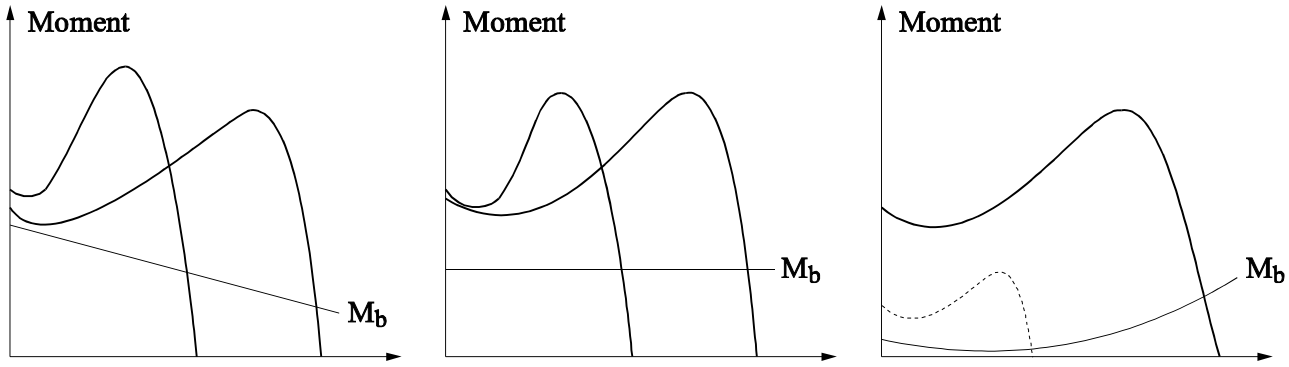
Med pol-amplitude-modulationsmotoren (PAM) er det muligt at konstruere en motor, hvor der opnås andre poltalsforhold end 1:2.

Poltalsændringen opnås ved, at man ændrer strømretningen i en del af viklingen og derved varierer magnetiseringen på samme måde som ved Dahlanderkoblingen. Fordelen med (PAM) er, at man kan få en højere mærkeeffekt ud og dermed udnytte motoren bedre.

PAM-motorer kan fås med både konstant-moment og ventilator-moment, ligesom ved Dahlanderkoblingen.

Det er også muligt at konstruere motorer, der har fx en polomkobbelbar vikling og en anden vikling. Dermed kan man opnå fx tre eller fire hastigheder. Denne type motorer er ikke særligt almindelige.

Moment som funktion af omdrejningstal for flerhastighedmotorer kan også vises på kurveform.



Kurven til venstre viser momentkurven for en flerhastighedsmotor med konstant effekt.

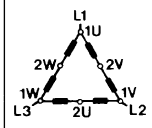
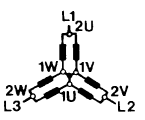
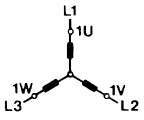
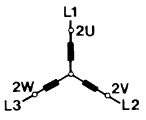
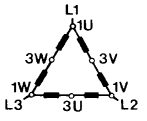
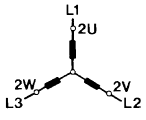
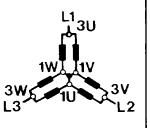
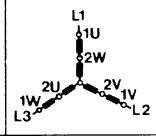
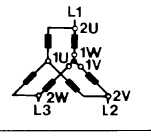
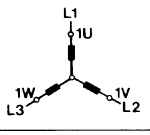
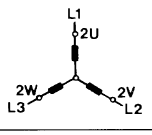
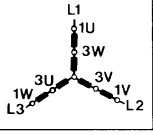
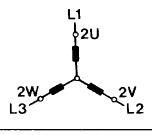
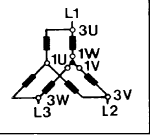
Kurven i midten viser momentkurven for en flerhastighedsmotor med konstant-moment.

Kurven til højre viser en momentkurve for en flerhastigshedmotor med ventilator-moment.

© EVU

Eksempler på statorviklinger og koblinger ved forskellig udførelse af flerhastighedsmotorer.

Andre varianter kan forekomme.

Type moment-kurve	Tohastighedsmotorer med en vikling[1] – Omdrejningstal: Lavt	Tohastighedsmotorer med en vikling[1] – Omdrejningstal: Højt	Tohastighedsmotorer med to viklinger – Omdrejningstal: Lavt[3]	Tohastighedsmotorer med to viklinger – Omdrejningstal: Højt[3]	Trehastighedsmotorer med to viklinger[2] – Omdrejningstal: Lavt	Trehastighedsmotorer med to viklinger[2] – Omdrejningstal: Middel[3]	Trehastighedsmotorer med to viklinger[2] – Omdrejningstal: Højt
Konstant moment							
Ventilator-moment							

[1]) Dahlander- eller PAM-koblet
[2]) Eksempelvis til 8/6/4 poler. En af viklingerne er Dahlander- eller PAM koblet.
[3]) Viklingen kan også være △-koblet.

© EVU

Eksempler på data for flerhastighedsmotorer

Totally-enclosed squirrel-cage three-phase motors — Marine design

Two-speed motors, with highest output at both speeds, 380 V 50 Hz

Output kW	Motor type	Cat. No. Foot-mounted motor	Flange-mounted motor large flange	small flange	Speed r/min	Effi-cien-cy %	Power factor at rated output cos φ	Power factor at d.o.l. start cos φ	Current at 380 V at rated output A	Current at 380 V at d.o.l. start A	Torque M_{st} M	Torque M_{max} M	Moment of inertia J=¼ GD² kgm²	Weigh kg
2/4 poles = 3000/1500 r/min														
Motors with one stator winding (YY/Δ Dahlander-connection)														
4/2.8	MBT 132 SB	**MK 142**	**044-A ●**	**044-B ● 044-C ●**	2845/1425	79/78	0.93/0.81	0.65/0.65	8.3/6.7	47/36	1.4/1.7	2.2/2.2	0.014	42
5.5/3.6	132 M		**045-A ●**	**045-B ● 045-C ●**	2865/1450	83/85	0.93/0.86	0.65/0.65	10.8/7.5	76/61	2/2.2	2.7/2.7	0.023	50
11/8	160 M	**MK 161**	**011-A ●**	**011-B ●**	2885/1435	82.5/83	0.92/0.83	0.5/0.55	22/17.5	112/83	1.7/1.7	1.9/1.8	0.055	75
13.5/10	160 L		**012-A ●**	**012-B ●**	2905/1435	85/85	0.93/0.83	0.5/0.55	26/21.5	153/108	2/2	2.1/2	0.062	92
15/10	180 M	**MK 171**	**022-A ●**	**022-B ●**	2940/1475	85/85	0.92/0.72	0.45/0.4	29/25	165/115	2.1/1.7	2.2/2	0.13	125
18/12.5	180 L		**023-A ●**	**023-B ●**	2935/1460	89/88	0.9/0.69	0.45/0.4	34/30	235/150	2.2/2	2.5/2.2	0.16	140
21/14	200 LA		**024-A ●**	**024-B ●**	2925/1465	86/88	0.92/0.78	0.45/0.4	40/31	245/175	2/2.7	2.4/2.9	0.19	170
25/17	200 L		**025-A ●**	**025-B ●**	2935/1465	87/89	0.91/0.8	0.45/0.4	48/36	310/215	2.3/2.5	2.5/2.8	0.23	195
30/20	225 M		**026-A ●**	**026-B ●**	2945/1470	91/90	0.92/0.77	0.39/0.44	54/44	350/255	1.5/2	2.6/2.6	0.29	245
44/30	250 M		**068-A ●**	**068-B ●**	2940/1470	90/91	0.92/0.79	0.44/0.41	81/64	550/339	1.8/1.9	2.7/2.4	0.35	300
4/6 poles = 1500/1000 r/min														
Motors with two separate stator windings														
2.1/1.3	MBT 112 M	**MK 142**	**046-A ●**	**046-B ● 046-C ●**	1425/955	76/73	0.9/0.74	0.7/0.7	4.7/3.7	30/22	1.7/2.1	2.1/2.8	0.012	31
2.9/1.9	132 S		**047-A ●**	**047-B ● 047-C ●**	1435/940	79/73	0.9/0.84	0.7/0.7	6.3/4.7	44/26	1.8/1.8	2.3/2.2	0.018	40
4/2.7	132 MB		**048-A ●**	**048-B ● 048-C ●**	1440/930	81/75	0.9/0.85	0.7/0.7	8.3/6.4	59/38	2.2/1.9	2.4/2.1	0.025	52
7/5	160 M	**MK 161**	**013-A ●**	**013-B ●**	1460/965	83/80	0.87/0.75	0.65/0.7	14.7/12.9	98/76	1.7/1.7	2/2.1	0.085	79
10.5/8	160 L		**014-A ●**	**014-B ●**	1460/965	84/81	0.86/0.76	0.65/0.7	22/20	145/100	1.8/1.7	2.1/1.9	0.123	106
13.5/9	180 L	**MK 171**	**028-A ●**	**028-B ●**	1475/980	88/86	0.83/0.71	0.55/0.55	28/22	225/140	2.2/2	2.9/2.5	0.24	145
16/10	200 LA		**029-A ●**	**029-B ●**	1480/980	89/87	0.81/0.72	0.65/0.7	33/24	260/145	2.3/2.5	2.8/3	0.30	190
20/13	200 L		**030-A ●**	**030-B ●**	1480/980	90/88	0.81/0.74	0.6/0.7	41/30	350/170	2.5/2.3	2.9/2.7	0.38	200
27/18	225 M		**031-A ●**	**031-B ●**	1470/980	90/88	0.87/0.84	0.43/0.56	52/37	415/290	1.8/2.3	2.3/3.2	0.76	270
32/21	250 M		**032-A ●**	**032-B ●**	1465/980	90/88	0.91/0.84	0.40/0.59	59/43	370/345	1.4/2.3	2.4/3	0.87	305
4/8 poles = 1500/750 r/min														
Motors with one stator winding (YY/Δ Dahlander-connection														
2.1/1.2	MBT 112 M	**MK 142**	**049-A ●**	**049-B ● 049-C ●**	1370/690	73/65	0.9/0.65	0.7/0.7	4.8/4.3	22/16	1.6/1.5	1.9/1.9	0.012	31
3.1/1.7	132 S		**050-A ●**	**050-B ● 050-C ●**	1385/705	76/70	0.9/0.65	0.65/0.65	6.9/5.7	34/25	1.8/1.8	2/2.1	0.018	40
4.2/2.2	132 MB		**051-A ●**	**051-B ● 051-C ●**	1385/705	78/73	0.9/0.64	0.65/0.65	9.1/7.1	50/32	1.8/1.7	2.3/2.3	0.025	52
7.5/4	160 M	**MK 161**	**015-A ●**	**015-B ●**	1425/715	78/73	0.89/0.63	0.6/0.55	16.5/13.5	70/47	1.3/1.5	1.8/2.1	0.085	79
11.5/6	160 L		**016-A ●**	**016-B ●**	1430/715	82/77	0.88/0.64	0.6/0.55	24/18.5	115/80	1.6/1.8	2.1/2.3	0.123	106
15/8	180 L	**MK 171**	**034-A ●**	**034-B ●**	1440/725	87/84	0.87/0.61	0.45/0.4	30/23	125/75	1.2/1.4	1.6/1.7	0.24	145
18/10	200 L		**035-A ●**	**035-B ●**	1460/730	89/85	0.82/0.55	0.44/0.4	37/32	160/100	1.3/1.4	1.8/1.7	0.35	190
25/15	225 M		**036-A ●**	**036-B ●**	1475/740	91/87	0.86/0.49	0.38/0.35	49/53	330/215	1.5/1.5	2.5/2.4	0.41	270
34/17	250 M		**037-A ●**	**037-B ●**	1475/740	92/85	0.86/0.42	0.39/0.35	65/72	450/290	1.6/1.8	2.5/2.8	0.47	300

© EVU

Totally-enclosed squirrel-cage three-phase motors — Marine design

Two-speed motors, for fan drives, 380 V 50 Hz

Output kW	Motor type	Cat. No. Foot-mounted motor	Flange-mounted motor large flange	Flange-mounted motor small flange	Speed r/min	Efficiency %	Power factor at rated output cos φ	Power factor at d.o.l. start cos φ	Current at 380 V at rated output A	Current at 380 V at d.o.l. start A	Torque M_{st} M	Torque M_{max} M	Moment of inertia J=¼ GD² kgm²	Weight kg
2/4 poles = 3000/1500 r/min														
Motors with one stator winding (YY/Y Dahlander-connection)														
0.5/0.1	MT 71 B	**MK 110**	**556-** ●	**596-** ●	**636-** ●	2820/1450	68/48	0.79/0.53	0.93/0.84	1.4/0.6	6/2	1.7/1.6	2.2/2.8	0.0005	6.5
0.8/0.15	80 A		**537-** ●	**577-** ●	**617-** ●	2850/1460	71/48	0.78/0.56	0.92/0.77	2.2/0.85	11/3	1.8/1.5	2.5/3	0.0009	9
1.1/0.2	80 B		**538-** ●	**578-** ●	**618-** ●	2870/1470	73/52	0.79/0.53	0.91/0.74	2.9/1.1	16/4.5	2/1.7	2.7/3.3	0.0011	10
1.5/0.3	90 S		**539-** ●	**579-** ●	**619-** ●	2880/1470	75/68	0.84/0.56	0.87/0.64	3.6/1.2	21/5.5	2/1.4	2.7/2.8	0.0019	13
2/0.4	90 L		**540-** ●	**580-** ●	**620-** ●	2880/1470	77/69	0.84/0.58	0.88/0.6	4.7/1.5	30/7.5	2.3/1.6	3/3.2	0.0024	16
3.2/0.65	100 L		**541-** ●	**581-** ●	**621-** ●	2880/1470	79/72	0.88/0.6	0.84/0.59	7/2.3	45/12	2.3/1.5	3/3.2	0.0041	21
4/0.8	MBT 132 SA	**MK 142**	**052-A** ●	**052-B** ●	**052-C** ●	2895/1455	83/80	0.9/0.7	0.65/0.65	8.1/2	70/18	2.6/4.1	3.5/4.1	0.014	42
5.5/1.1	132 SB		**053-A** ●	**053-B** ●	**053-C** ●	2890/1455	82/80	0.91/0.81	0.65/0.65	11.2/2.6	87/21	2/2.2	2.8/3.3	0.014	42
6.7/1.4	132 M		**054-A** ●	**054-B** ●	**054-C** ●	2860/1450	82/83	0.92/0.85	0.65/0.65	13.5/3	92/22	2/2	2.6/2.9	0.023	50
15/3	160 M	**MK 161**	**017-A** ●	**017-B** ●		2910/1470	86/86	0.92/0.84	0.5/0.55	29/6.3	189/39	2.2/2.1	2.5/2.5	0.055	75
18/4	160 L		**018-A** ●	**018-B** ●		2925/1470	87.5/87	0.93/0.85	0.5/0.55	34/8.2	250/51	2.7/2.4	2.9/2.5	0.063	92
21/4.2	180 L	**MK 171**	**039-A** ●	**039-B** ●		2950/1480	90/90	0.87/0.75	0.48/0.4	41/9.4	320/65	2.3/2.2	2.5/2.4	0.16	140
24/4.8	200 LA		**040-A** ●	**040-B** ●		2950/1475	87/86	0.9/0.8	0.45/0.4	46/10.5	330/70	1.7/2.2	2.3/2.8	0.19	170
28/5.6	200 L		**041-A** ●	**041-B** ●		2960/1480	89/88	0.9/0.78	0.45/0.4	54/12.6	410/90	1.8/2.3	2.4/2.9	0.23	195
34/6.8	225 M		**042-A** ●	**042-B** ●		2950/1475	91/87	0.91/0.75	0.4/0.42	62/16	435/100	1.7/2.2	2.8/3	0.29	245
49/10	250 M		**067-A** ●	**067-B** ●		2950/1480	92/89	0.91/0.76	0.37/0.39	89/23	694/140	2.1/2.3	3.3/3	0.35	300
4/6 poles = 1500/1000 r/min														
Motors with two separate stator windings														
0.3/0.1	MT 71 B	**MK 110**	**557-** ●	**597-** ●	**637-** ●	1410/950	55/36	0.75/0.65	0.94/0.92	1.1/0.65	3.5/1.5	1.5/1.2	2/2	0.0009	6.5
0.5/0.15	80 A		**542-** ●	**582-** ●	**622-** ●	1410/950	63/43	0.8/0.66	0.91/0.9	1.5/0.8	5/2.5	1.5/1.2	2/2	0.0017	8.5
0.65/0.22	80 B		**543-** ●	**583-** ●	**623-** ●	1410/950	66/46	0.79/0.65	0.9/0.88	1.9/1.1	6.5/3.5	1.5/1.2	2/2	0.0021	9.5
1/0.3	90 S		**544-** ●	**584-** ●	**624-** ●	1410/950	71/51	0.79/0.69	0.86/0.83	2.7/1.3	12/4.5	1.7/1.1	2.3/2.3	0.0032	13
1.5/0.45	90 L		**545-** ●	**585-** ●	**625-** ●	1410/950	73/56	0.8/0.68	0.85/0.79	3.9/1.8	18/6	1.7/1.1	2.1/2.1	0.0043	16
1.85/0.6	100 LA		**546-** ●	**586-** ●	**626-** ●	1430/960	77/58	0.78/0.68	0.79/0.74	4.7/2.3	25/7	1.8/1.1	2.3/2	0.0069	20.5
2.2/0.7	100 LB		**547-** ●	**587-** ●	**627-** ●	1430/960	77/61	0.8/0.65	0.77/0.73	5.4/2.7	30/8.5	1.7/1.1	2.4/2.1	0.0082	23.5
2.5/0.9	MBT 112 M	**MK 142**	**055-A** ●	**055-B** ●	**055-C** ●	1415/945	76/68	0.8/0.7	0.65/0.75	6.1/2.9	33/16	1.9/1.5	2.4/2.1	0.012	31
3.7/1.2	132 S		**056-A** ●	**056-B** ●	**056-C** ●	1420/950	80/71	0.84/0.75	0.65/0.75	8.4/3.4	48/18	1.9/1.9	2.5/2.5	0.018	40
5/1.7	132 MB		**057-A** ●	**057-B** ●	**057-C** ●	1445/975	82/73	0.84/0.65	0.65/0.65	11.1/6	69/25	1.8/1.8	2.4/2.3	0.025	52
9.5/3	160 M	**MK 161**	**019-A** ●	**019-B** ●		1465/970	86/73	0.86/0.79	0.65/0.75	20/7.8	128/33	1.9/1.2	2.3/1.7	0.085	79
14/4.5	160 L		**020-A** ●	**020-B** ●		1450/975	88/81	0.88/0.8	0.6/0.75	28/11	196/53	2.3/1.6	2.5/2	0.12	106
16/5.4	180 L	**MK 171**	**044-A** ●	**044-B** ●		1470/975	89/80	0.84/0.8	0.55/0.55	32/12.5	250/60	2.3/1.3	2.9/1.9	0.24	145
20/6.5	200 LA		**045-A** ●	**045-B** ●		1475/985	90/84	0.83/0.72	0.5/0.5	41/16.5	270/100	2/1.6	2.5/2.3	0.30	190
24/8	200 L		**046-A** ●	**046-B** ●		1480/985	91/85	0.82/0.74	0.5/0.5	49/19	360/110	2.1/1.7	2.7/2.3	0.38	200
31/11	225 M		**047-A** ●	**047-B** ●		1470/980	91/84	0.88/0.86	0.4/0.63	59/23	425/150	1.7/1.6	2.9/2.4	0.76	270
35/12	250 M		**048-A** ●	**048-B** ●		1460/980	91/85	0.91/0.86	0.38/0.62	64/25	375/170	1.3/1.7	2.3/2.5	0.87	305
4/8 poles = 1500/750 r/min														
Motors with one stator winding (YY/Y Dahlander-connection)														
0.35/0.07	MT 71 B	**MK 110**	**558-** ●	**598-** ●	**638-** ●	1400/700	58/36	0.7/0.54	0.92/0.84	1.3/0.55	4.5/1	1.8/1.6	2.2/2.2	0.0009	6.5
0.6/0.12	80 A		**548-** ●	**588-** ●	**628-** ●	1390/700	66/50	0.75/0.56	0.9/0.76	1.8/0.65	7/1.5	1.5/1.4	1.8/2.1	0.0017	8.5
0.75/0.15	80 B		**549-** ●	**589-** ●	**629-** ●	1400/710	68/52	0.75/0.55	0.89/0.72	2.2/0.8	9/2	1.7/1.4	2/2.1	0.0021	9.5
1.1/0.22	90 S		**550-** ●	**590-** ●	**630-** ●	1410/710	72/50	0.75/0.52	0.85/0.65	3.1/1.3	14/3.5	1.7/1.1	2.1/1.9	0.0032	13
1.5/0.3	90 L		**551-** ●	**591-** ●	**631-** ●	1430/720	77/54	0.7/0.47	0.82/0.6	4.3/1.8	21/4.5	1.9/1.3	2.1/2.1	0.0043	16
2/0.4	100 LA		**552-** ●	**592-** ●	**632-** ●	1430/720	76/58	0.75/0.5	0.8/0.53	5.3/2.1	27/5.5	2/1.2	2.5/2.1	0.0069	20.5
2.5/0.5	100 LB		**553-** ●	**593-** ●	**633-** ●	1440/720	76/60	0.77/0.51	0.8/0.53	6.5/2.5	35/7.5	2/1.2	2.5/2.1	0.0082	23.5
3.2/0.7	MBT 112 M	**MK 142**	**058-A** ●	**058-B** ●	**058-C** ●	1415/715	79/71	0.88/0.64	0.65/0.65	7/2.1	45/11	1.9/1.5	2.4/2.2	0.012	31
4.5/0.9	132 S		**059-A** ●	**059-B** ●	**059-C** ●	1430/720	82/75	0.87/0.62	0.65/0.65	9.6/3	70/17	1.9/1.6	2.3/2.3	0.018	40
6/1.2	132 MB		**060-A** ●	**060-B** ●	**060-C** ●	1445/725	85/76	0.84/0.57	0.6/0.6	12.7/4.2	110/28	2.5/2.4	2.8/2.7	0.025	52
10/2.2	160 M	**MK 161**	**021-A** ●	**021-B** ●		1460/730	87/77	0.86/0.59	0.65/0.55	20/7.5	158/32	2.1/1.9	2.2/2	0.085	79
14.5/2.7	160 L		**022-A** ●	**022-B** ●		1460/730	87/80	0.87/0.6	0.65/0.5	29/8.5	220/39	1.9/1.9	2/2	0.12	106
16/3.3	180 M	**MK 171**	**049-A** ●	**049-B** ●		1460/730	89/85	0.85/0.63	0.5/0.5	32/9.3	205/35	1.5/1 2	2.1/1.8	0.20	125
19/3.8	180 L		**050-A** ●	**050-B** ●		1465/735	90/86	0.84/0.6	0.5/0.5	38/11.2	280/50	1.7/1.5	2.2/1.9	0.24	145
25/5	200 L		**051-A** ●	**051-B** ●		1475/735	91/88	0.84/0.53	0.45/0.45	49/17	320/60	1.6/1.5	2.1/2.1	0.35	190
33/6.6	225 S		**052-A** ●	**052-B** ●		1480/740	91/87	0.82/0.52	0.42/0.33	67/23	515/100	1.9/1.4	2.9/2.6	0.34	230
38/7.8	225 M		**053-A** ●	**053-B** ●		1480/740	92/87	0.81/0.5	0.42/0.32	77/27	685/125	2.3/1.5	3.3/2.8	0.41	270
45/9	250 M		**054-A** ●	**054-B** ●		1480/740	92/88	0.82/0.5	0.42/0.32	90/31	795/145	2.3/1.5	3.3/2.8	0.47	310

© EVU

3-faset asynkronmotor som 1-faset

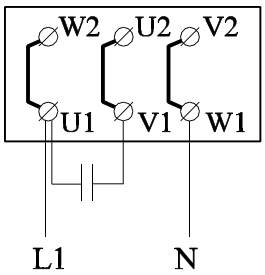
En 3-faset asynkronmotor kan køre som en 1-faset motor. Det bør dog altid betragtes som en undtagelse, fordi en 3-faset motor er fremstillet til at køre på tre faser.

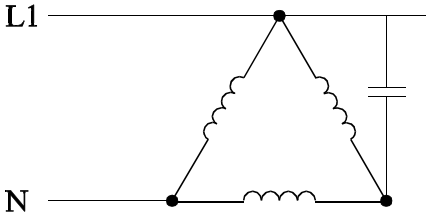
Man bør kun koble en 3-faset motor som 1-faset, når det anbefales af fabrikanten og kun, når der er tale om små motorer.

Motoren skal være egnet til den spænding, som den tilsluttes, det vil sige, at motoren, for at den kan bruges som 1-faset, bør være mærket 3 x 230/400 volt.

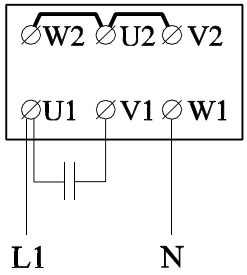
For at skabe et drejefelt må man tilslutte den ene klemme i serie med en kondensator. Hvis man ikke gør dette, får man ikke et drejefelt, men et skiftende felt, og det kan motoren ikke starte på.

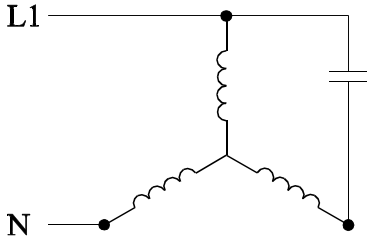
Δ – koblet





Y Koblet





Hvis man ønsker at vende omløbsretningen, kan dette gøres ved at flytte L1 fra U1 til V1.

Da man næsten aldrig opnår 120° mellem felterne, får man et drejefelt, der varierer i styrke, og det vil give et mindre startdrejningsmoment. Derfor bør man aldrig belaste en motor, der er koblet på denne måde med mere end 80 % af mærkeværdien. Kondensatorens størrelse vælges, så strømmen i viklingerne bliver ens. Den enkelte viklings strøm må aldrig overstige den

© EVU

påstemplede værdi. I praksis kan man vælge på følgende måde.

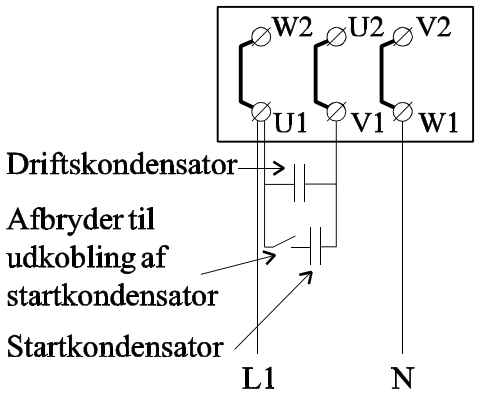
Cirka 70 µF per. kW afgiven effekt, som 1-faset.

Man bør dog altid kontrollere strømmen i hver vikling.

Benyttes der en større kondensator, vil både strøm og startmoment øges, og strømmen kan ødelægge motorens viklinger.

Benyttes der en mindre kondensator, bliver startmomentet mindre og kan dermed få så lav en værdi, at motoren ikke kan starte.

Derfor kan man tilslutte to kondensatorer, en startkondensator og en driftskondensator. Startkondensatoren skal så udkobles, når motoren er kommet op i omdrejninger.

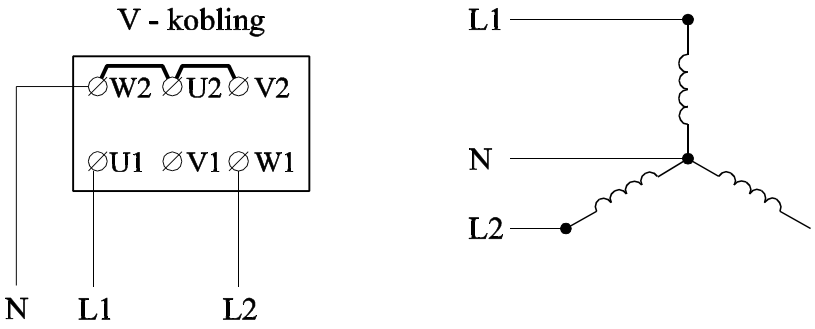


Startkondensatoren kan vælges som 1-2 gange driftskondensatoren. Med driftskondensatoren alene bliver startmomentet kun cirka 30 % af, hvad det ville være, hvis man startede motoren på 3 faser.

© EVU

V-koblet 3-faset motor

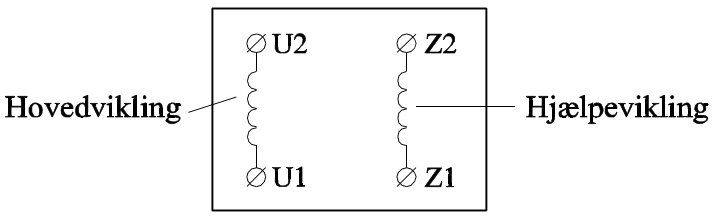
En 3-faset asynkronmotor kan også kobles i en såkaldt V-kobling. Denne kobling vil normalt kun forekomme i meget gamle installationer, hvor man ikke havde tre faser til stede i installationen. Det vil ikke være relevant at benytte denne koblingsmåde i dag.



1-faset asynkron kortslutningsmotor

Den 1-fasede asynkrone kortslutningsmotor bliver anvendt, hvor der er behov for en mindre motor fra nogle få watt op til 2-3 kW. Det vil sige i vaskemaskiner, opvaskemaskiner, oliefyr, gasfyr, køleskabe, ventilatorer, pumper, emhætter og lignende.

Den 1-fasede motor har kun to viklinger, en hovedvikling og en hjælpevikling. Hovedviklingen bliver ofte kaldt for arbejdsviklingen. Hjælpeviklingen bliver ofte kaldt for startviklingen.



Der vil normalt være flere klemmer på klembrættet end vist her. Antallet af klemmer afhænger af, hvilken motortype det er.

© EVU

Motoren kan køre på hovedviklingen alene, men hjælpeviklingen er nødvendig for at starte. Hvis der ikke var en hjælpevikling, ville rotoren blive udsat for et skiftende felt frem for et drejefelt, og det vil ikke være muligt for motoren at starte.

Statoren har to viklinger, en hovedvikling og en hjælpevikling.

Rotoren er opbygget som en kortslutningsrotor, af samme type som i den 3-fasede motor.

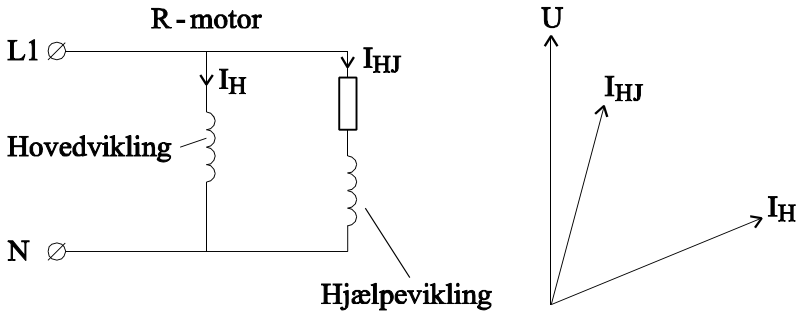
Hvis hovedviklingen tilsluttes forsyningsspænding, vil der i statoren opstå et vekselfelt, det vil sige et felt, der varierer i værdi og retning, men ikke et konstant drejende felt som i den 3-fasede motor.

For at frembringe et drejende felt må man forsyne motoren med en hjælpevikling, der laver et felt, der er forskudt i forhold til feltet fra hovedviklingen.

For at lave denne forskydning udføres hjælpeviklingen med en stor ohmsk modstand, eller man seriekobler hjælpeviklingen med en kondensator.

R-motor

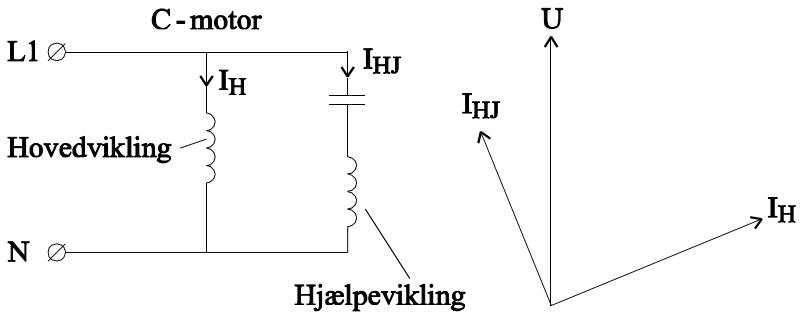
En motor med stor modstand i hjælpeviklingen kaldes også for en R-motor, og en motor, der skal have en kondensator i serie med hjælpeviklingen, kaldes ofte for en C-motor.



© EVU

C-motor

Tegningen viser princippet i en R-motor. Den større ohmske modstand i hjælpeviklingen kan laves ved at vikle hjælpeviklingen af en tyndere tråd end hovedviklingen eller ved at bruge et trådmateriale med en større specifik modstand.



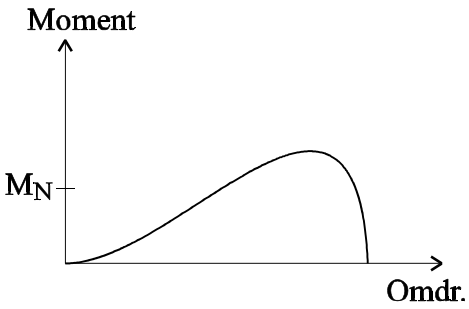
Tegningen viser princippet i en C-motor. Faseforskydningen er her udført ved hjælp af en kondensator i serie med hjælpeviklingen. Man skal være opmærksom på, at spændingen over kondensatoren kan komme op på værdier der kan ligge over den nominelle værdi på 230 volt.

Ved hjælp af enten modstand eller kondensator kan man så få frembragt et drejefelt, dog ikke et felt, der drejer med konstant værdi, som i den tre-fasede motor, men et brugbart drejefelt.

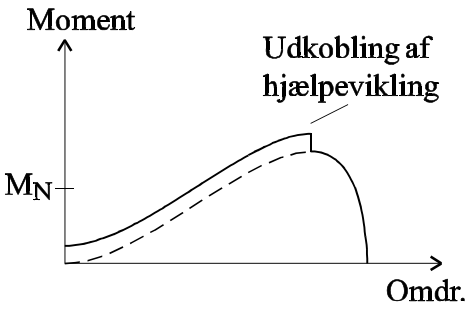
Når den 1-fasede motor er kommet op i omdrejninger, kan man udkoble hjælpeviklingen, fordi det felt, der bliver frembragt i rotoren, vil have samme virkning som det felt, hjælpeviklingen skabte. Det betyder, at når motoren er startet, kan den køre på hovedvikling alene. Man kan dog med fordel lade hjælpeviklingen forblive indkoblet, hvis den er dimensioneret til det.

© EVU

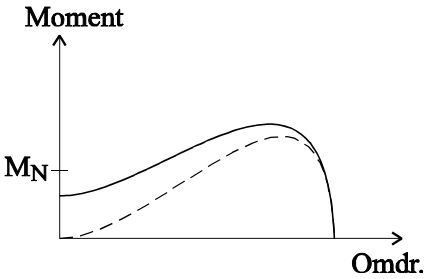
Den 1-fasede motor vil have forskelligt startmoment afhængig af, hvilken type der er valgt. Motorens startmoment kan vises på kurveform, hvor momentet vises som funktion af omdrejningstallet.



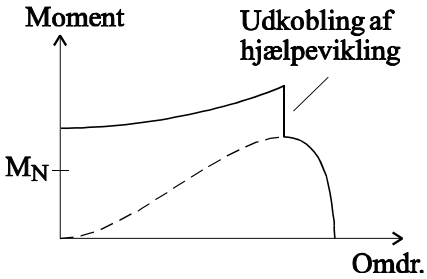
Motor med hovedvikling alene



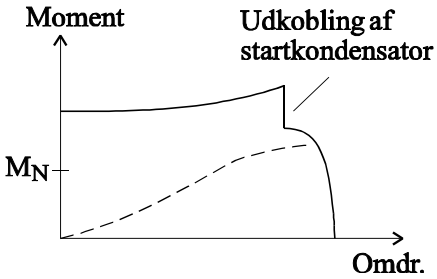
R - motor



C - motor med
driftskondensator



C - motor med
startkondensator



C - motor med
start- og driftskondensator

Kurverne er typiske momentkurver for 1-fasede motorer. Kurven øverst til venstre er momentkurven for en motor med hovedviklingen alene, startmomentet er 0 Nm, det vil sige, at den aldrig vil kunne starte uden hjælp.

Kurven øverst til højre viser startmomentet for en motor med modstand i hjælpeviklingen, her vil startmomentet typisk være 30 %.

Kurven nederst til venstre viser momentet for en motor med driftskondensator indkoblet permanent, startmomentet vil typisk være 30-70 %.

© EVU

Kurven i midten nederst viser momentet for en motor med startkondensator, startmomentet vil typisk være 100-200 %.

Kurven til højre nederst viser momentet for en motor med både drifts- og startkondensator, startmomentet vil typisk være 100-200 %.

Omløbsretning

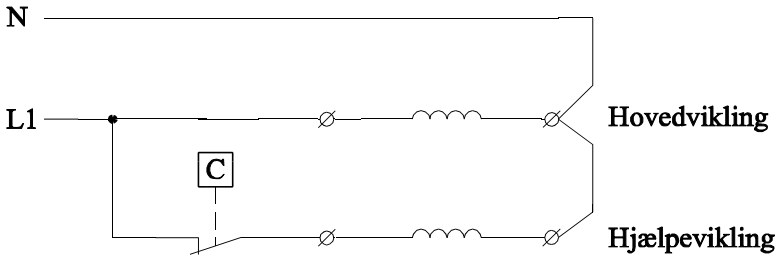
Hvis man ønsker at vende omløbsretningen på en en-faset motor, skal man vende strømmen igennem en af viklingerne, så vil drejefeltet skifte retning og dermed også motoren.

Startsystemer

Ved start af 1-fasede motorer benyttes der ofte en anordning, der afbryder strømmen i hjælpeviklingen, når motoren er kommet op i omdrejninger.

Centrifugalafbryder

Afbrydelsen kan ske ved hjælp af en centrifugalafbryder, som er påbygget rotoraksel og lejeskjold. Kontakten afbryder, når cirka 70 % af det normale omdrejningstal er nået. Den slutter igen, når omdrejningstallet falder.

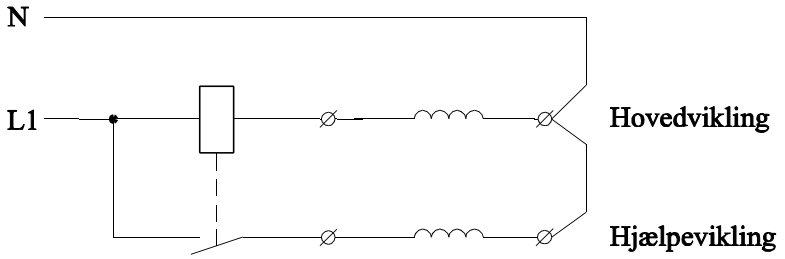


 © EVU

Startrelæ

Til afbrydelse af hjælpeviklingen i køleskabs- og frysermotor-kompressorer benyttes ofte startrelæer, hvor hovedviklingens store strøm, i startøjeblikket får relæet til at slutte kontakten til hjælpeviklingen.

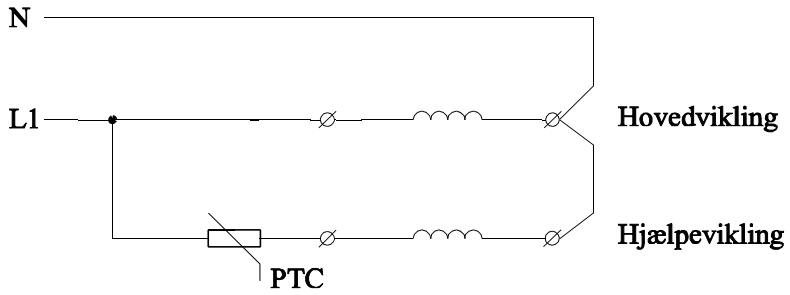
Når omdrejningstallet stiger, falder strømmen, og hjælpeviklingen afbrydes.



PTC-modstand

Kontakten kan udelades, når der i stedet benyttes en PTC-modstand.

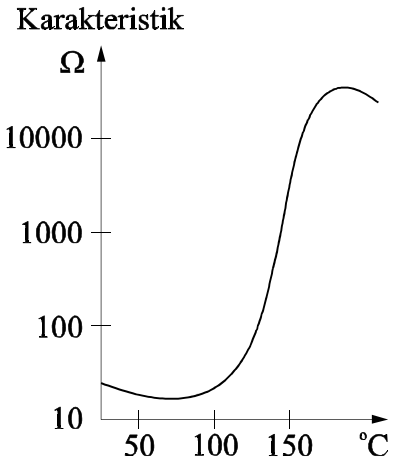
Den ohmske modstand i en PTC-modstand er lille, når modstanden er kold, cirka 50 Ω, og stor, når modstanden er varm, cirka 12000 Ω, hvilket vil give en meget lille strøm i hjælpeviklingen, når modstanden er varm, og det vil næsten svare til en afbrydelse af hjælpeviklingen.



Ulempen ved PTC-modstanden er dog, at motoren ikke kan genstarte, når PTC-modstanden er varm. Der skal altså være en pause mellem to starter, som skal sikre, at PTC-modstanden er blevet afkølet.

Til gengæld får man ingen gnist i forbindelse med udkobling af hjælpeviklingen ved PTC-start.

© EVU



En PTC-modstands karakteristik vises bedst på kurveform, hvor modstanden vises som funktion af temperaturen.

Kurven viser, at modstandens værdi stiger meget kraftigt inden for et lille temperaturområde.

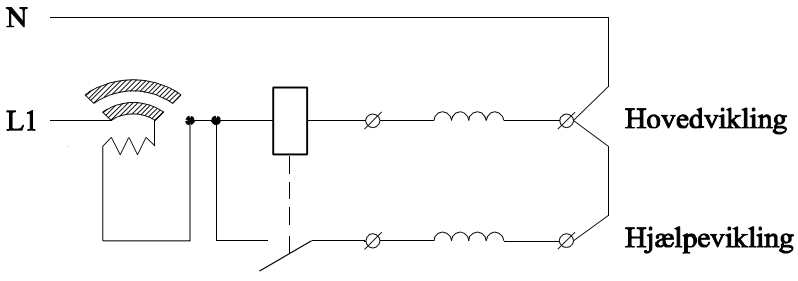
Da PTC-modstandens kolde værdi er cirka 50 Ω, skal motorens hjælpevikling have en lav egenmodstand.

Derfor må motorer, der er bygget til start med PTC-modstand, ikke forbindes med et startrelæ i stedet for. Strømmen i hjælpeviklingen vil blive alt for stor.

Motorer, der er bygget til start med startrelæ eller centrifugalafbryder, kan ikke anvendes sammen med PTC-modstand, fordi den samlede modstand i PTC og hjælpevikling bliver så stor, at strømmen i hjælpeviklingen bliver for lille til at give et tilstrækkeligt startmoment.

Beskyttelse

Til overstrøms og overtemperaturbeskyttelse af 1-fasede motorer benyttes ofte bimetal-bryderelæer, også kendt som klixon-relæer. Relæet består af et bimetalkontaktstykke, som ved opvarmning af motorens overflade bøjer sig og derved bryder strømkredsen. Relæet er også forsynet med en varmetråd, der gennemløbes af motorstrømmen. Ved for stor strøm i for lang tid vil varmetråden varme bimetalkontaktstykket op, så afbrydelse finder sted.

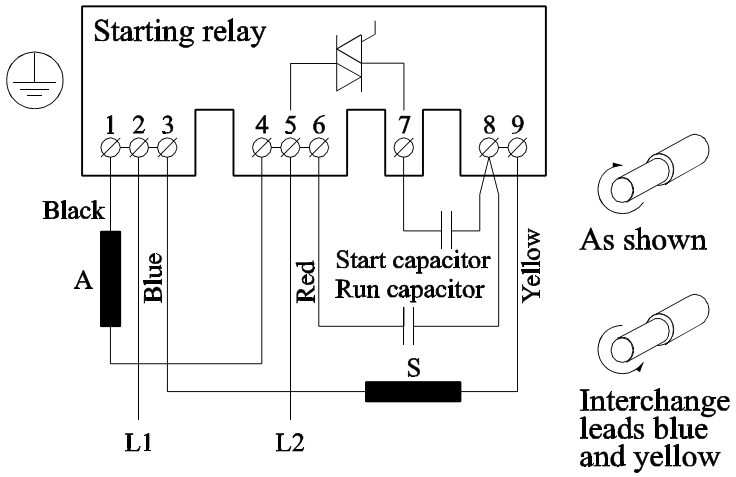


Kompressormotorer, hvis hjælpevikling er beregnet til PTC-modstand, kan have en bimetalkontakt indbygget i motoren, så den virker direkte som viklingsbeskytter.

© EVU

Elektronisk startrelæ

Til 1-fasede motorer kan der også fås elektroniske startrelæer, eller de kan være indbygget i motoren. Som eksempel vises her et elektronisk startrelæ fra ABB Motors.



Relæet er beregnet til en motor med både drift og startkondensator. Relæet sikrer, at startkondensatoren kun kan være indkoblet i en vis tid (2 sek.), og startkondensatoren kan kun være indkoblet en gang for hver gang, der sættes spænding på. Der kan også tilsluttes indbygget motorbeskyttelse, enten som en strømmåling og/eller en temperaturmåling i motoren.

Hvis relæet er monteret i/på motoren, skal der kun fremføres fase, nul og jordledning til motoren.

Fasen monteres på L1 og nullen på L2. Hovedviklingen er mærket med et A, og hjælpeviklingen er mærket med et S. Hvis man har behov for at ændre omløbsretningen, skal man bytte ledningerne til viklingen mærket S.

Det elektroniske startrelæ har mere eller mindre fortrængt centrifugalafbryderen og det almindelige startrelæ.

© EVU

CSR og PSC motorer

Hvis man søger data på en 1-faset motor, vil man ofte møde udtrykkene CSR-motor og PSC-motor. En af disse to typer vil man ofte kunne finde i staldventilatorer, almindelige ventilationsanlæg, klimaanlæg, pumper, højtryksrensere og lignende.

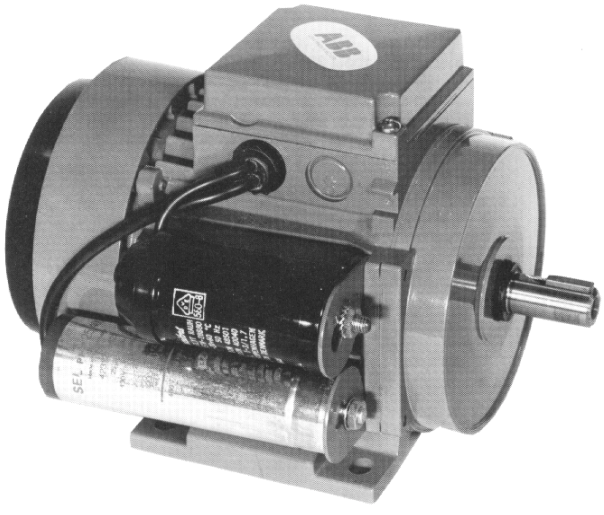
CSR (Capacitor Start and Run) er en 1-faset motor med både start- og driftskondensator og i nogle tilfælde også indbygget elektronisk startrelæ.

En CSR-motor er velegnet til maskiner m.m., der kræver et stort startmoment, da den giver et startmoment på cirka 160 %.

PSC (Permanent Split Capacitor) er en 1-faset motor med permanent indkoblet driftskondensator.

En PSC-motor er velegnet til drift af ventilatorer og pumper, der kræver et stigende moment og et lille startmoment. En PSC-motor giver typisk et startmoment på cirka 30-70 %.

1-fasede motorer fremstilles i mange varianter. De fremstilles ofte til direkte indbygning i ventilatorer, emhætter, højtryksrensere og lignende, med og uden kappe. Den eller de nødvendige kondensatorer og startanordninger kan være påmonteret eller indbygget i motoren eller klemkassen.

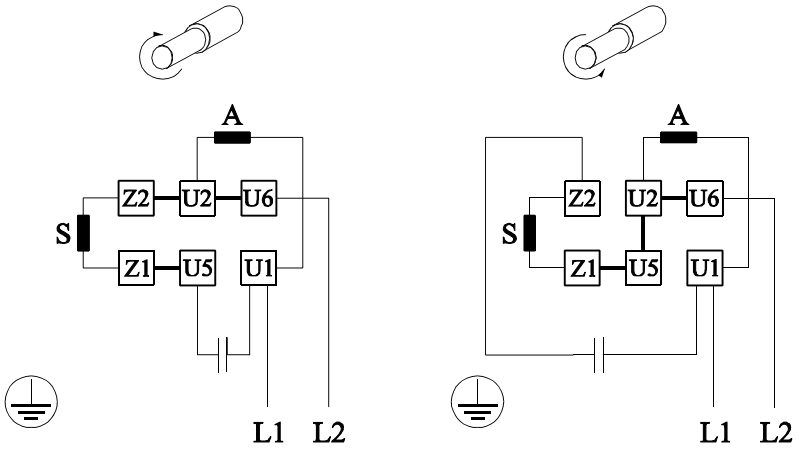


© EVU

Billedet viser en 1-faset motor med start- og driftskondensator, det vil sige en CSR-motor.

1-fasede motorer fremstilles til lager som 2, 4, 6 polede motorer. PSC-motorer fremstilles yderligere i tre forskellige varianter; som standardmotor, motor med forøget effekt og motor til hastighedsregulering.

En 1-faset motor vil normalt have seks klemmer i klemkassen.



Tegningen viser tilslutningen af en 1-faset PSC-motor. Hovedviklingen er mærket med et A, og hjælpeviklingen er mærket med et S. Tegningen viser, hvordan der skal kobles, afhængig af om man ønsker, at motoren skal løbe højre eller venstre om. Det ses, at ønsker man at vende omløbsretningen, skal man ændre strømretningen igennem hjælpeviklingen. L1 og L2 er henholdsvis fase og nul.

© EVU

1-fasede motorer bliver ofte anvendt sammen med en simpel thyristor/triac-regulator til hastighedsregulering.

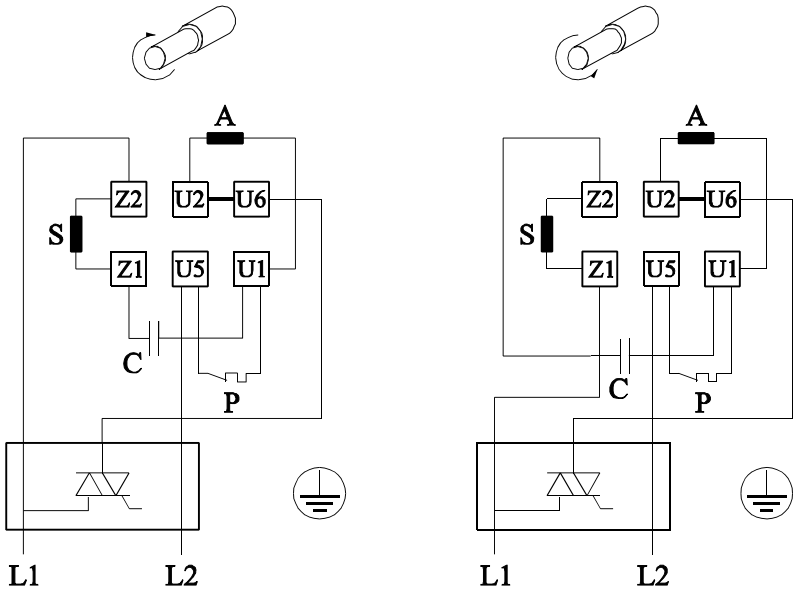
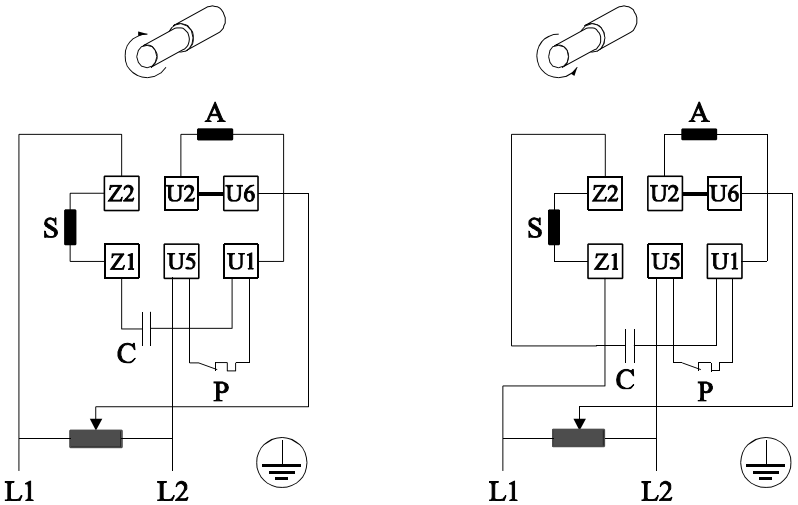


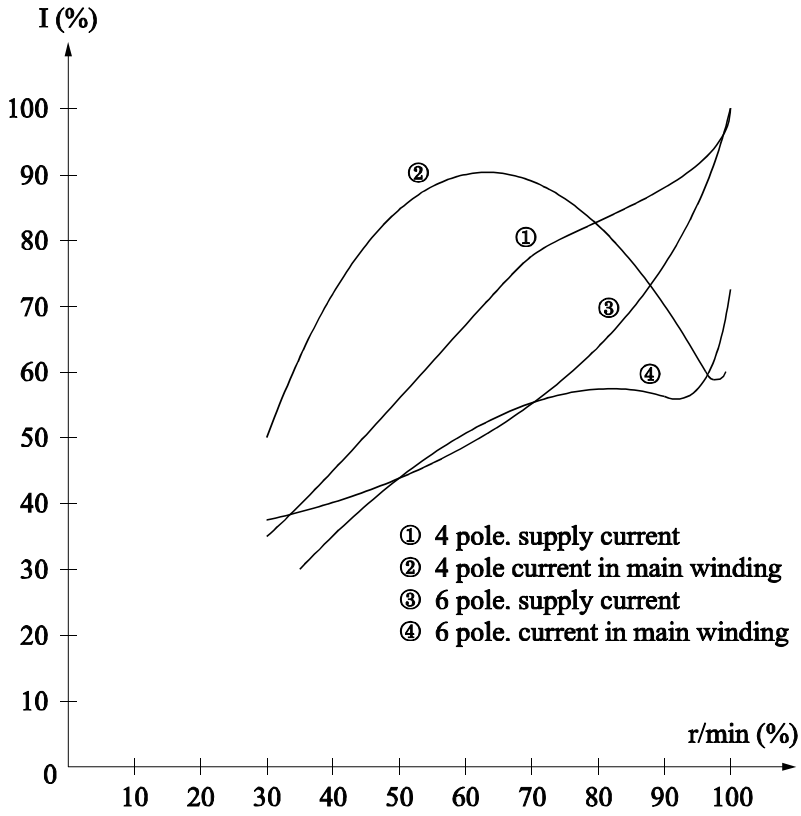
ABB-Motors demonstrerer i ovenstående vejledning, som gælder ved hastighedregulering af 1-fasede motorer med elektroniske regulatorer, at man kun bør regulere på spændingen til hovedviklingen samt indsætte en beskyttelse af motoren. Beskyttelsen kan være en temperaturmåling direkte i motoren.



Tegningen viser en hastighedregulering med transformer frem for en elektronisk regulator. Her anbefales det også at regulere på hovedviklingen alene.

© EVU

Ved regulering af 1-fasede motorer er det typisk, at strømmen i hovedviklingen gennem regulatoren stiger ved nedregulering. Derfor er det en god ide at beskytte motoren ved hjælp af indbygget bimetalskontakt eller termistor.



Kurverne her viser henholdsvis netstrøm (supply current) og strømmen i hovedviklingen (current in main winding) ved hastighedsregulering af en 1-faset motor, ved ventilatordrift. Kurverne skal kun opfattes som vejledende.

Grundfos giver de samme anvisninger som ABB-Motors ved regulering af 1-fasede motorer; nemlig spændingsregulering på hovedviklingen alene. Årsagen er den samme; at begrænse den optagne strøm og derved formindske varmeudviklingen i motoren.

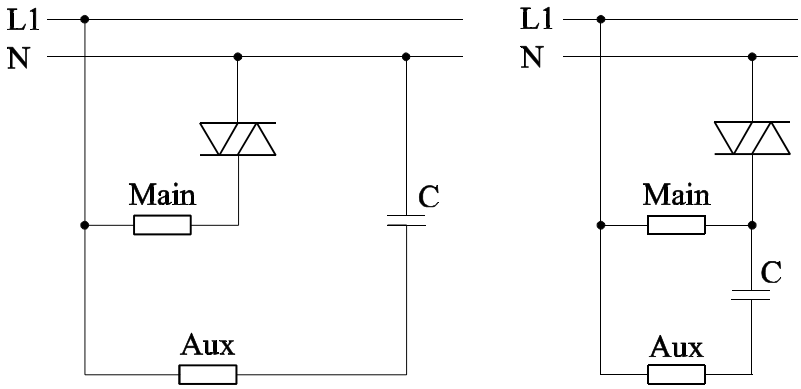
Grundfos kalder det for henholdsvis 3-leder og 2-leder regulering.

© EVU

Ved alle 1-fasede motorer er der mulighed for at vælge enten en 3-leder eller en 2-leder hastighedsregulering.

Grundfos og ABB anbefaler en 3-leder regulering, da det giver den bedste virkningsgrad og bevirker, at den fra nettet optagne strøm ændrer sig proportionalt med den optagne effekt.

Dog kan 2-leder regulering anvendes, hvor det ikke er muligt at anvende 3-leder regulering. Ved 2-leder regulering kan man dog blive udsat for, at den optagne strøm overstiger mærkestrømmen.

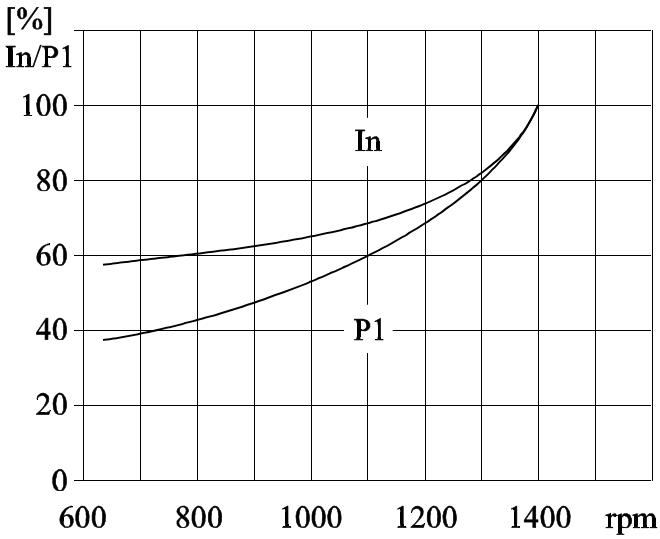


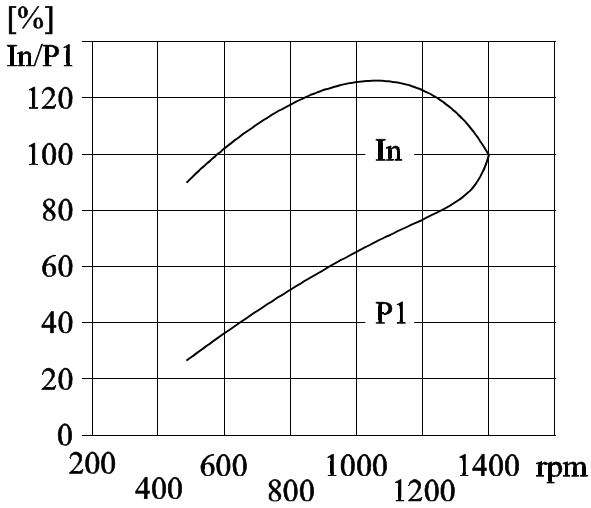
Tegningen viser tilslutning ved henholdsvis 3-leder og 2-leder regulering. Ved 3-leder regulering sidder regulatoren indskudt foran hovedviklingen (main) alene, og hjælpeviklingen (aux) bliver forsynet uden om regulatoren.

Ved 2-leder regulering bliver både hoved- og hjælpeviklingen forsynet igennem regulatoren. Det vil forøge den optagne strøm og formindske den samlede virkningsgrad.

© EVU

Kurverne viser strøm og effekt som funktion af omdrejningstallet ved hastighedsregulering af 1-fasede motorer.





Ved brug af 1-fasede motorer gælder det generelt, at de ikke er egnet til længere tids drift uden belastning, da dette vil forøge varmeudviklingen i motoren. Hvis man har brug for 1-fasede motorer, der skal køre i længere tid uden belastning, bør man få produceret motorer, der er specielt fremstillet til formålet.

På de næste sider er der vist data fra 1-fasede motorer fra henholdsvis Grundfos og ABB-Motors.

2-pol. Standard
1 x 220-230/240 V

Type	P_2 [kW]	I_n [A]	cos φ	η [%]	n [min^{-1}]	M_n [Nm]	$\frac{I_{st}}{I_n}$	$\frac{M_{st}}{M_n}$	$\frac{M_{kip}}{M_n}$	C400 V [µF]
MG 71 A2	0.25	2.05/2.00	0.99	58-56/55	2800	0.85	2.8	1.2	2.5	20
MG 71 B2	0.37	2.95/2.70	0.99	60-58/60	2770	1.28	2.8	1.1	2.2	25
MG 80 A2	0.55	4.00/3.65	0.99	66-64/66	2750	1.90	2.8	1.0	2.0	30
MG 80 B2	0.75	5.10/4.75	0.99	69-67/69	2780	2.60	3.0	0.8	2.0	35
MG 90 SA2	1.10	7.50/6.75	0.99	70-68/70	2760	3.80	3.6	0.7	2.2	50
MG 90 LB2	1.50	9.55/8.80	0.99	74-72/74	2760	5.20	3.8	0.7	2.2	60
MG 90 LC2	2.20	13.6/12.6	0.99	77-75/77	2740	7.70	3.8	0.6	2.0	80

© EVU

4-pol. Standard
1 x 220-230 V

Type	P_2 [kW]	I_n [A]	cos φ	η [%]	n [min^{-1}]	M_n [Nm]	$\frac{I_{st}}{I_n}$	$\frac{M_{st}}{M_n}$	$\frac{M_{kip}}{M_n}$	$C_{400\ V}$ [µF]
MG 71 A4	0.18	1.62	0.97	54-52	1350-1370	1.26	2.0	0.8	1.7	12
MG 71 B4	0.25	2.14	0.97	57-55	1350-1370	1.76	2.2	0.7	1.7	16
MG 80 A4	0.37	2.85	0.97	62-60	1350-1370	2.60	2.4	0.7	1.7	20
MG 80 B4	0.55	4.00	0.97	66-64	1350-1370	3.85	2.6	0.7	1.7	25
MG 90 SA4	0.75	5.35	0.97	68-66	1390-1410	5.10	3.0	0.55	1.9	30
MG 90 LB4	1.10	7.20	0.97	73-71	1390-1410	7.50	3.3	0.45	1.9	40
MG 90 LC4	1.50	9.80	0.97	74-72	1390-1410	10.2	3.6	0.55	1.9	60

6-pol. Thyristor
1 x 220-240 V

Type	P_2 [kW]	I_n [A]	cos φ	η [%]	n [min^{-1}]	M_n [Nm]	$\frac{I_{st}}{I_n}$	$\frac{M_{st}}{M_n}$	$\frac{M_{kip}}{M_n}$	$C_{400\ V}$ [µF]
MG 71 A6	0.08	0.78	0.96	51-47	860-890	0.86	1.7-2.0	0.65-0.8	1.4-1.6	4
MG 71 A6	0.12	1.12	0.97	54-48	860-890	1.30	1.7-2.0	0.75-1	1.5-1.8	8
MG 71 B6	0.18	1.70	0.97	55-48	860-890	1.96	1.7-2.0	0.75-1	1.5-1.8	10
MG 80 A6	0.25	2.16	0.98	57-51	860-890	2.75	1.7-2.0	0.75-1	1.5-1.8	12
MG 80 B6	0.37	3.00	0.98	60-56	860-890	4.05	1.7-2.0	0.75-1	1.5-1.8	20

6-pol. Standard
1 x 220-240 V

Type	P_2 [kW]	I_n [A]	cos φ	η [%]	n [min^{-1}]	M_n [Nm]	$\frac{I_{st}}{I_n}$	$\frac{M_{st}}{M_n}$	$\frac{M_{kip}}{M_n}$	$C_{400\ V}$ [µF]
MG 71 A6	0.08	0.78	0.96	51-47	860-890	0.86	1.7-2.0	0.65-0.8	1.4-1.6	4
MG 71 A6	0.12	1.12	0.97	54-48	860-890	1.30	1.7-2.0	0.75-1	1.5-1.8	8
MG 71 B6	0.18	1.70	0.97	55-48	860-890	1.96	1.7-2.0	0.75-1	1.5-1.8	10
MG 80 A6	0.25	2.16	0.98	57-51	860-890	2.75	1.7-2.0	0.75-1	1.5-1.8	12
MG 80 B6	0.37	3.00	0.98	60-56	860-890	4.05	1.7-2.0	0.75-1	1.5-1.8	20

© EVU

CSR motors

Starting torque about 160%. Rated data at 220 V 50 Hz

Output kW	Motor type	Cat. No. Foot-mounted motor	Flange-mounted motor large flange	small flange	Speed r/min	Effi-cien-cy %	Power factor cos φ	Current A	I_{st} I	Torque M Nm	M_{st} M	M_{max} M	Capacitor Start uF	Run uF	Moment of inertia J=¼ GD² kgm²	Weight kg
2 poles = 3000 r/min																
0.25	MT 63 B	**MK 111 201-●**	**231-●**	**261-●**	2750	57	0.99	2	4	0.85	1.4	1.5	16	8	0.00018	4.5
0.37	71 A	**202-●**	**232-●**	**262-●**	2850	65	0.99	2.6	4	1.25	1.4	1.7	40	12	0.0004	5.5
0.55	71 B	**203-●**	**233-●**	**263-●**	2850	68	0.99	3.8	4	1.9	1.4	1.7	60	16	0.0005	6.5
0.75	80 A	**204-●**	**234-●**	**264-●**	2870	71	0.99	4.9	4	2.5	1.4	1.7	80	20	0.0009	9
1.1	80 B	**205-●**	**235-●**	**265-●**	2870	73	0.99	7	4	3.7	1.4	1.7	100	25	0.0011	10
1.4	90 S	**206-●**	**236-●**	**266-●**	2870	70	0.99	9	4	4.7	1.4	1.7	120	40	0.0019	13
4 poles = 1500 r/min																
0.18	MT 63 B	**MK 111 210-●**	**240-●**	**270-●**	1370	54	0.95	1.6	3.5	1.25	1.6	1.5	20	10	0.00028	4.5
0.25	71 A	**211-●**	**241-●**	**271-●**	1380	55	0.99	2.1	3.5	1.8	1.6	1.6	40	12	0.00073	5.5
0.37	71 B	**212-●**	**242-●**	**272-●**	1380	60	0.99	2.9	3.5	2.5	1.6	1.6	60	16	0.00098	6.5
0.55	80 A	**213-●**	**243-●**	**273-●**	1400	66	0.99	3.9	3.5	3.7	1.6	1.6	60	20	0.0017	9
0.75	80 B	**214-●**	**244-●**	**274-●**	1400	67	0.99	5.2	3.5	5	1.6	1.6	80	25	0.0021	10
1.1	90 S	**215-●**	**245-●**	**275-●**	1410	71	0.99	7.2	3.5	7.5	1.6	1.6	100	30	0.0032	13
1.5	90 L	**216-●**	**246-●**	**276-●**	1410	75	0.99	9.5	3.5	10	1.6	1.6	120	40	0.0043	16.5
1.85	100 LA	**217-●**	**247-●**	**277-●**	1380	75	0.99	11.5	3	12.5	1.3	1.6	100	50	0.0069	20.5
2.2	100 LB	**218-●**	**248-●**	**278-●**	1380	78	0.99	13.5	3	15	1	1.6	80	50	0.0082	23.5
6 poles = 1000 r/min																
0.18	MT 71 A	**MK 111 221-●**	**251-●**	**281-●**	900	47	0.97	1.8	2.5	1.9	1.4	1.2	20	10	0.0007	5.5
0.25	71 B	**222-●**	**252-●**	**282-●**	910	54	0.95	2.2	3.5	2.6	1.4	1.2	40	12	0.0009	6.5
0.37	80 A	**223-●**	**253-●**	**283-●**	920	58	0.97	3	3.5	3.8	1.4	1.2	40	16	0.0017	9
0.55	80 B	**224-●**	**254-●**	**284-●**	920	61	0.96	4.3	3.5	5.7	1.4	1.2	40	20	0.0021	10
0.85	90 L	**226-●**	**256-●**	**286-●**	930	65	0.96	6.2	3.5	8.6	1.4	1.2	80	30	0.0043	16.5
1.1	100 L	**227-●**	**257-●**	**287-●**	950	69	0.96	7.5	3.5	11	1.4	1.2	80	40	0.0082	23.5

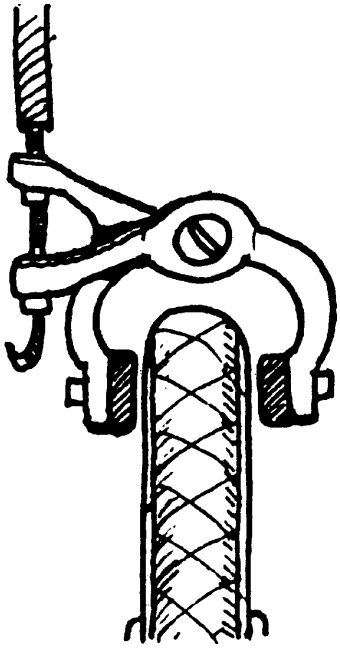
PSC motors, basic design

Starting toruqe about 30 to 70%. Rated data at 220 V 50 Hz

Output kW	Motor type	Cat. No. Foot-mounted motor	Flange-mounted motor large flange	small flange	Speed r/min	Effi-cien-cy %	Power factor cos φ	Current A	I_{st} I	Torque M Nm	M_{st} M	M_{max} M	Capacitor Run uF	Moment of inertia J=¼ GD² kgm²	Weight kg
2 poles = 3000 r/min															
0.2	MT 63 B	**MK 111 601-●**	**631-●**	**661-●**	2610	54	0.99	1.7	2.5	0.7	0.6	1.4	8	0.00018	4.5
0.45	71 B	**603-●**	**633-●**	**663-●**	2650	62	0.99	3.3	2.5	1.6	0.7	1.4	16	0.0005	6.5
0.9	80 B	**605-●**	**635-●**	**665-●**	2700	69	0.99	6	2.5	3.2	0.5	1.4	25	0.0011	10
1.5	90 L	**607-●**	**637-●**	**667-●**	2750	72	0.99	9.5	3	5.2	0.4	1.7	40	0.0024	16.5
4 poles = 1500 r/min															
0.15	MT 63 B	**MK 111 610-●**	**640-●**	**670-●**	1340	50	0.98	1.4	2.5	1.1	0.7	1.4	10	0.00028	4.5
0.33	71 B	**612-●**	**642-●**	**672-●**	1360	57	0.97	2.7	2.5	2.3	0.5	1.3	16	0.0098	6.5
0.7	80 B	**614-●**	**644-●**	**674-●**	1370	65	0.98	5	3	4.9	0.4	1.2	25	0.0021	10
1	90 S	**615-●**	**645-●**	**675-●**	1370	70	0.99	6.6	3	7	0.4	1.2	30	0.0032	13
1.3	90 L	**616-●**	**646-●**	**676-●**	1380	70	0.99	8.5	3	9	0.3	1.2	30	0.0043	16.5
1.85	100 LA	**617-●**	**647-●**	**677-●**	1380	74	0.99	11.5	3	13	0.3	1.4	50	0.0069	20.5
2.2	100 LB	**618-●**	**648-●**	**678-●**	1380	75	0.99	13.5	3	15	0.3	1.4	50	0.0082	23.5
6 poles = 1000 r/min															
0.22	MT 71 B	**MK 111 622-●**	**652-●**	**682-●**	870	46	0.94	2.3	2	2.4	0.6	1.3	12	0.0009	6.5
0.35	80 A	**623-●**	**653-●**	**683-●**	880	54	0.95	3.1	2	3.8	0.6	1.2	16	0.0017	9
0.5	80 B	**624-●**	**654-●**	**684-●**	890	59	0.96	4	2	5.4	0.6	1.2	20	0.0021	10
0.75	90 L	**626-●**	**656-●**	**686-●**	900	63	0.98	5.5	2	8	0.5	1.2	30	0.0043	16.5

© EVU

Bremsning af motorer



Det vil ofte være nødvendigt at have mulighed for at bremse en motor. Det kunne også være et krav af hensyn til personsikkerhed.

Bremsning af motorer kan fx være nødvendig ved kraner, robotter, trykkemaskine, maskiner til automatisk bearbejdning af træ, metal, plast og lignende steder.

Der kan anvendes mekanisk eller elektrisk bremsning. Mekanisk bremsning virker ved, at en flade roterer og en anden flade bliver fastholdt. Når disse to flader bliver presset mod hinanden, vil der blive bremset.

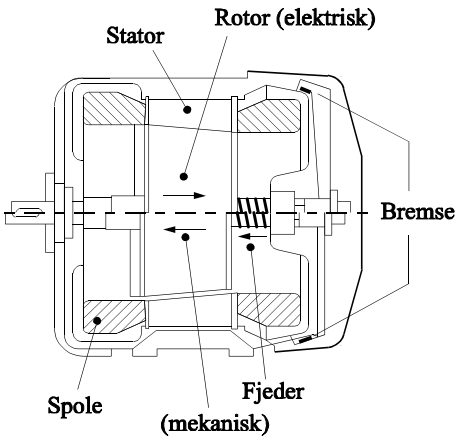
Som eksempel kan man tage den velkendte bremse på en cykel, der anvender samme princip som en mekanisk bremse på en motor. Cykelhjulet er her den roterende del, selve bremsen er den faste del, monteret på cyklen. Når bremsen, med bremsebelægning, klemmes omkring hjulets fælg, vil hjulet blive bremset. Bremser til motorer udformes både som keglebremse, bakkebremse, skivebremse og lamelbremse.

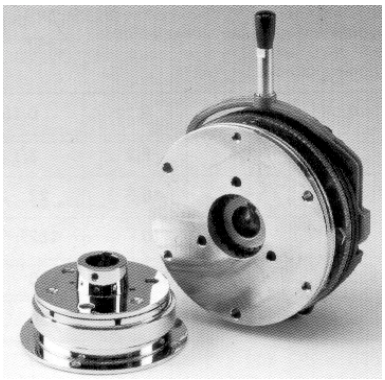
På en motor er en del af bremsen fastgjort på rotoren eller rotorakslen (den roterende del) og en del på statoren eller statorhuset (den faste del). De fleste bremser til motorer skal have spænding for at løsne bremsen. Når spændingen til bremsen fjernes, sker der en bremsning. Det vil sige, at bremsen frigøres ved magnetløftning. Fordelen ved dette princip er, at sker der et spændingssvigt, vil der også ske en bremsning.

Motorer med bremser udformes på forskellig måde. Udformningen af bremsen afhænger delvist af, hvad motoren skal anvendes til.

På kraner anvendes der ofte motorer med konisk rotor, som vist her. Denne type motor kaldes også for en stopmotor.

© EVU

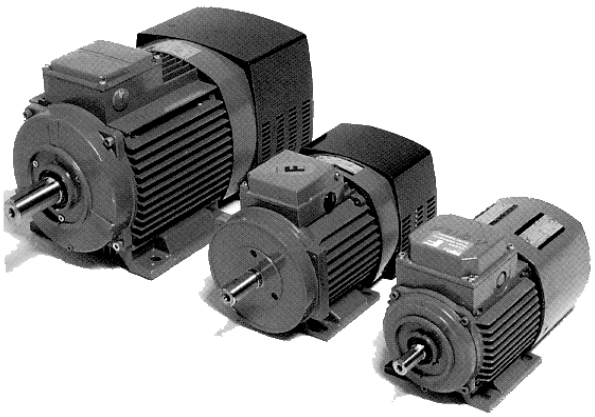




På rotorakslen er der monteret en konisk bremse og en kraftig fjeder. Ved standset motor holder fjederen rotoren trykket ud af normalstillingen, og dermed bremsens faste og bevægelige dele mod hinanden, så motoren bliver bremset. Påtrykkes motoren spænding, vil feltet trække rotoren på plads i statoren, så bremsen løsnes. Denne type bremse er ikke så almindelig, da den kræver en speciel motorproduktion. Det er mere almindeligt at påmontere bremsen på en standardmotor.

Denne type bremse bliver anvendt til påbygning af standardmotorer. Bremsen er aktiveret i spændingsløs tilstand, men den kan frigøres ved betjening af det påmonterede håndtag, dog kun så længe håndtaget holdes. Når det slippes, er der bremset igen. Denne type bremse fås både til veksel- og jævnspænding. Bremsen anvendes ofte på motorer, der har akslen ført ud i begge ender (en N- og D-ende). På D-enden monteres remskive eller kobling, og i N-enden monteres bremsen. Det vil så ofte betyde, at motoren skal forsynes med fremmed ventilation og at motoren skal have bolte eller bolthuller, hvor bremsen kan fastgøres. Denne type bremse kan selvfølgelig monteres andre steder på en maskine end lige på motoren.

Der kan også fås motorer, hvor bremsen er påbygget af producenten.



Billedet viser bremsemotorer fra ABB Motors. De to motorer til venstre er monteret med jævnstrømsmanøvreret skivebremse, som automatisk justerer luftspalten efterhånden som bremseklodserne slides. Motoren til højre er af samme type, men luftspalten skal justeres manuelt.

© EVU

Ved automatisk justering af luftspalten får man altid en ensartet bremsning. Om man skal vælge manuel eller automatisk justering af luftspalten, vil afhænge af det krav, der måtte være til den bremsning, der ønskes. Hvis man kræver mange og præcise bremsninger, skal man vælge den automatiske justering. Hvis det drejer sig om få bremsninger, kan man vælge den noget enklere og billigere bremse med manuel justering.

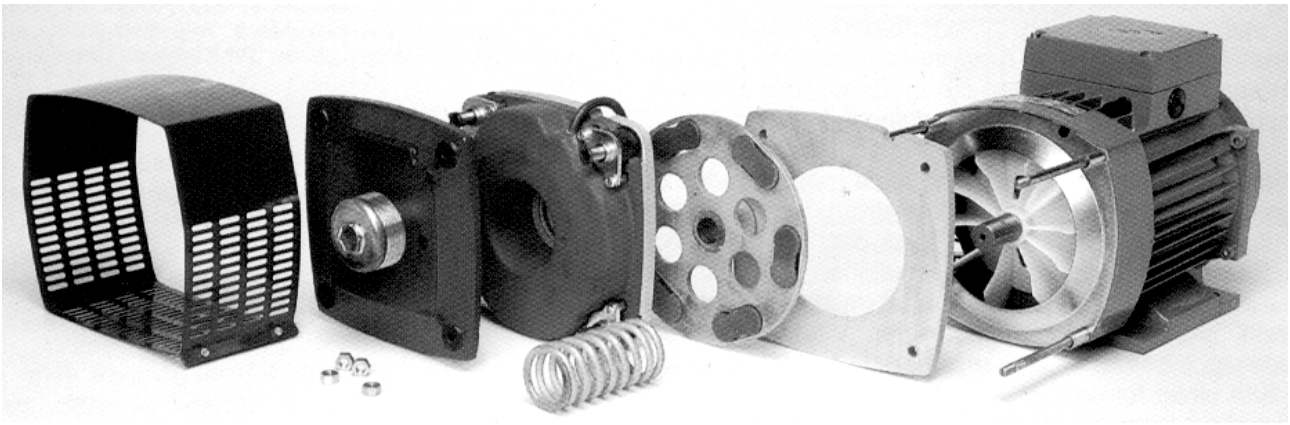
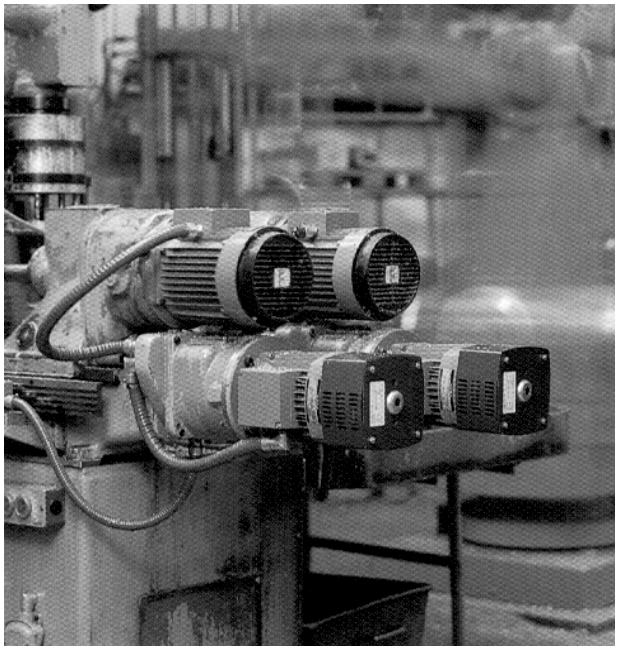


ABB Motors bremsemotor med adskilt bremse. Fra venstre mod højre vises bremsens kapsling, endeplade med justerhylster til momentindstilling, elektromagnet med justeringenheder, trykfjeder, roterende bremseskive med bremseklodser, fast bremseskive samt motor med bolte til fastspænding af bremsen.

© EVU





Bremsemotorer anvendes til mange formål. Billedet til venstre viser restaureringen af Frihedsgudinden i New York, hvor der blev anvendt bremsemotorer fra ABB Motors. Billedet til højre viser en robotbetjent bore- og gevindmaskine, hvor man anvender standardmotorer til spindeldrift (de to øverste) og bremsemotorer til fødebevægelserne (de to nederste).

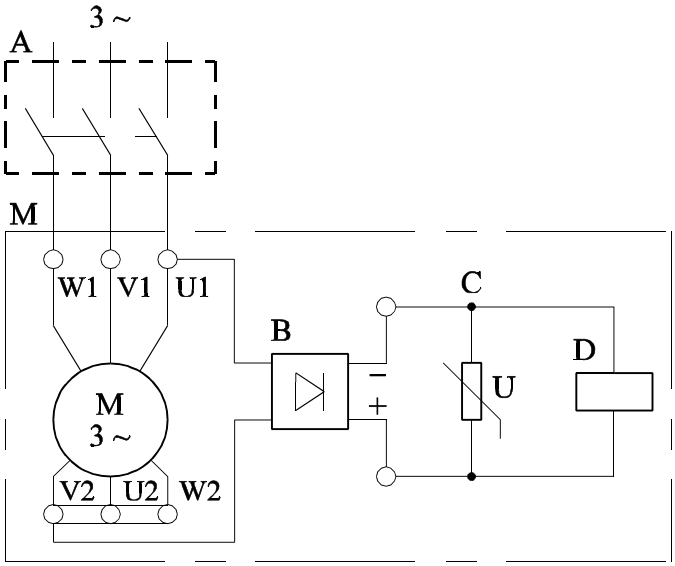
En ulempe ved mekaniske bremser er, at bremsebelægningen bliver slidt og skal udskiftes med tiden. Slitagen er afhængig af bremsefrekvensen, belastningens størrelse og motorens omdrejningstal. Sliddet kan mindskes ved at begrænse en af de tre nævnte ting eller ved at supplere med en elektrisk bremsning.

For vekselstrømsmotorer vil det være mest naturligt at forsyne bremsen med vekselstrøm. Jævnstrømsforsyning er dog at foretrække, fordi den giver et blødt anslag og lav arbejdsstrøm samt mulighed for at variere bremsens faldetid (tiden fra strømmen afbrydes, indtil bremsevirkningen indtræder). Vekselstrømsforsynede bremser (bremsespoler) kan blive overophedet, hvis magnetens luftspalte bliver for stor på grund af slitage. Endvidere kan brummen opstå, hvis magnetens polflader bliver snavsede eller deformerede. Vekselstrømsforsynede bremser har dog en kortere faldtid, hvilket kan være en fordel, hvor der forekommer hyppige bremsninger. Men det betyder, at bremsens spoler skal

© EVU

overdimensioneres, da opvarmningen bliver høj på grund af indkoblingsstrømmene.

En bremse kan i de fleste tilfælde få sin spændingsforsyning fra motorens ledninger/klemmer.



Tegningen her viser tilslutningen af en bremse. A = indkoblingsapparatet, fx en kontaktor eller et håndbetjent motorværn. B = Ensretter, der kan være indbygget i bremsen eller i motorens klemkasse. C = Varistor til overspændingsbeskyttelse. D = Bremsemagnet. M = Motoren med bremse. Som det ses, er det altså ikke altid nødvendigt med ekstra ledninger til en bremsemotor.

Elektrisk bremsning

Modstrømsbremsning:

Ved modstrømsbremsning foretager man en omkobling af motoren, mens den er i drift. Det vil sige, at når motoren kører med normalt omdrejningstal, omkobles der til modsat retning. Det kan gøres ved hjælp af en frem-bak styring. Efter bremsning til stilstand vil motoren starte med modsat omløbsretning, hvis ikke strømmen til motoren afbrydes. Derfor vil det være nødvendigt at udstyre motoren med en hastighedsovervågning, der afbryder strømmen, når omdrejningstallet nærmer sig nul. Ved modstrømsbremsning får man et meget højt bremsemoment. Der er dog ikke nogen bremsevirkning ved stilstand. Strømmen under brem-

© EVU

seperioden bliver stort set lig med motorens normale startstrøm. Derfor bliver varmeudviklingen i motoren meget høj. Det betyder, at den tilladte bremsefrekvens kun må være cirka ¼ af det tilladte antal for en bremsemotor. Da det er meget nemt at overophede motoren ved denne form for bremsning, anbefales det at benytte termofølere til måling af motorens temperatur for at beskytte motorens viklinger mod overophedning.

Jævnstrømsbremsning af vekselstrømsmotorer

Ved jævnstrømsbremsning benytter man jævnstrøm til bremsning af motoren. Hvis motoren kører med normalt omdrejningstal, skal man frakoble vekselstrømsforsyningen og herefter magnetisere motoren med jævnstrøm. Herved udvikler motoren et bremsende moment, dog et betydeligt svagere moment end ved modstrømsbremsning. Ved jævnstrømsbremsning kan man anvende en almindelig standardmotor. Det eneste ekstra der kræves, er udstyr til at frakoble vekselspændingen og udstyr til jævnstrømsforsyning og indkobling af denne. Efter frakobling af vekselspændingen skal der være en lille pause før indkobling af jævnspændingen. Man skal være sikker på, at vekselspændingen er væk, inden man indkobler jævnspændingen, eller at vekselspændingen har fået så lav en værdi, at den ikke skader jævnspændingsudstyret. Magnetiseringsstrømmens (jævnstrømmen til bremsning) størrelse bestemmes ud fra den bremsetid, man ønsker, men som regel vælges der en strøm på 1 til 2 gange motorens fuldlaststrøm. Mætningsforholdet i motorens magnetiske kreds gør, at det ikke får nogen ekstra betydning med en større strøm, samt at bremsemomentet bliver relativt svagt.

Ved jævnstrømsbremsning får man en længere bremsetid end ved modstrømsbremsning, men en mindre opvarmning af motoren. Hvis der sker svigt i jævnspændingsforsyningen, fås der ingen bremsevirkning. Derfor skal man ikke bruge elektrisk bremsning, hvor manglende bremsning kan betyde fare for personer eller maskiner. I sådanne tilfælde skal man altid anvende mekaniske bremsemetoder.

© EVU

Det vil også være muligt at anvende en frekvensomformer til bremsning af motorer (se afsnittet om omformere i denne bog).

Sikkerhedsrelaterede bremsninger.

Hvis bremsning af en motor har sikkerhedsrelateret betydning, fx bremsning af en rundsav, skal metoden tilfredsstille kravene i standarderne for sikkerhedsrelaterede styresystemer ISO 13849-1 og IEC 62061.

Disse krav er ikke opfyldt for frekvensomformere i almindelighed. Spørg fabrikanten.

Nye elektroniske bremseteknologier.

Der er i skrivende stund nye teknologier på vej ind på markedet, som til fredsstiller kravene i de to standarder med **performance level a til e** samt **SIL 1 til SIL 4.**

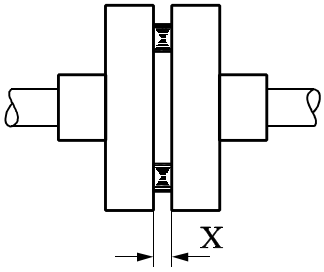
Det er hermed muligt at bremse en motor på samme tid, som den løber op på sin normale hastighed. Metoden indebærer, at den energi, der skal bremses væk, anvendes til at bremse motoren med. Det betyder, at energien bortbrændes i motoren. Bremsetider helt ned til 1 sekund til opfyldelse af kravene til de farligste maskiner i fødevareindustrien.

© EVU

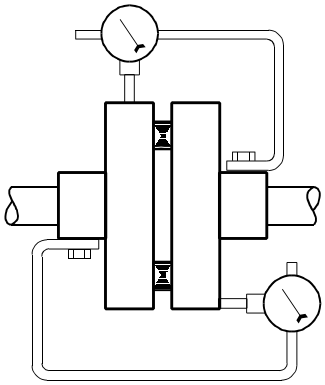
Fastgørelse af en motor

En motors fundament skal være plant og solidt og så vidt muligt vibrationsfrit. Et støbt fundament er derfor at anbefale. Fundamentet skal være så stabilt, at det kan modstå de kræfter, der kan opstå i alle start- og driftstilfælde.

Opretning af motorer



Med opretning menes der opretning i forhold til det, motoren skal drive. Motorer skal altid rettes nøjagtigt op, specielt ved direkte tilkobling. Hvis en motor står en lille smule skævt i forhold til det, den skal drive, vil man få fejl såsom, lejefejl, vibrationer eller måske akselbrud. Hvis man har konstateret lejefejl eller vibrationer, skal man kontrollere opretningen (om motoren står lige i forhold til det, den skal drive). Hvis man vil kontrollere, om to koblingflader er parallelle, måler man afstanden X med et søgeblad i yderkanten af koblingsfladerne.



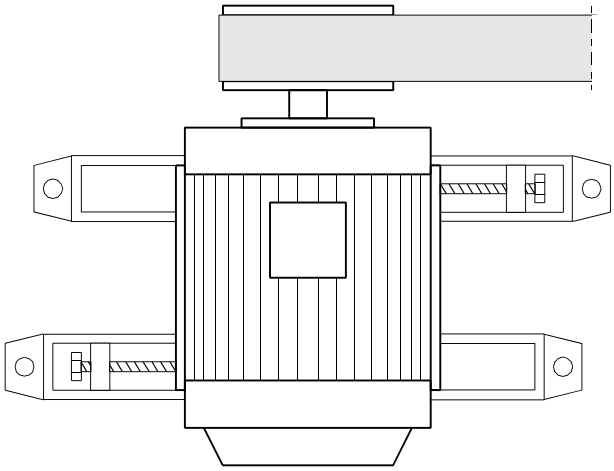
Herefter vrider man begge koblingshalvdele 90° således, at akslernes indbyrdes position er den samme, og man måler igen afstanden mellem fladerne. Dette gøres også ved 180° og 270°, det vil sige fire steder. De fire målinger bør være ens. Der bør ikke accepteres forskelle, der er større end 0,05 mm. Den bedste måde at kontrollere opretningen på er ved hjælp af indikatorure, som vist her.

De to ure sidder på hver sin del, de vil vise forskellene i både aksial og radial retning (om de er lige over for hinanden og lige langt fra hinanden). Ved langsomt at dreje akslerne rundt og samtidig aflæse udslag på urene kan man se, om det er nødvendigt at foretage justeringer. Ved opretning skal man også tage hensyn til eventuelle forandringer, der kan forekomme ved opvarmning af aksler og underlag.

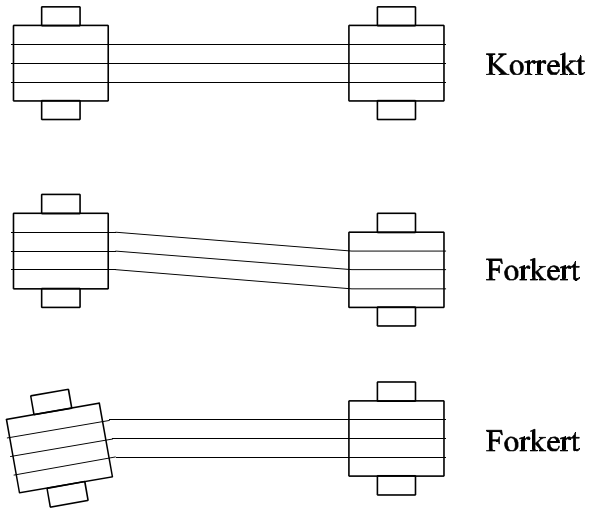
© EVU

Remtræk

Ved remtræk bør den nedre del være den trækkende. Det vil belaste motorens fastspænding mindst muligt. Hvis der benyttes spændeskinner, bør de placeres som vist her.



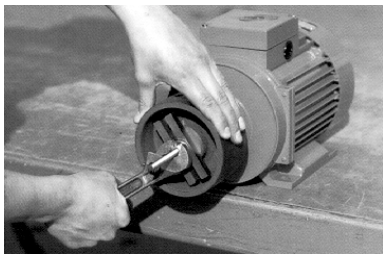
Spændeskinne nærmest remmen placeres, så skruen kommer mellem motoren og den drevne maskine. Den anden skinne skal have skruen modsat. Det er vigtigt at motoren placeres rigtigt i forhold til den drevne maskine.



Motorens aksel skal være parallel med den drevne maskines aksel. Remmene må ikke spændes for meget. En for stram rem kan være årsag til lejeskader eller akselbrud.

© EVU

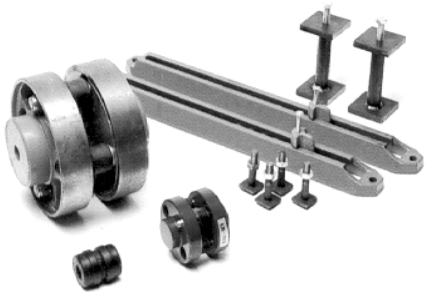
Montering af remskiver og koblingshalvdele

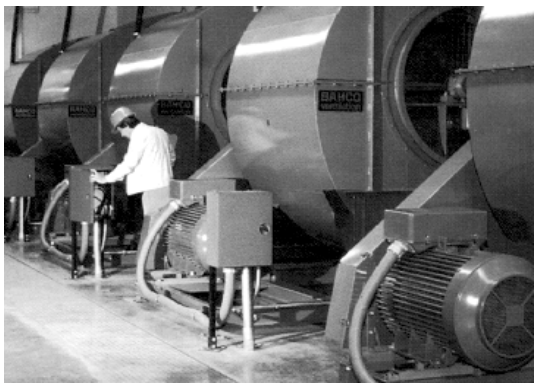


En remskive eller en koblingsdel der skal monteres på en aksel, må under ingen omstændigheder slås på. Det vil give skader på lejerne. Størstedelen af de lejefejl, der forekommer, kan føres tilbage til monteringen af remskive eller koblingshalvdel. Hvis man slår på en remskive, vil det give små ridser i lejets baner. Disse små mærker forstærkes under rotationen og vil lidt efter lidt, give afskalninger i lejet. Så remskiver skal enten opvarmes og sættes på eller klemmes på, som vist her.

Billedet viser korrekt påsætning af en remskive. Remskiven sættes halvt på og presses det sidste stykke ved hjælp af en bolt, en møtrik og et par stykker fladjern. Remskiven kan låses ved hjælp af en endeskive og en bolt. Ved demontering skal der anvendes en aftrækker.

Til sammenkobling af motor og maskine findes der forskelligt tilbehør.





Billedet til venstre viser elastiske koblinger, spændeskinner med spændehager, fastgøringsskruer og fastgøringsklodser. Billedet til højre viser motorer fastgjort på spændeskinner med remtræk til ventilatorer.

© EVU

Montering og demontering af lejer

Når et leje skal monteres på en aksel, kan man anvende kold eller varm montering. Kold montering bør kun anvendes ved små lejer og kun, når de ikke skal presses for langt. Ved varm montering varmes lejet i et oliebad eller på anden måde. Derefter presses lejet på ved hjælp af en monteringsbøsning, der passer på lejets inderring. Fedtfyldte lejer bør ikke varmes. Demontering af fejlfrie lejer bør kun forekomme i undtagelsestilfælde. Det sker alt for ofte, at et fejlfrit leje bliver ødelagt under demontering. Demontering af små og middelstore lejer kan foregå ved kold demontering, det vil sige med aftrækker. Ved fast pasning på akslen skal aftrækkeren gribe i lejets inderring. Hvis dette ikke er muligt, kan man undtagelsesvis gribe i lejets yderring, under forudsætning af at yderring og aftrækker drejes rundt ved demonteringen. Demontering af store lejer bør foregå på specialværksted. Man bør dog huske på, at man aldrig må slå på lejer, aksler og remskiver, dette vil altid give en skade på motorens lejer.

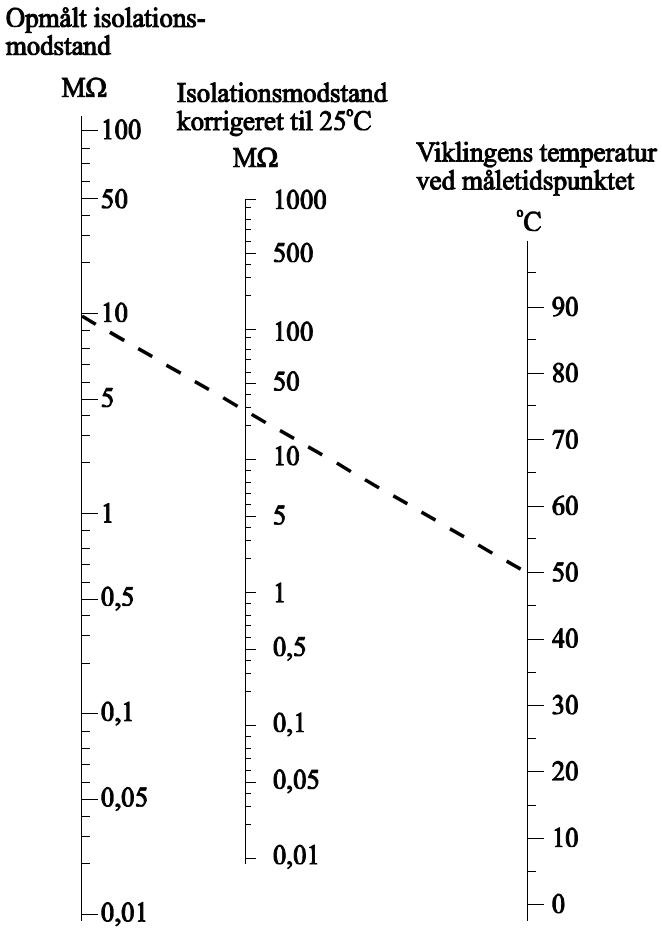
Måling af en motors isolationsmodstand

Før en elektrisk motor tages i brug første gang eller efter længere tids stilstand bør man kontrollere viklingernes overgangsmodstand. Nye motorer har dog altid en meget god isolationsmodstand. Det kan dog ske, hvis motoren har været opbevaret under meget fugtige forhold, at isolationsmodstanden er blevet for lille. Det samme kan ske, hvis en motor har stået stille i et fugtigt lokale. Det er ikke muligt at angive en bestemt minimumsværdi for isolationsmodstanden. Men man skal altid overholde de værdier, der er oplyst i Stærkstrømsbekendtgørelsen 204.1. Som en vejledning, kan man bestemme minimumsværdien efter følgende formel:

$$R_{isolation} = \frac{20 \cdot U}{1000 + 2 \cdot P} = [M\Omega]$$

© EVU

Hvor U = motorens driftspænding i volt. P = motorens effekt i kW. $R_{isolation}$ er isolationsmodstanden i M Ω.
Den beregnede værdi sammenlignes med den værdi, der kan måles ved 25 °C med en 500 volts megger i et minut. Hvis temperaturen ikke er 25 °C, når der måles, kan der korrigeres ved hjælp af et nomogram.



Normalt bør isolationsmodstanden for en ny vikling være større end den værdi, der fås efter formlen. Er måleværdien mindre end den beregnede værdi, kan årsagen være, at motoren er fugtig. Hvis det er tilfældet, kan man starte med at tørre klemmer og klemmekassen af med en tør ren klud. Derefter foretages der en ny måling. Hvis den nye måling ikke viser en højere værdi, er hele viklingen sandsynligvis fugtig, og tørring med varme er nødvendig.

© EVU

Tørring af viklinger

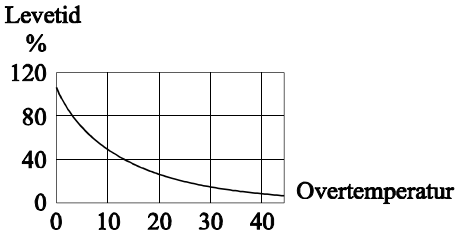
Tørring af viklinger skal foretages med en vis forsigtighed. Temperaturstigningen må ikke overstige 5 ˚C per time, og sluttemperaturen bør ikke være højere end 105 °C. For hurtig opvarmning og for høj temperatur kan føre til fordampninger af fugt i hulheder i isolationen, som derved kan ødelægges. Under tørring skal temperaturen overvåges nøje, og isolationsmodstanden måles med jævne mellemrum. Tørringen bør ikke afbrydes, før man gentagne gange har målt den samme isolationsmodstand. Den varme, der er nødvendig for tørringen, kan opnås ved hjælp af elektriske varmeapparater eller ved strømopvarmning af viklingerne. Ved strømopvarmning af viklingerne må strømmen ikke overstige 25 % af motorens mærkestrøm. Strømopvarmning må aldrig ske via kulbørster eller slæberinge, fordi der kan opstå lokale opvarmninger, der kan skade slæberingene. Ved tørring i ovn bør man begynde med kold ovn og nøje overvåge, at temperaturstigning og sluttemperatur holder sig inden for de angivne værdier.

Motorer, der skal placeres udendørs eller i fugtige omgivelser, kan forsynes med et indbygget varmeelement for at holde dem tørre i stilstandperioder. Et varmeelement på 100 watt vil i de fleste tilfælde være tilstrækkeligt for motorer på op til 50 kW. Ved asynkrone kortslutningsmotorer kan man også benytte statorviklingen til denne opvarmning. En enfasespænding på cirka 10 % af motorens mærkespænding tilsluttes da to af klemmerne.

© EVU

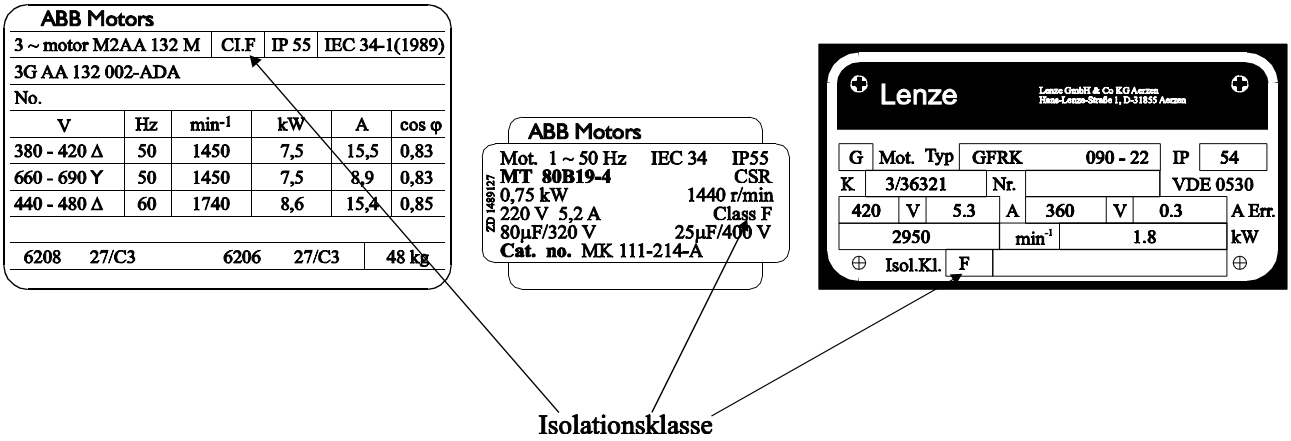
Isolationsklasser

Isolationsmaterialer er inddelt i isolationsklasser. Hver klasse har en betegnelse, der svarer til den temperatur, som er den øvre grænse for isolationsmaterialets anvendelsesområde ved normale driftsforhold og med tilfredsstillende levetid. Overskrides denne grænse med en 8-10 grader, afkortes isolationens levetid til cirka det halve.



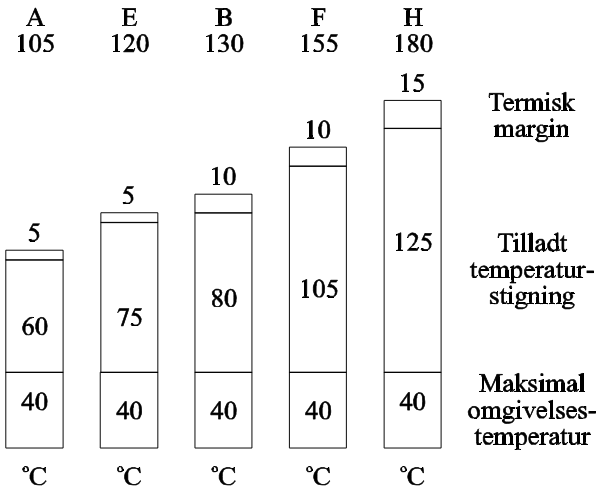
Kurven viser isolationens levetid som funktion af overtemperaturen. Ved en lille overtemperatur reduceres levetiden for isolationen betydeligt.

Hvilken viklingsisolation en motor skal have, afgøres således både af motorens temperaturstigning og den omgivende lufts temperatur. Bliver motoren udsat for en højere omgivelsestemperatur end 40 °C, er man som regel nødt til at reducere udgangseffekten eller anvende isolationsmaterialer med en højere isolationsklasse. Det er muligt ud fra en motors mærkeplade at se, hvilken isolationsklasse den pågældende motor har.



© EVU

Isolationsklassen står angivet på forskellig måde. På de tre viste mærkeplader står der henholdsvis Cl.F, Class F og Iso.kl F. Det betyder i alle tre tilfælde isolationsklasse F. De forskellige isolationsklasser er bestemt ved et bogstav.

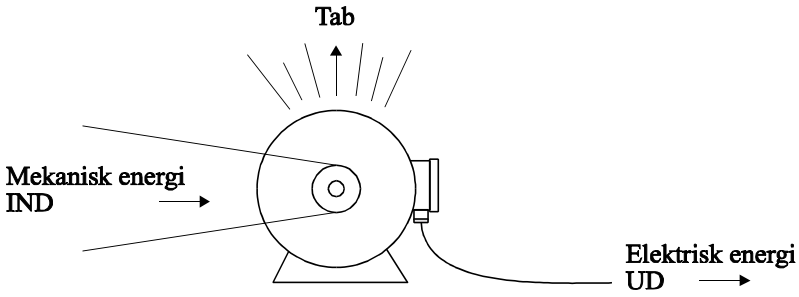


De forskellige klasser har hver sit bogstav A, E, B, F, og H. Tallet lige under bogstavet viser den maksimale temperatur, isolationen må udsættes for. Klasse F betyder, at temperaturstigningen maksimalt må være 105 K (kelvin) forudsat, at omgivelsestemperaturen ikke overstiger 40 °C. De sidste 10 grader er en sikkerhedsmargin.

© EVU

Generatorer

En generators opgave er at omsætte mekanisk energi til elektrisk energi.



Synkrongeneratorer

Vekselspændingsgeneratorer bygges i størrelser fra nogle få kW til flere hundrede MW. Generatorer kan drives på forskellig måde; fx via dampturbine, vandturbine, dieselmotor, gasmotor eller vindmølle. Dampturbinedrevne generatorer kaldes ofte for turbogeneratorer. Alle større generatorer er 3-fasede, og de er næsten altid synkrongeneratorer. Den afgivne spændingsfrekvens fra en synkrongenerator er bestemt af dens poltal og omdrejningstal.

$$f = \frac{n \cdot p}{60} = [Hz]$$

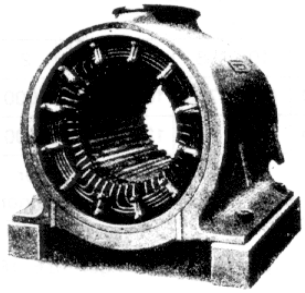
Synkrongeneratorens poltal bestemmes af drivmaskinens omdrejningstal og af den ønskede frekvens.

$$p = \frac{f \cdot 60}{n} = [polpar]$$

Tabellen her viser poltal og omdrejningstal for typiske 50 Hz synkrongeneratorer.

© EVU

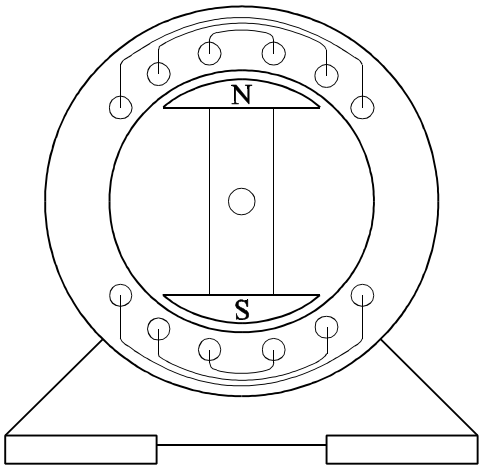
Generatorens poltal	24	20	16	14	12	10	8	6	4	2
Omdrejninger/min	250	300	375	428	500	600	750	1000	1500	3000
Typiske drivmaskiner	Vandturbiner, dieselmotorer							Damp og gasturbiner		

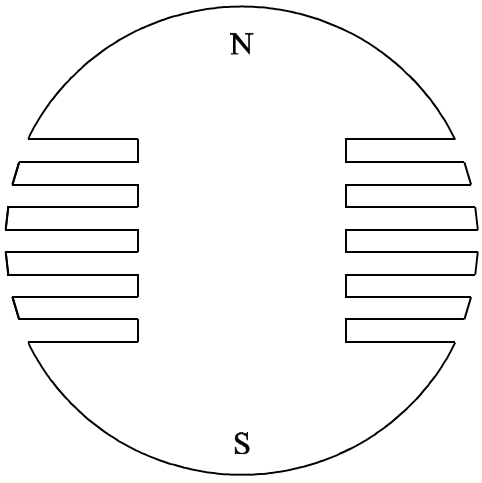


Højspændingsgeneratorer bygges normalt til spændinger fra 6 til 20 kV. Lavspændingsgeneratorer bygges normalt til 3 x 230/400 volt. Højspændingsgeneratorer på kraftværker forbindes normalt direkte til en transformer, der sætter spændingen op til transmissionsnettets spænding, som kan være 50 kV, 60 kV, 132 kV, 150 kV eller 400 kV.

En synkrongenerator består af en stator og en rotor (polhjulet). Statoren bærer de viklinger, hvori vekselspændingen induceres. Rotoren, også kaldet polhjulet, bærer magnetiseringsviklingen. Statoren er i princippet opbygget som statoren i den synkrone vekselstrømsmotor.

Rotorens (polhjulet) opbygning er bestemt af maskinstørrelsen og poltal. Polhjulet på hurtigtløbende generatorer er 2-polet. Skal den frembragte spænding have 50 Hz, så skal en 2-polet generator løbe med 3000 o/m. Rotoren kan da være udført som vist på tegningen.



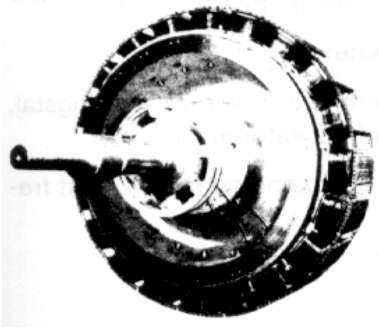


© EVU

Rotoren kan være udført, så spolesiderne lægges i noter, der er parallelle med akslen. Rotoren kan være udført af lameljern eller støbegods. Polskoenes udformning har betydning for den inducerede spændingskurveform.

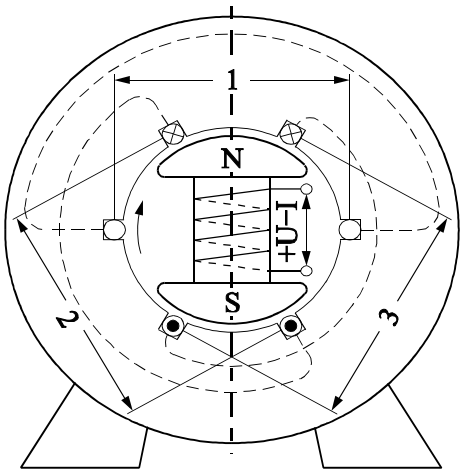
Flerpolede rotorer har en stor omkreds og kræver lavere omløbstal.

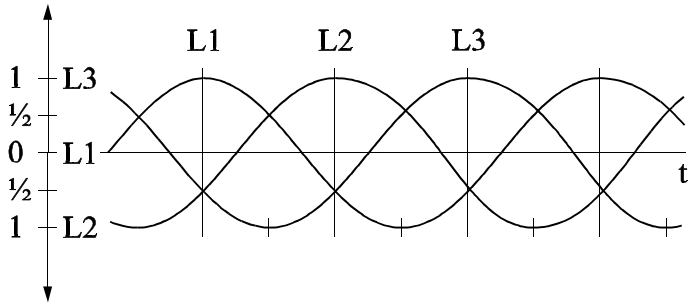
Rotorer med mange poler udføres med udprægede poler, hvor viklingen eventuelt kan lægges omkring de udprægede poler.



Rotorens (polhjulets) vikling kaldes magnetiseringsviklingen. Magnetiseringsviklingen gennemløbes af jævnstrøm. De enkelte spoler kan være forbundet i serie og kan have yderenderne ført ud til kontaktringe, hvor igennem man fører magnetiseringsstrømmen. På store maskiner, hvor der er behov for store magnetiseringsstrømme, kan der være flere kontaktringe, der er parallelforbundne med et tilsvarende antal kontaktkul.

Drejes den magnetiserede rotor rundt i statoren, induceres der en vekselspænding i statorens viklinger. Den inducerede spænding er størst, når magnetpolen passerer spolesiden. Ved korrekt udformning af rotorens poler får den inducerede spænding et sinusformet forløb.





© EVU

Den inducerede spændingsstørrelse kan beregnes ud fra denne formel.For en given generator gælder:

$$E = \Phi \cdot n \cdot k = [volt]$$

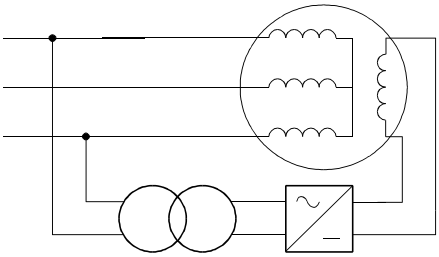
Hvor Φ er det i rotoren frembragte magnetfelt, og n er omdrejningstallet per minut, er k en konstant, der afhænger af generatorens opbygning.

Generatoren skal normalt afgive en bestemt frekvens (50 Hz).

$$f = \frac{n \cdot p}{60} = [Hz]$$

Formlen viser, at omdrejningstallet må holdes konstant, hvis man ønsker en fast frekvens. Ud fra formlen med E ses det, at det eneste der kan ændres på, når man skal have 50 Hz, er feltet, som kan ændres ved at ændre på magnetiseringsstrømmen til rotoren.

Magnetiseringsformer



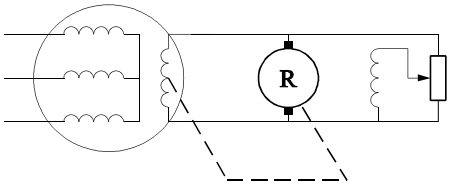
En generator kan være selvmagnetiserende, egenmagnetiseret eller fremmedmagnetiseret.

Ved selvmagnetisering tages magnetiseringsspændingen fra generatorens afgivne spænding.

En transformer omsætter spændingen til en værdi, der, når den er ensrettet, svarer til den spænding, rotoren skal have. Selvmagnetisering bruges normalt kun til mindre generatorer.

© EVU

Egenmagnetisering

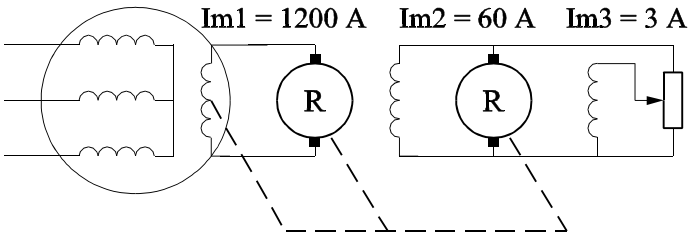


Ved egenmagnetisering er der påbygget en eller to magnetiseringsgeneratorer.

Magnetiseringsgeneratorernes rotorer er normalt anbragt direkte på den forlængede generatoraksel. Når der kun er en magnetiseringsgenerator, er denne normalt selvmagnetiserende, og dens afgivne spænding reguleres ved at regulere dens egen magnetiseringsstrøm.

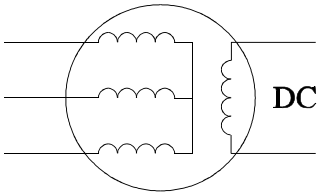
To-trins egenmagnetisering

Ved to-trins egenmagnetisering er en større og en mindre DC-generator påbygget hovedakslen.



Den største af DC-generatorerne leverer magnetiseringsstrøm til hovedgeneratorens polhjul (rotor), mens den selv bliver magnetiseret med strøm fra den mindre DC-generator, der er selvmagnetiseret. Ved at regulere den lille generators magnetiseringsstrøm fra 0-3 A reguleres magnetiseringsstrømmen i den større generator fra 0-60 A og strømmen i hovedgeneratorens magnetiseringsvikling fra 0-1200 A.

Fremmed magnetisering

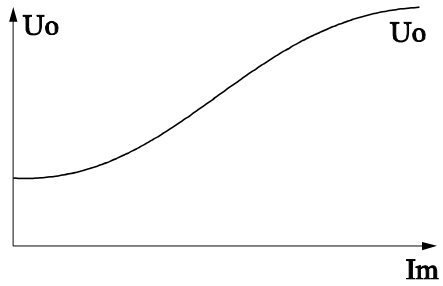


Ved store generatorer benyttes der ofte fremmedmagnetisering.

Ved fremmedmagnetisering tages magnetiseringsstrømmen fra en spændingskilde, der er elektrisk og mekanisk uafhængig af hovedgeneratoren.

© EVU

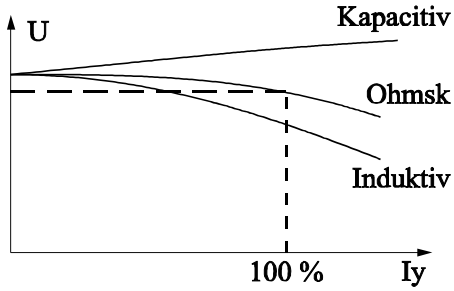
Generatorspænding, ubelastet



Ved konstant omdrejningstal og uden belastning vil generatorens afgivne spænding variere som funktion af magnetiseringsstrømmen (Im).

At kurven ikke er jævnt stigende, skyldes, at jernet mættes med magnetisme, hvilket vil betyde, at det ikke har nogen yderligere virkning at lade magnetiseringsstrømmen stige.

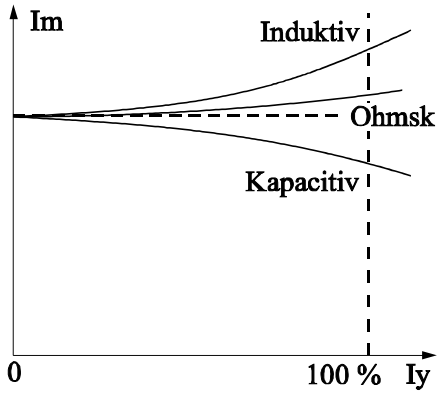
Generatorspænding, under belastning



Ved konstant magnetiseringsstrøm og konstant omdrejningstal vil generatorens afgivne spænding kun falde lidt ved stigende belastning.

Spændingen vil dog falde mere, jo mere induktiv belastningen er. Ved kapacitiv belastning kan spændingen være stigende, jo mere kapacitiv belastningen er. En ændring af magnetiseringsstrømmen vil ændre den afgivne spænding. Falder spændingen på grund af belastningen, kan der kompenseres ved at øge magnetiseringsstrømmen.

Generatorens behov for magnetiseringsstrøm afhænger både af belastning og belastningens art.



Kurverne viser, at der kræves større magnetiseringsstrøm ved stigende belastning for at holde klemspændingen konstant, når belastningen er induktiv eller ohmsk. Hvis det er kapacitiv belastning, kræves der en mindre magnetiseringsstrøm ved stigende belastning.

© EVU

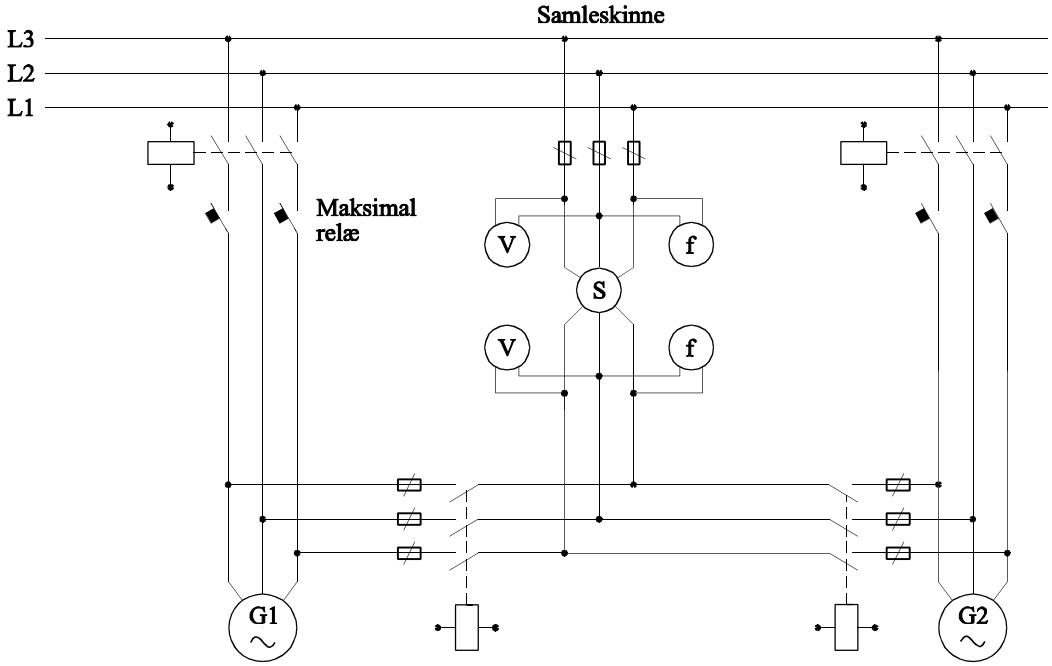
Paralleldrift

Ved paralleldrift af 3-fasede vekselstrømsgeneratorer (samkøring) er det nødvendigt at opfylde tre betingelser.

- Samme frekvens.
- Samme klemspænding.
- Samme fasefølge og faselighed.

Paralleldrift forekommer, når to eller flere generatorer leverer samtidigt til samme forsyningsnet. Som eksempel leverer alle kraftværker i Elsams område til samme net. Så alle disse generatorer må nødvendigvis opfylde de tre før nævnte betingelser.

Indkobling af en generator på nettet skal foregå efter en bestemt rækkefølge. Tegningen viser, hvordan generatorer kan være tilsluttet nettet (samleskinnen).



© EVU

Indkoblingen af en generator på nettet foregår på følgende måde:

Frekvens:

Omløbstallet reguleres således, at generatorspændingens frekvens svarer til nettets frekvens. De to frekvenser aflæses på frekvensmeterne.

Spænding:

Magnetiseringsstrømmen reguleres således, at generatorspændingen svarer til nettets spænding. Spænding på net og generator kan aflæses på de to voltmetre.

Faseføl ge og faselighed:

Før indkobling må generator og net have samme faseføl ge og faselighed. Til kontrol af faseføl ge og faselighed kan der anvendes synkronoskop og synkroniseringslamper eller voltmetre.

Når alle betingelserne er opfyldt, kan indkobling finde sted. Indkobling og kontrol af de tre betingelser udføres normalt med automatisk udstyr. Efter indkobling kan generatoren bringes til at levere energi til nettet ved at tilføre drivmaskinen mere energi.

Regulering af generatorer:

Ved regulering af vekselstrømsgeneratorer må der skelnes mellem generatorer, der kører alene og generatorer, der er tilsluttet nettet. De områder der kan reguleres, er spænding, frekvens, belastning og reaktiv effekt.

Generator alene (Ø-drift)

Hvis en generator kører alene, kan det blive nødvendigt at regulere spænding og frekvens ved stigende belastning. Spændingen reguleres op ved at øge magnetiseringsstrømmen, frekvensen reguleres op ved at øge drivmaskinens omdrejningstal.

© EVU

Generator på nettet (paralleldrift)

For generatorer indkoblet på nettet vil forholdene være anderledes. Forsøg på at ændre frekvensen ved at tilføre drivmaskinen mere energi vil blot resultere i, at generatoren overtager en større del af belastningen, med mindre generatoren er stor nok til at overtage hele belastningen. Reguleres magnetiseringen, ændres den reaktive effekt, idet generatoren er tvunget til at holde den samme spænding som nettet. Undermagnetiseres generatoren, optager den reaktiv effekt, svarende til en induktiv belastning.

Overmagnetiseres generatoren, afgiver den reaktiv effekt, svarende til en kapacitiv belastning.

Det vil så betyde, at faseforskydningen på nettet kan reguleres ved at over- eller undermagnetisere generatoren.

De enkelte reguleringsområder kan reguleres ved hjælp af automatisk udstyr.

Stop af generatoren

Hvis en generator skal stoppes, skal den først aflastes helt. Dette gøres ved at tilføre drivmaskinen mindre energi. Herefter kan forbindelsen til nettet afbrydes, magnetiseringen nedreguleres, og til sidst standses drivmaskinen.Store generatorer må ikke standses helt, men skal tørnes langsomt med lavt omdrejningstal, fx med en omdrejning/min.

Hvis en generator, med stor samlet aksellængde og høj temperatur standses helt, kommer akslen til at bue og kan aldrig rettes igen.

© EVU

 © EVU

Jævnstrømsmaskiner

I afsnittet om jævnstrømsmaskiner er der benyttet forbetegnelsen DC, i stedet for ordet jævnstrøm, fx DC-motor og DC-generator.

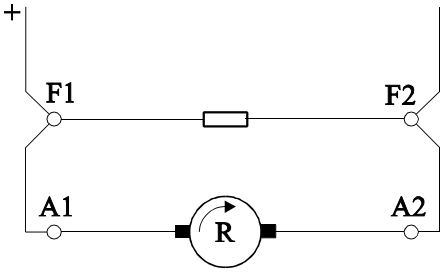
DC er forbogstaverne i den engelske benævnelse "direct current", som direkte oversat betyder jævnstrøm.

DC-maskiner anvendes meget i såvel industrien som i trafikmidler, fx i dieselelektriske tog.

DC-motorer har større startdrejningsmoment (det mindste moment motoren udvikler, når den i stilstand påtrykkes mærkespændingen) end AC-motorer ved samme startstrøm. Desuden giver DC-motorer mulighed for på en nem måde at regulere hastigheden trinløst samt at anvende motoren direkte som reserveanlæg i forbindelse med et akkumulatorbatteri.

I beskrivelsen af opbygningen benyttes benævnelsen "stator" for den stationære del og benævnelsen "rotor" for den roterende del. Endvidere ses ofte benævnelsen "børster" for kontaktkullene.

DC-motorens rotor er mere kompliceret i opbygning end AC-motorens rotor. Dette gør DC-maskinen dyrere og giver mere vedligeholdelse.

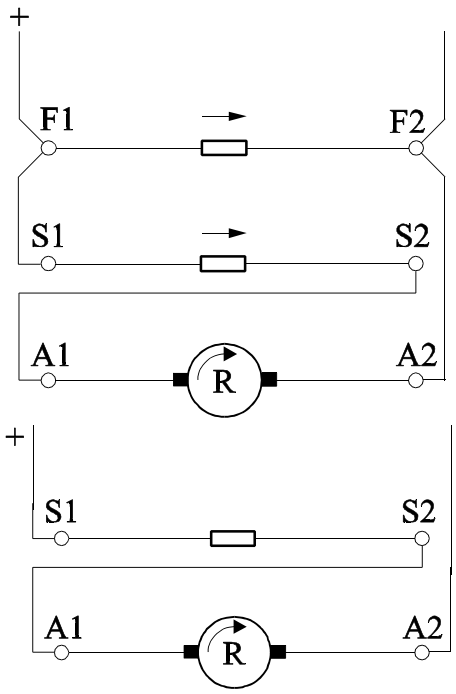


Der bygges tre hovedtyper af DC-maskiner, og alle er benævnt efter statorviklingens og rotorviklingens indbyrdes forbindelsesmåde.

En motor, hvor statorviklingen og rotorviklingen er parallelforbundet, kaldes en shunt-maskine.

Hvis viklingerne er serieforbundet, kaldes det en serie- maskine.

© EVU



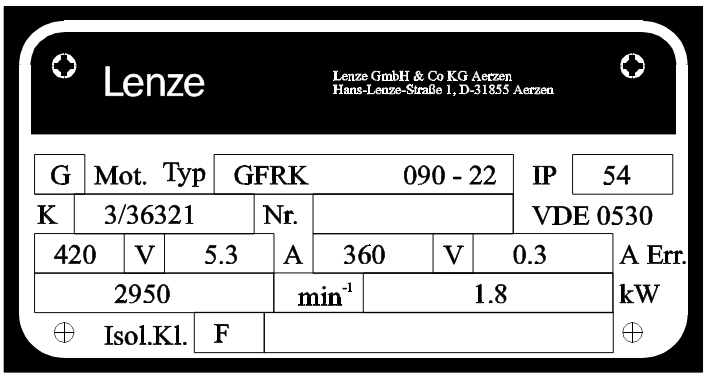
Hvis motoren både er forsynet med en serievikling og en shuntvikling, kaldes den en kompoundmaskine. Kompound betyder blanding.

Hver af de ovennævnte maskiner har specielle egenskaber. For motorer vedrører disse specielle egenskaber drejningsmomentet, og hvor gode de er til at holde omdrejningstallet ved variabel belastning. Som generatorer har de forskellige egenskaber med hensyn til at holde spændingen ved variabel belastning.

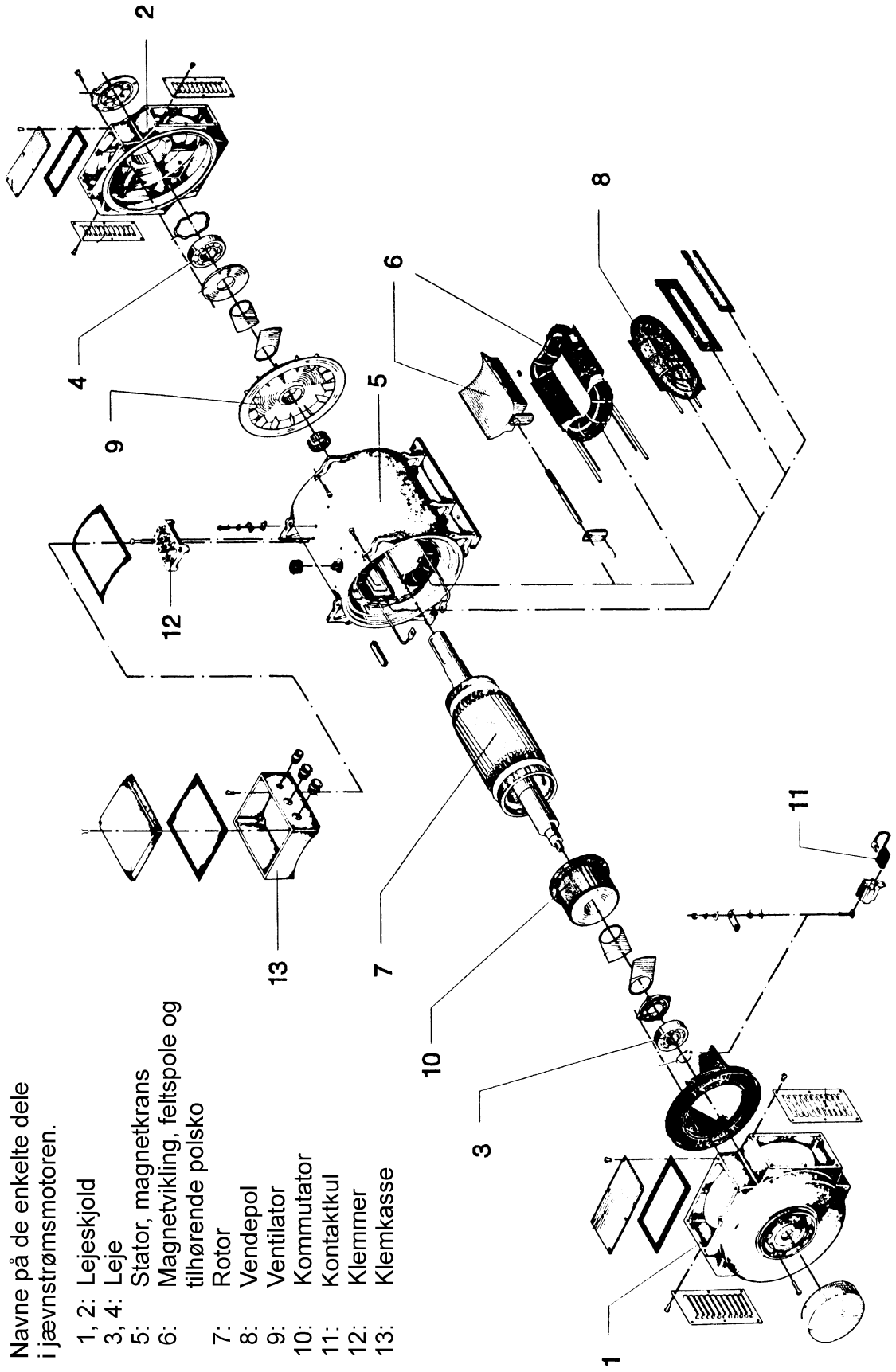
Som det ses af de foregående tegninger, bruges der bogstaver til at benævne de forskellige viklingsender. Disse benævnelser er blevet moderniseret med tiden, og derfor vil de være benævnt som følger i nye motorer.

Ankervikling:	A
Vendepolsvikling	B
Serievikling:	C
Shuntvikling	D/E/F afhængig af, hvilken type shuntvikling det er

Den efterfølgende tegning viser et eksempel på en mærkeplade fra en jævnstrømsmotor.



 © EVU


Navne på de enkelte dele i jævnstrømsmotoren.
1, 2: Lejeskjold
3, 4: Leje
5: Stator, magnetkrans
6: Magnetvikling, feltspole og tilhørende polsko
7: Rotor
8: Vendepol
9: Ventilator
10: Kommutator
11: Kontaktkul
12: Klemmer
13: Klemkasse
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

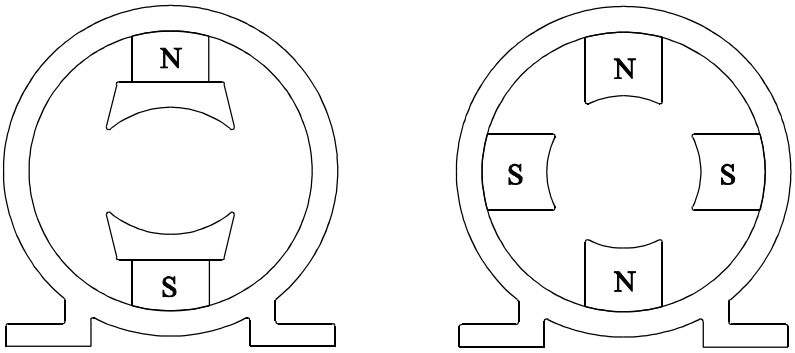
© EVU

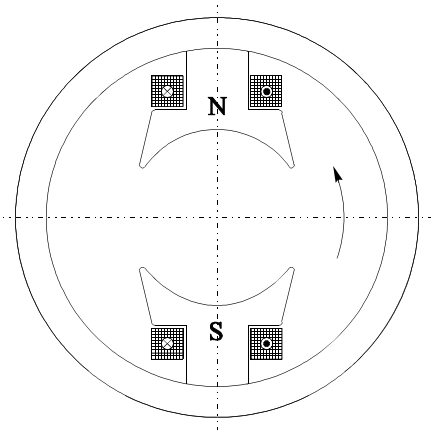
Opbygning

DC-maskinen består af tre hoveddele; statoren, rotoren og lejeskjoldene.

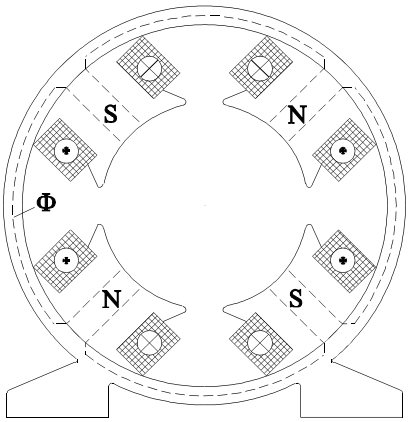
Statoren

Statoren er udført som en magnetkrans.





2-polet magnetsystem



4-polet magnetsystem

Magnetkransen fremstilles af støbejern, pladestål eller lamineret jern, der er udformet som en cylinder. På magnetkransens udvendige side kan der være monteret en fod for fastgørelse af motoren.

Indvendig er magnetkransen forsynet med to eller flere polkerner (altid lige antal). Polkernerne kan være af massivt jern eller lamineret. Polkernerne er forsynet med polsko, der altid er af lameljern. Polkerner og polsko kan være opbygget som én enhed og er så altid opbygget af lameljern.

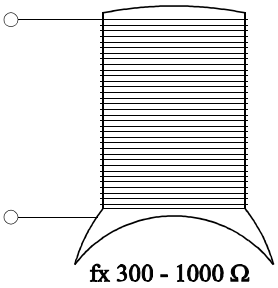
Hvis motoren skal drives med pulserende jævnspænding, som vil være det mest almindelige i dag, skal både magnetkrans, polkerne og polsko være opbygget af lameljern for at undgå unødig opvarmning på grund af hvirvelstrømme.

Magnetviklingens spoler er anbragt omkring polkernerne. Magnetviklingen benævnes ofte feltviklingen eller feltet.

Magnetviklingen består af to eller flere spoler. Spolerne er normalt serieforbundne.

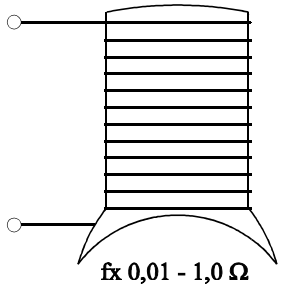
Store maskiner kan have 6- eller 8-polet stator.

© EVU



I shuntmaskiner er strømmen i magnetviklingen uafhængig af strømmen i rotoren.

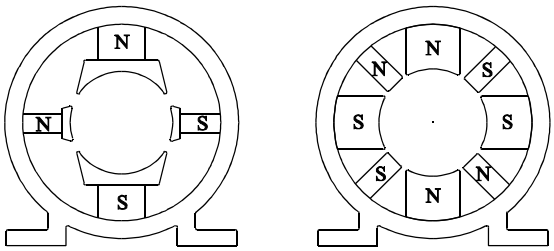
Der kan da arbejdes med en lille strøm i magnetviklingen, men det kræver et stort vindingsantal, når der skal dannes et kraftigt felt. Det store vindingstal giver stor modstand i viklingen, typisk 10-1000 Ω, afhængig af motorstørrelsen.



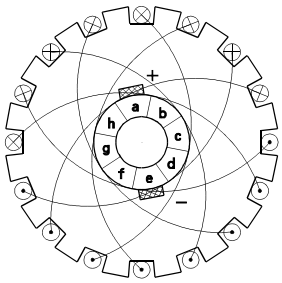
I seriemaskiner gennemløbes magnetviklingen af rotorstrømmen, der kan have en stor værdi. På grund af den store strøm skal viklingens spoler fremstilles af svær tråd, men vindingstallet kan være lille. Det lille vindingstal og den svære tråd giver lille modstand i viklingen, typisk under 2 Ω.

Normalt forsynes DC-maskiner med vendepoler. Vendepolerne er anbragt midt imellem hovedpolerne. Deres spoler er serieforbundne med rotoren og gennemløbes derfor af rotorstrømmem. Vendepolerne forsynes normalt ikke med polsko.

Vendepolernes formål gennemgås senere under motorens virkemåde.



Rotoren



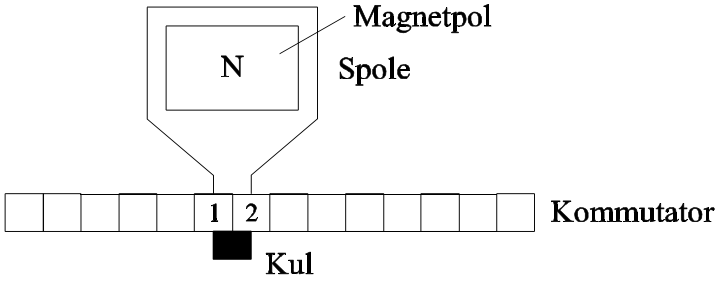
Da rotoren roterer i et stillestående magnetfelt, udsættes den uafbrudt for ændringer af de magnetiske forhold. Derfor udføres rotoren altid af lamineret jern.

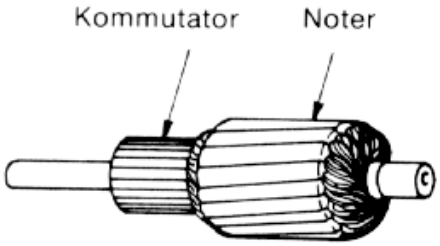
Jernpladerne, der danner rotorkernen, har et tyndt isolationslag på den ene side. I periferien udstanses hak, der danner noter til spolerne.

Når pladerne presses på akslen, drejes de i forhold til hinanden, så noterne, som hakkene danner, ikke kommer til at forløbe parallelt med akslen, men derimod skråt i forhold til denne.

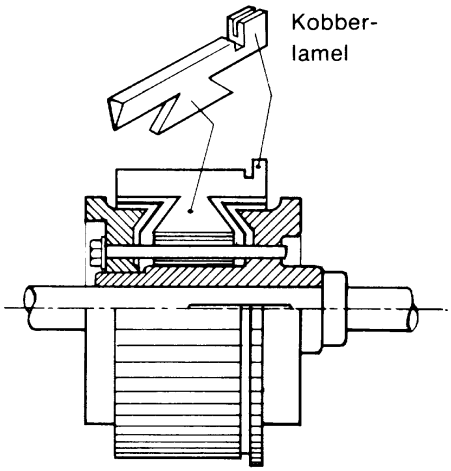
© EVU

Rotorspolernes sider anbringes i noterne og spoleenderne føres ud til kommutatorens kobberlameller, så enderne fra en spole føres ud til to nabolameller.

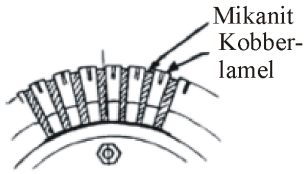




Spolerne fastholdes i noterne af langsgående kiler, bestående af isolationsmateriale. Omkring spoleenderne, der føres til kommutatorlamellerne, lægges der en bandage af hampe eller nylonsnor.



Antallet af kommutatorlameller svarer til antallet af spoler. Lamellerne er indbyrdes isoleret fra hinanden.

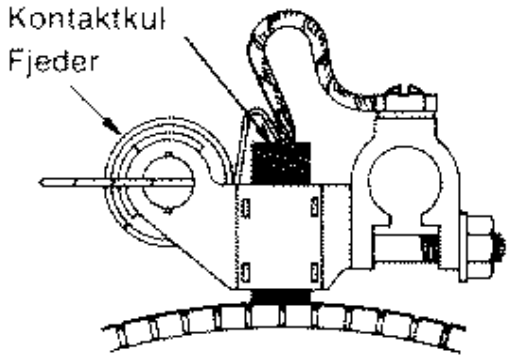


Kobberlamellerne og isolationen, der tilsammen danner kommutatoren, fastholdes på akslen af to ringe, der består af isolermateriale.

Overføring af strøm mellem maskinens indre og ydre kredsløb sker med kontaktkul, som er fjederbelastede og anbragt i faste holdere i lejeskjoldet.

Kontaktfladen på kullene skal have samme runding som kommutatorens overflade.

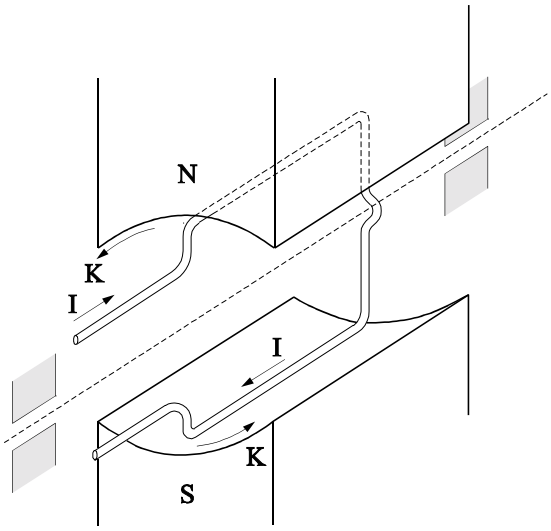
© EVU



Virkemåde

Motorens virkemåde bygger på princippet om magnetpolers gensidige påvirkning.

Sendes en strøm igennem en elektrisk leder, som befinder sig i et magnetfelt, vil der dannes et magnetfelt omkring lederen, der vil forsøge at bringe lederen ud af feltet. Den kraft lederen vil blive påvirket af, vil være afhængig af magnetfeltets styrke og den strøm der går i lederen. Bevægelsesretningen kan bestemmes ud fra følgende regel:



Man anbringer sin højre hånd således, at kraftlinierne går ind i håndfladen og fingerspidserne peger i strømretningen. Lederen vil da bevæge sig til lillefingersiden.

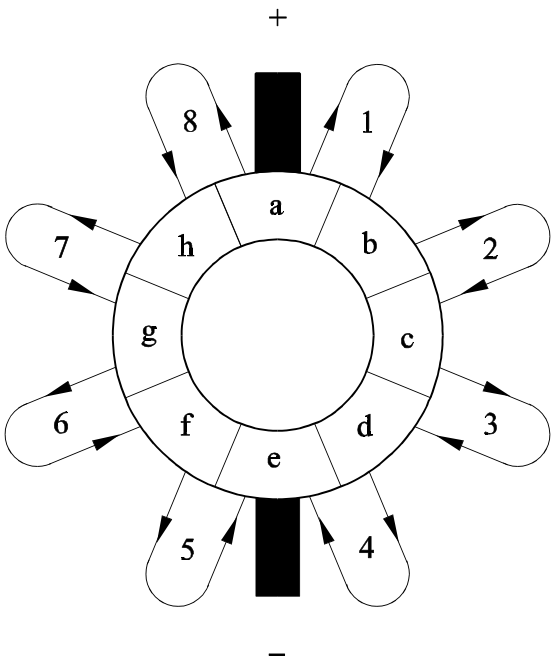
I jævnstrømsmotorer er magnetfeltet normalt faststående, medens lederne er ophængt drejelig om deres

© EVU

akse. Lederne er fordelt på hele rotorens omkreds og er anbragt i noter for at gøre luftspalten mellem magnetpol og rotor så lille som muligt.

Kommutatoren sørger for, at strømretningen hele tiden er den samme for alle ledere, der befinder sig under nordpolen og tilsvarende for de ledere, der befinder sig under sydpolen, dog med modsat strømretning.

Tilføres spolerne en spænding ved to diametrale punkter på kommutatoren, fordeler strømmen sig som vist på billedet.

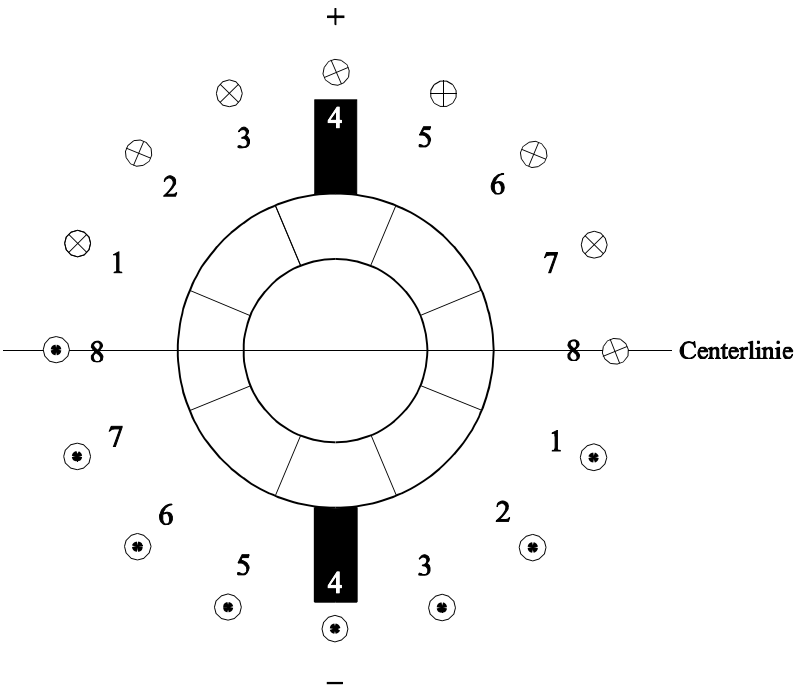


Rotor med »udfoldede« spoler

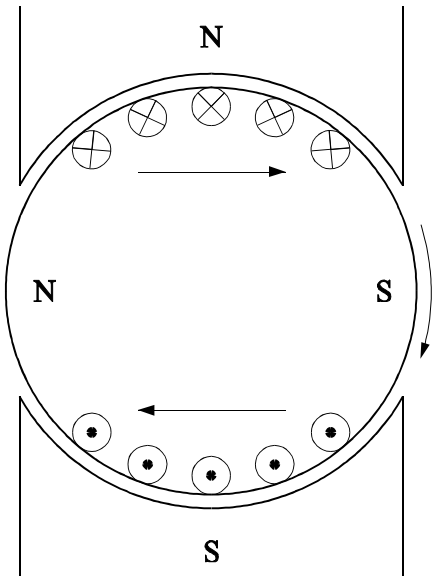
Drejes rotoren højre om, så kullene danner kontakt med lamellerne h og d, skifter strømmen retning i spolerne 4 og 8.

Når kontaktkullene kontakter to nabolameller, er spolen, som er ført til disse lameller, kortsluttet, så strømmen bliver nul for derefter at få modsat retning.

© EVU



Strømretninger og samhørighed mellem spolesiderne.



Det er stadig således, at spolesiderne over centerlinien alle har samme strømretning, og alle spolesiderne under centerlinien har modsat strømretning.

Disse forhold er fortsat til stede, uanset hvor mange grader rotoren drejes, og uanset hvor mange omdrejninger der foretages.

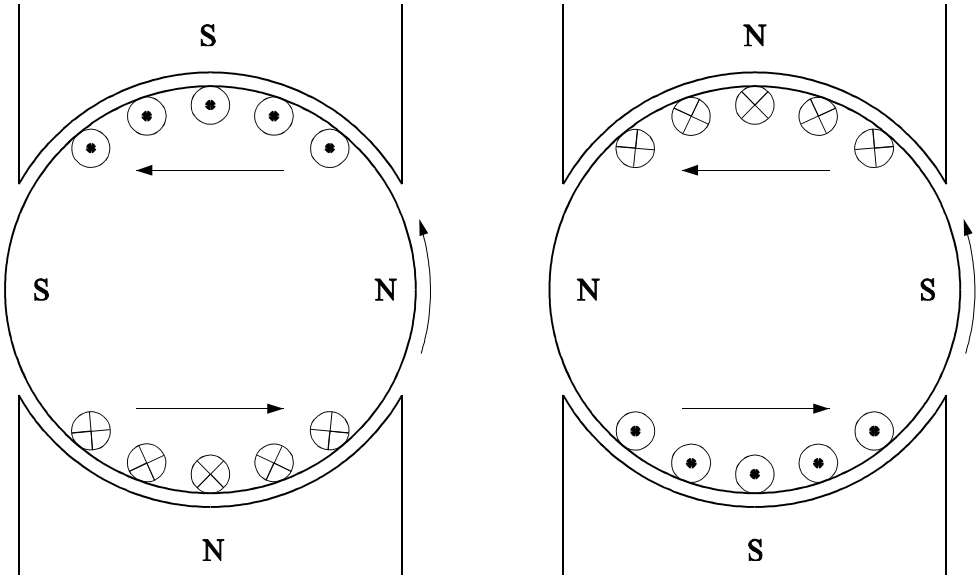
Anbringes rotoren i et magnetisk felt med sydpol øverst og nordpol nederst, skubbes siderne med X-strømretning mod højre og spolesiderne med •-strømretning mod venstre, og rotoren drejes højre om i henhold til reglen fra motorprincippet.

Da spolesiderne under S fortsat har X-strømretning og spolesiderne over N fortsat har •-strømretning, får rotoren en jævn drejende bevægelse højre om.

© EVU

Ændres strømretningen i rotorledningerne, ændres omdrejningsretningen.

Ændres strømretningen i feltspolerne, ændres omdrejningsretningen også.

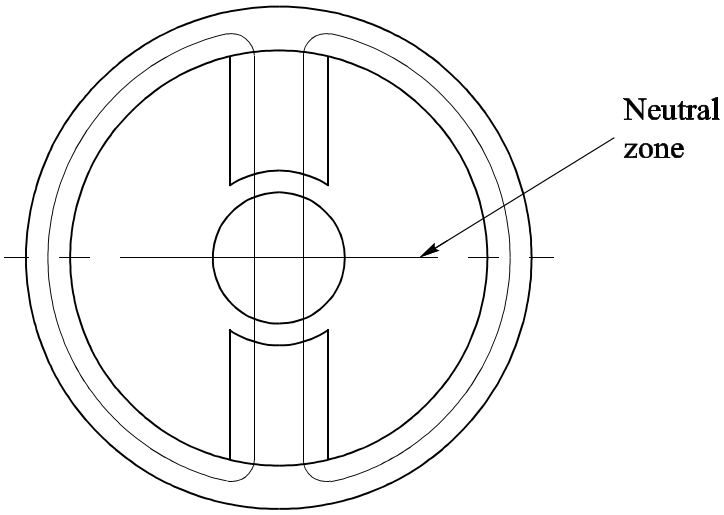


Ud fra de tre billeder kan man se, at ændret strømretning på feltet eller rotoren giver en modsat omdrejningsretning, hvorimod ændret strømretning på både feltet og rotoren ingen ændring giver. Det er derfor ikke nok at ændre polaritet til motoren for at ændre omdrejningsretning. Det er nødvendigt at omkoble selve motorens forbindelser.

Vendepolernes virkemåde

Når et kontaktkul danner kontakt på to af kommutatorens nabolameller samtidig, er den spole, der er tilsluttet de to lameller, kortsluttet.

© EVU



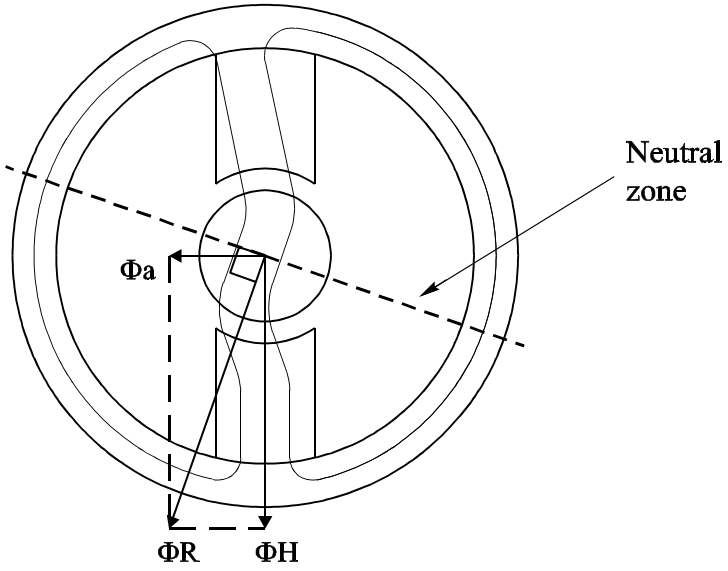
For at få en gnistfri kommutering er det nødvendigt, at kullene er anbragt således, at de kun kortslutter de spoler, som befinder sig i den neutrale zone.

Det vil sige, at den spole, der kortsluttes, skal befinde sig midt mellem nord- og sydpol, da det er det eneste sted, hvor der ikke induceres spænding i spolen.

Ved tomgang er den neutrale zone placeret vinkelret på magnetfeltet på grund af den ringe rotorstrøm.

Ved belastning vil strømmen i rotorviklingerne danne et magnetfelt på tværs af hovedfeltet. Dette vil virke svækkende på hovedfeltet, da begge felters kraftlinier forløber i rotorjernet, og der vil ske en drejning af den neutrale zone.

© EVU



Ved stigende belastning vil drejningen af den neutrale zone øges. I motorer drejer den neutrale zone **mod** omdrejningsretningen. I generatorer drejer den neutrale zone **med** omdrejningsretningen.

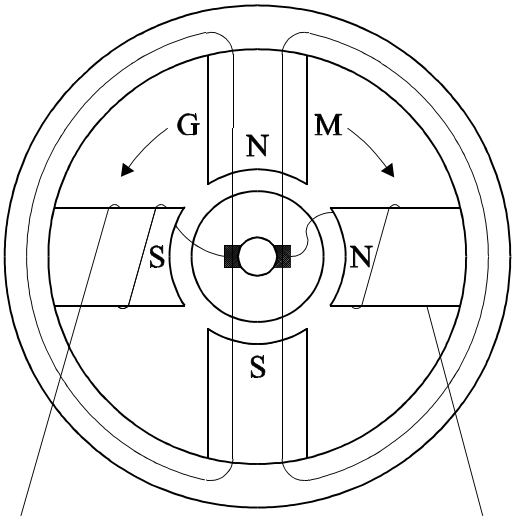
Er maskinen monteret med vendepoler, vil disse kunne fastholde den neutrale zone, når belastningen holdes inden for maskinens normale belastningsområde.

Vendepolerne skal danne et felt af samme styrke som rotorens tværfelt, men modsat rettet.

Drejer det sig om en motor, skal der efter en hovedpol følge en vendepol med samme polaritet, regnet i omdrejningsretningen.

© EVU

I en generator skal der efter en hovedpol følge en vendepol med modsat polaritet.



Vendepolerne skal kunne give et magnetfelt, der er proportionalt med strømmen i rotoren, derfor er de koblet i serie med rotoren. Ved brug af vendepoler opnås der yderligere en "sidegevinst". Det kan ikke helt undgås, at der dannes gnister ved kullene, uanset hvor godt vendepolerne er dimensioneret. Disse gnister laver elektrisk støj tilbage i forsyningen. Denne støj er ret højfrekvent. Støjen skal passere vendepolerne for at komme ud i forsyningsnettet, og da vendepolerne er spoler, vil de virke dæmpende på de høje frekvenser.

Den modelektromotoriske kraft

Når rotoren er i omdrejninger, overskæres magnetfeltets kraftlinier af spolesiderne, så der induceres en spænding i spolerne.

Spændingens størrelse bestemmes af magnetfeltets styrke, af omdrejningstallet og af en talkonstant, hvori spolernes vindingstal og sidelængde indgår.

Den elektromotoriske kraft kan udregnes med følgende formel:

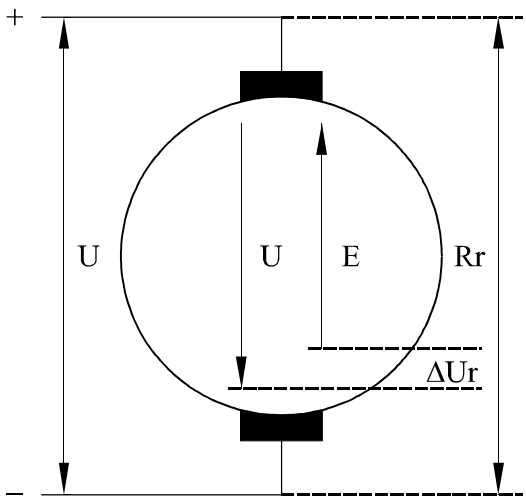
$$E = \Phi \cdot n \cdot k$$

© EVU

Spændingens retning bestemmes ifølge generatorprincippet af magnetfeltets retning og af ledernes bevægelsesretning.

Den inducerede spændings retning bliver modsat den tilførte spændings retning og betegnes derfor som modelektromotorisk kraft, der benævnes Em.

$$Em = \Phi \cdot n \cdot k$$



Rotorens strøm

Strømmen i spolerne er ikke blot bestemt af modstanden i rotorkredsen og den tilførte spændingsstørrelse, men også af den modelektromotoriske kraft.

Regneeksempel

En motor med en modstand på 4 Ω tilsluttes en forsyningsspænding på 230V.

I det øjeblik motoren tilsluttes spænding, vil rotoren stå stille, derfor vil der ikke induceres nogen modelektromotorisk kraft. Strømmen kan derfor udregnes som:

$$Ir = \frac{U - Em}{Rr} = \frac{230 - 0}{4} = 55A$$

© EVU

Denne strøm er den størst mulige, der kan forekomme og kan anses for startstrømmen, når der ikke benyttes igangsætterudstyr.

Med denne strøm vil rotoren begynde at rotere, og der vil induceres en modelektromotorisk kraft, afhængig af rotorens omdrejningstal. Ved 2100 o/m vil der induceres en modelektromotorisk kraft på fx 210V.

$$Ir = \frac{U - Em}{Rr} = \frac{230 - 210}{4} = 2{,}5A$$

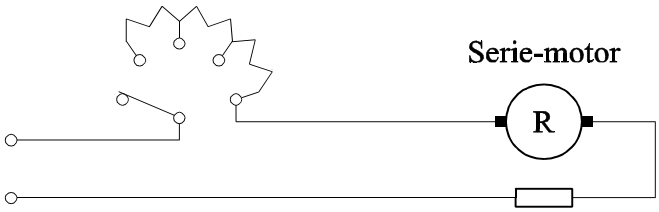
Som det ses af beregningerne, falder strømmen, når omdrejningerne stiger. Herved stabiliserer motoren sig på et vist omdrejningstal, hvor drejefeltets styrke netop opvejer den modstand der er i lejer og evt. ventilation. Den effekt,. der optages, kaldes tomgangseffekten, der kan udregnes som:

$$Ptab = U \cdot I_{tomgang} = 230 \cdot 2{,}5 = 550W$$

Disse udregninger er forenklet en del, da der ikke tages hensyn til, hvilken type motor der anvendes Endvidere tages der ikke hensyn til spændingsfald over kul, og om magnetfeltet er konstant. Men udregningerne skulle gerne give et billede af den optagne strøm i forhold til omdrejningstallet.

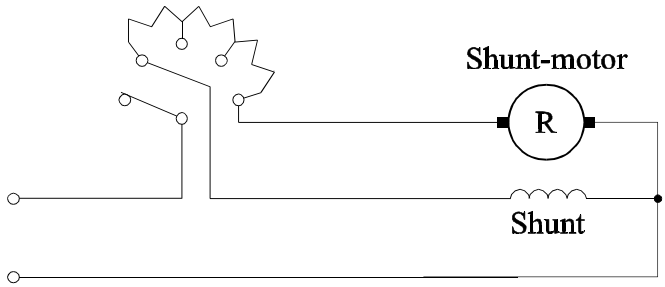
Startstrømme

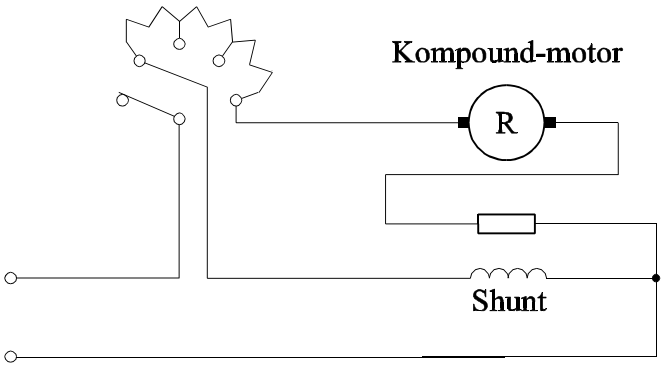
Der kan normalt ikke accepteres en startstrøm som vist i det foregående eksempel, derfor anvendes der ofte en igangsætter til at begrænse startstrømmen til en størrelse på 1,5-3 gange fuldlaststrømmen.



Begrænsningen kan opnås ved at sætte modstande i serie med motoren for derved at få en større samlet modstand. Man kan også sige, at motoren påtrykkes en mindre spænding i opstartfasen. Denne igangsætter er ofte opbygget af et antal modstande, der gradvis kan udkobles i samme takt, som motoren starter op.

© EVU





Disse typer igangsættere vil sjældent anvendes i dag, da de har den ulempe, at der afsættes meget varme i dem under start, indtil de er udkoblet. I dag vil man i stedet anvende elektroniske igangsættere.

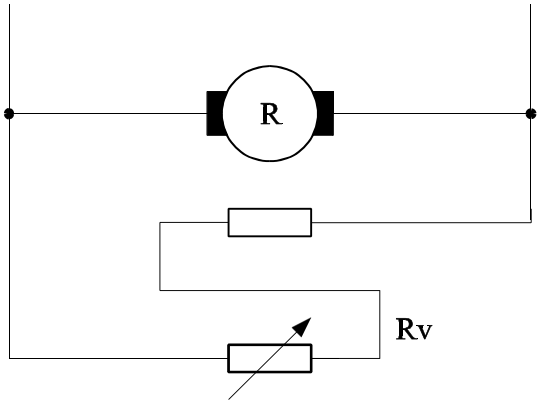
De moderne elektroniske igangsættere har yderligere den fordel, således at de kan anvendes til regulering af omdrejningstallet.

Regulering af omdrejningstallet

Shuntmotoren har gode reguleringsmuligheder. Ønskes der en nedregulering under nominelt omdrejningstal, er man nødt til at reducere forsyningsspændingen. Ønsker man derimod at opregulere omdrejningstallet, kan det gøres ved at formindske magnetfeltet. Når magnetfeltet formindskes, skal rotoren øge sit omdrejningstal, at den samme modelektromotoriske kraft kan induceres.

© EVU

Denne form for regulering kan ske ved at indsætte en variabel modstand i serie med shuntviklingen.



Man skal imidlertid sikre, at strømmen til magnetiseringsviklingen ikke bliver for lille eller afbrydes helt, da det vil resultere i, at rotoren skal op i meget høje omdrejningstal for at inducere den nødvendige modelektromotoriske kraft. Dette omdrejningstal ligger normalt så højt, at rotoren ødelægges pga. udslyngning af viklingerne.

Seriemotoren kan i princippet ikke hastighedsreguleres, da hastigheden vil afhænge af, hvor stor belastning der er på motoren. Magnetfeltet laves af serieviklingen, der gennemløbes af samme strøm som rotoren. Hvis motoren er ubelastet, vil strømmen falde, når rotoren accelererer. Herved falder magnetfeltets styrke, da det er den samme strøm, der går i serieviklingen. Rotorens hastighed stiger så yderligere for at inducere den nødvendige modelektromotoriske kraft. Dette resulterer normalt i en ødelagt rotor pga. et meget højt omdrejningstal.

Seriemotoren må aldrig startes ubelastet.

Kompound-motoren kan hastigreguleres på samme måde som shunt-motoren, og der skal tages de samme forholdsregler med hensyn til nedregulering af magnetiseringen.

© EVU

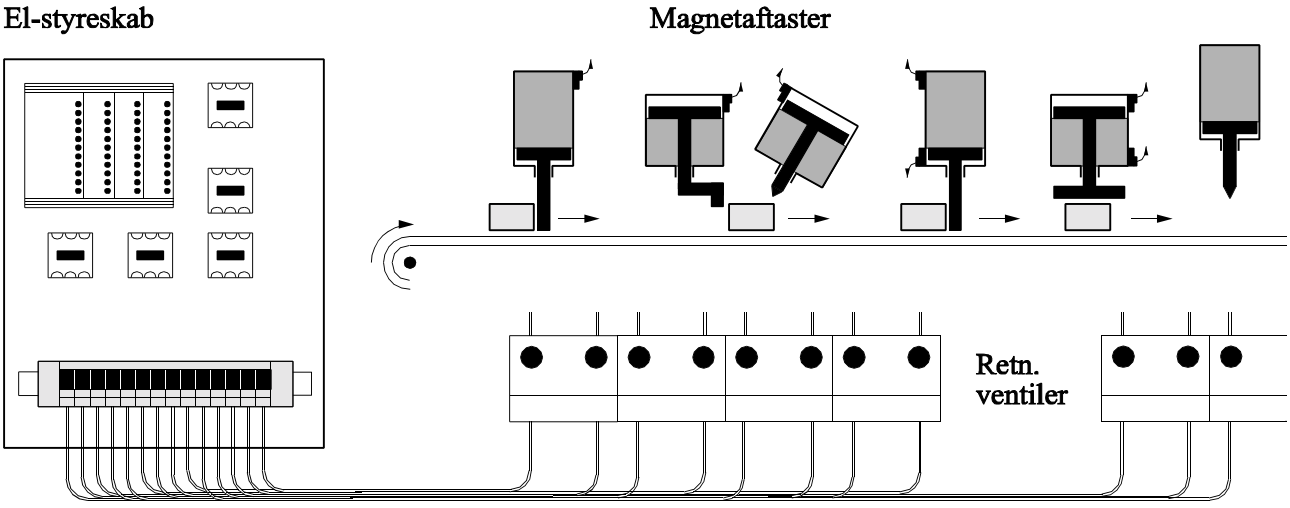
 © EVU

Afsnittet indeholder:

- **Eksempler på anvendelse af pneumatik**
- **Luftforsyning**
- **Mættet luft herunder regneeksempler**
- **Pneumatiske komponenter**
- **Funktionsdiagrammer (vej- tid)**
- **Luftkvalitet**
- **Logiske funktioner - sammenligning (elektriske, pneumatiske, elektroniske)**

Pneumatik

I automatiske anlæg er der ofte brug for at fastholde, standse eller flytte de emner, der bearbejdes. Til disse opgaver bruges normalt trykluftscylindre, der styres af elektriske signaler fra en PLC.



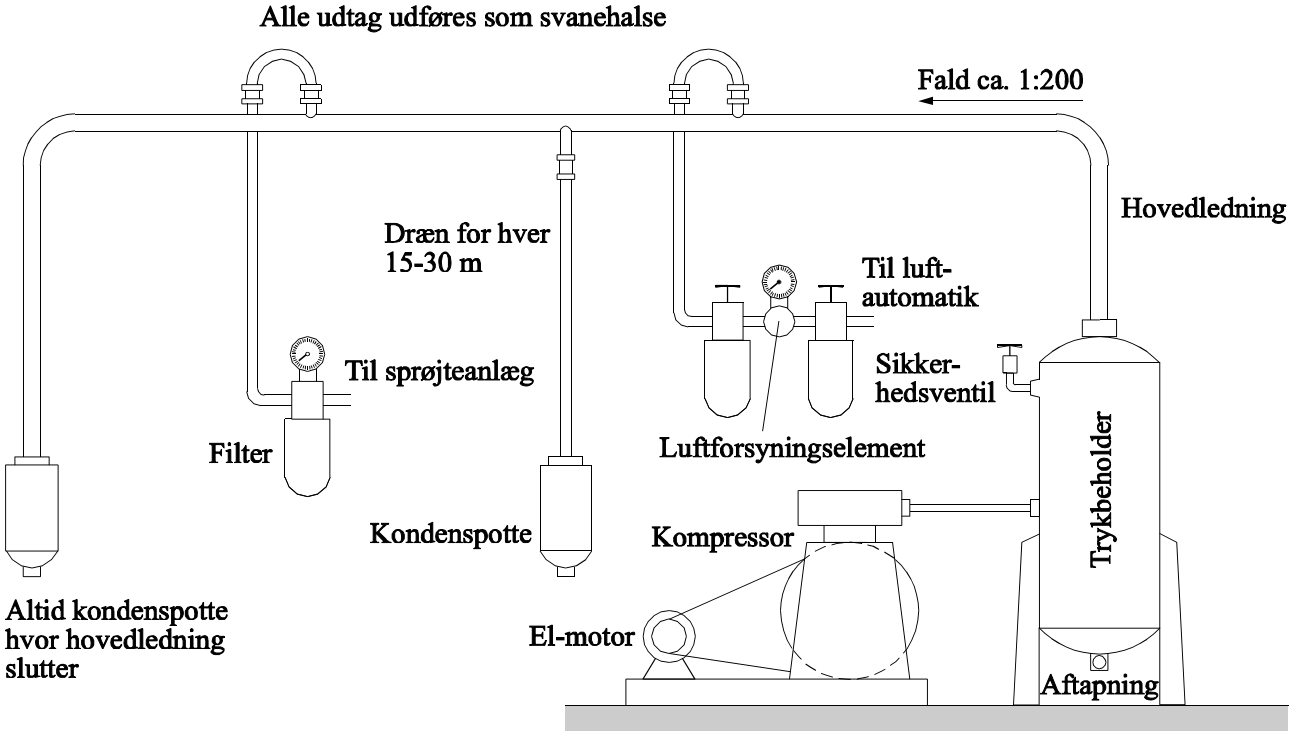
(1) PLC (2) Relæer (3) Elektro-pneumatisk interface

Ved et pneumatisk system forstås et anlæg, der anvender trykluft som energikilde. Navnet pneuma er græsk og betyder luft.

© EVU

Luftforsyning

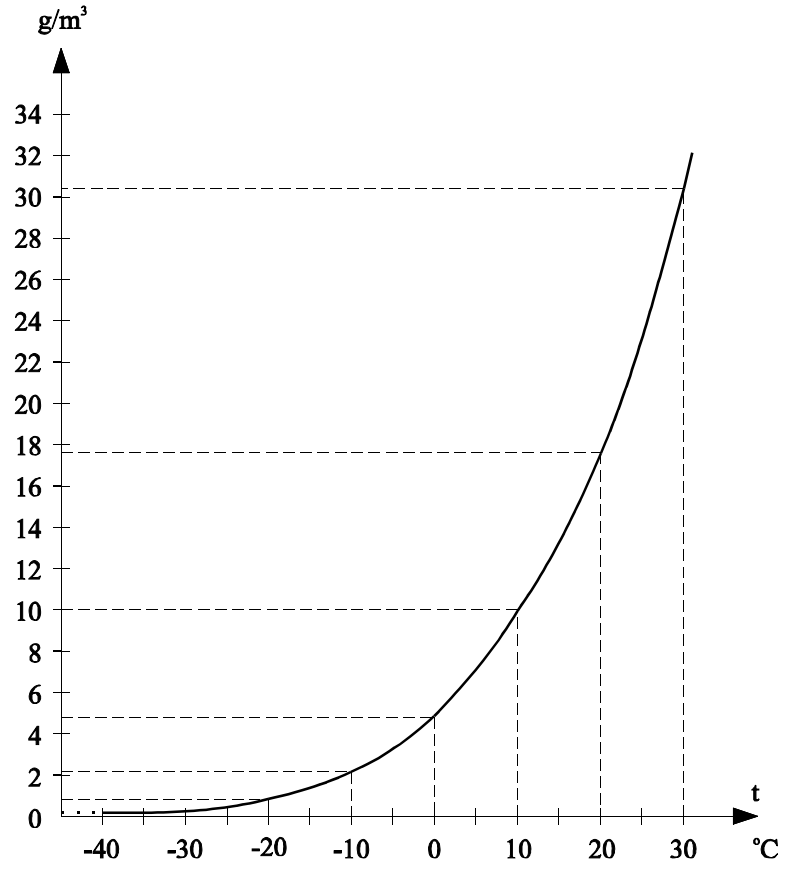
Luften, der anvendes i pneumatiske anlæg, tages fra den atmosfæriske luft. En kompressor sørger for et arbejdstryk på ca. 700 kPa. Denne kompressor drives normalt af en asynkronmotor, der styres af en pressostat. I større kompressoranlæg kan der være god økonomi i at lade asynkronmotoren styre af en frekvensomformer, så der kun produceres den luft, der er nødvendig i det aktuelle øjeblik.



© EVU

Atmosfærisk luft indeholder vanddamp, Vanddamp måles i g/m^3. Hvor meget vanddamp luft kan indeholde, er afhængig af luftens temperatur.

°C	g/m^3
30	30,2
20	17,2
15	12,8
10	9,4
5	6,7
0	4,8
– 5	3,3
– 10	2,2
– 15	1,5
– 20	0,86
– 30	0,34
– 40	0,11



Mættet luft

Den øvre grænse for luftens indhold af vanddampe kaldes dugpunktet, hvilket betyder, at luften er mættet med vanddamp. Hvis indholdet af vanddampe kommer over denne grænse, sker der en fortætning og der opstår vandperler, som vi kender på duggede ruder.

Almindelig atmosfærisk luft er ikke mættet med vanddamp. Forholdet med det aktuelle vanddampindhold og det maksimalt mulige vanddampindhold kaldes for luftens relative fugtighed eller fugtighedsgrad. I Danmark er den relative fugtighed/fugtighedsgraden gennemsnitlig 84 %.

© EVU

Regneeksempel:

Ved 20 °C og en relativ fugtighed på 84% (0,84) vil vanddampindholdet være lig med det maksimale vanddampindhold (kurven) multipliceret med den relative fugtighed.

$$V = 17{,}2 \cdot 0{,}84 = 14{,}4\ g/m^3$$

Den umættede luft kan bringes til mætning ved at ændre på temperatur eller tryk. Sænkes temperaturen, bliver dugpunktet mindre, og der udskilles vand. Hvis temperaturen i eksemplet fra før sænkes til 10° C, vil det maksimale vandindhold efter kurven være 9,4 g/m^3. Mængden af vand, der udskilles, må ved denne temperatursænkning være:

$$V = (14{,}4 - 9{,}4) = 5\ g/m^3$$

Hvis temperaturen fastholdes, men luften komprimeres, hvilket betyder, at rumfanget gøres mindre, vil der også udskilles vand. Foretages en komprimering, således at rumfanget bliver 1/7, kan vandindholdet også kun være 1/7. Ændres trykket fra vores normale atmosfæriske tryk på ca. 1 bar (1 bar = 100 kPa) til et normalt arbejdstryk på 700 kPa, vil der udskilles:

$$V = 14{,}4 - (17{,}2/7) = 11{,}94\ g/m^3$$

Hvis en kompressor arbejder i døgndrift og den indsuger 5 m^3 /min med en temperaturen er 20 °C og et tryk på 700 kPa, vil der i anlægget hver dag samle sig en mængde vand:

$$Luftforbrug\ pr.\ dag = 5 \cdot 60 \cdot 24 = 7200\ m^3$$

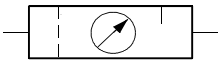
$$Udskilt\ vand\ pr.\ dag = 7200 \cdot 11{,}94 = 85968\ g$$

$$Udskilt\ vand\ pr.\ m^3 = 11{,}94\ g$$

Af ovenstående beregninger fremgår, at det er nødvendigt med en eller anden form for styring, der med jævne mellemrum kan sørge for, at det udskilte vand tømmes ud af luftforsyningsanlægget.

© EVU

Luftforsyningselement

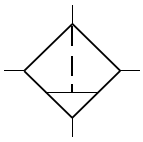


For at sikre et velfungerende pneumatisk anlæg er det nødvendigt, at trykluften er af en god kvalitet. Med det rette luftforsyningselement, der renser, smører og tilpasser lufttrykket til det rigtige niveau, får det pneumatiske anlæg en lang levetid med et minimum af service og vedligholdelse.

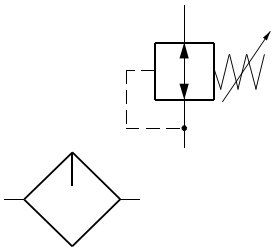
Luftforsyningselementet består normalt af tre komponenter:

Et filter, der renser for fremmedlegemer og rester af kondensvand.

En reduktionsventil, der nedsætter forsyningstrykket til det tryk, der er ønskeligt på den enkelte maskine.

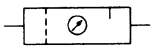


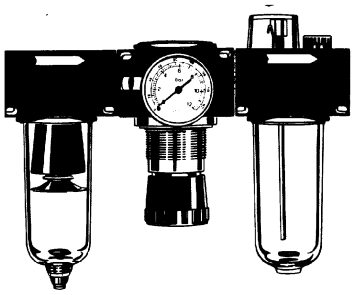
Filter



Smøreapparat

Et tågesmøreapparat der tilfører trykluften en olietåge med det formål at smøre de bevægelige dele inde i ventiler og cylindre.





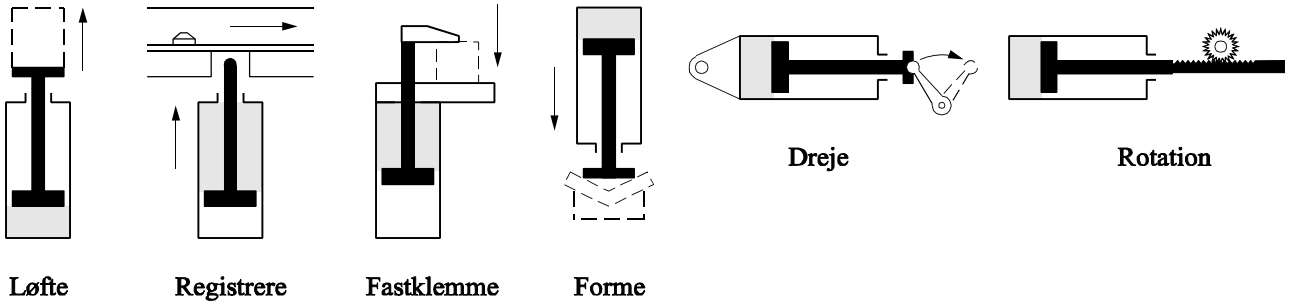
Cylindre

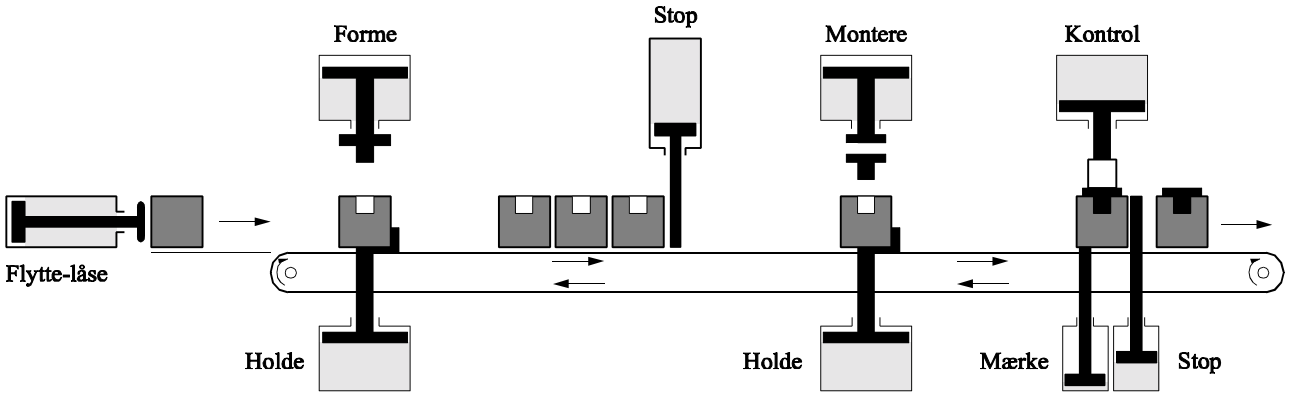
I pneumatiske anlæg anvendes cylindre til at omsætte energien i trykluften til en lineær bevægelse.

Cylindre findes i mange forskellige størrelser. Ved bestemmelse af størrelse er det nødvendigt at vide, hvilken opgave der skal løses. Hvor stor en kraft er nødvendig, og hvilken slaglængde skal cylinderen have?

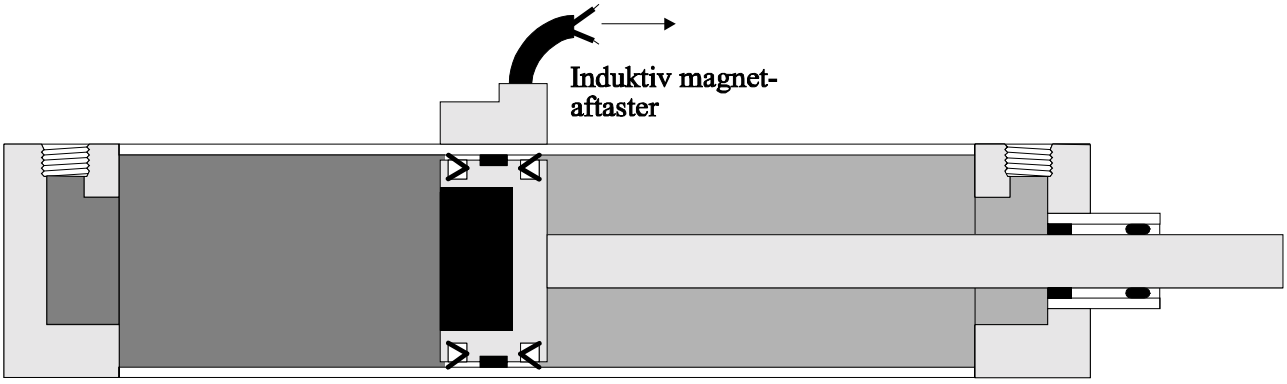
© EVU

Opgaverne, en trykluftcylinder kan udføre, er mangeartede. På tegningen er vist nogle få anvendelseseksempler.





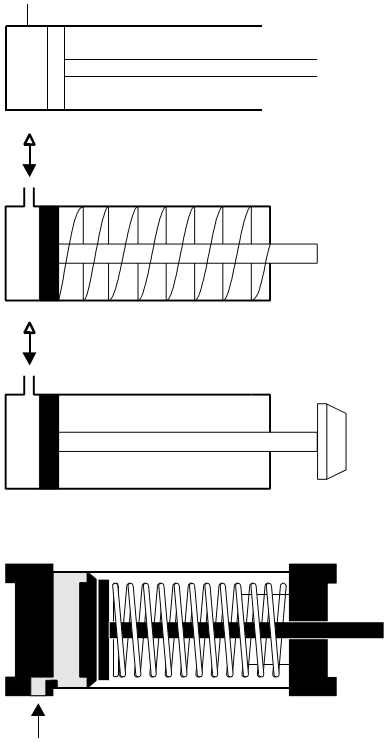
Pneumatiske cylindre findes derfor i næsten alle industrigrene; de indgår som udstyr i maskiner til produktion, montering, kontrol eller emballering m.v.



Dobbeltvirkende cylinder med permanent magnet for aftastning

© EVU

Enkeltvirkende cylinder



Den enkeltvirkende cylinders stempel påvirkes nor

malt kun med trykluft på den ene side. Arbejdsslaget sker ved hjælp af trykluft. Returslaget sker ved hjælp af en fjeder eller tyngdekraften, der fører cylinderen tilbage i udgangsposition.

Figuren viser en cylinder med fjederretur. Trykluften tilføres og afblæses fra tilslutningsåbningen på cylinderen. Der kan anvendes skæreringsfittings eller lynkoblinger. På denne cylinder er der kun en tilslutningsåbning, men i den modsatte ende af cylinderen findes en åbning, der giver mulighed for, at luften inde i cylinderen kan afblæses.

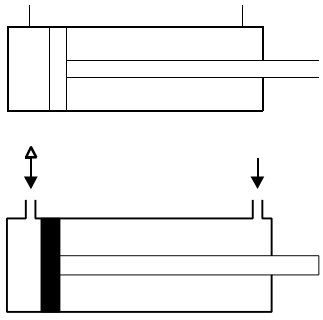
Denne figur viser en enkeltvirkende cylinder uden fjeder. Denne type kan anvendes ved lodrette løfteopgaver. Returslaget sker ved vægten af belastningen.

Her vises en snittegning af en enkeltvirkende cylinder med fjederretur.

Fordele ved de enkeltvirkende cylindre er lille luftforbrug og billige og simple styreventiler.

Ulempen ved de enkeltvirkende cylindre er, at de ikke kan udføre arbejde i returslaget. Når der anvendes fjederretur, bliver slaglængden begrænset.

Dobbeltvirkende cylindre



Ved den dobbeltvirkende cylinder sker både arbejds - og returslag ved hjælp af trykluft.

Den kraft, stemplet har, er praktisk talt den samme i begge bevægelsesretninger, idet stempelstangens areal ikke har den store betydning. Den dobbeltvirkende cylinder anvendes i langt de fleste automatiske trykluftsanlæg.

Fordelen ved den dobbeltvirkende cylinder er, at den kan udføre arbejde i begge retninger. Ligeledes kan stempelhastigheden reguleres, og der er ingen begrænsninger i slaglængden.

Ulemper ved den dobbeltvirkende cylinder er større luftforbrug og dyre og mere komplekse ventiler.

© EVU

Cylinderens stillinger

Når stempelstangen bevæger sig ud af cylinderen, siger man, at stemplet går i plusstilling. Den side af cylinderen, der er under tryk, kaldes pluskammeret.

Når stempelstangen bevæger sig ind i cylinderen, siger man, at stemplet går i minusstilling. Den side af cylinderen, der er under tryk, kaldes minuskammeret.

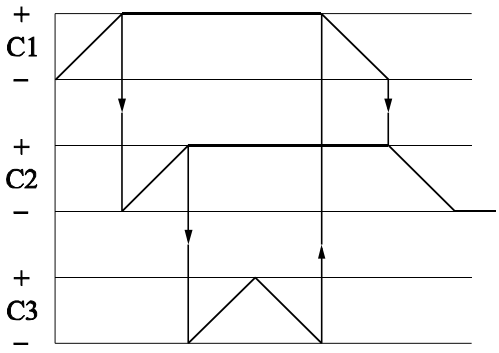
Arbejdscyklus

Cylindre benævnes ofte med bogstavet C, og et nummer angiver den enkelte cylinder. Den arbejdscyklus, en cylinder gennemløber, kan tegnes i et specielt pneumatisk tidssekvensdiagram, der beskriver stemplets plus- og minusbevægelse, og om der er tryk i cylinderens plus- eller minuskammer C1+ og C1-.

En sammensat arbejdscyklus, hvor de enkelt cylindre arbejder sammen, og hvor stemplerne efter tur foretager forskellige bevægelser, kan angives i tekst og tidssekvensdiagram. Diagrammet giver et klart billede af arbejdsprocessens forløb og de impulser, der starter de enkelte bevægelser. Impulserne angives med lodrette linier, og impulsretningen kan angives med pile på disse linier.

Et eksempel på en sammensat arbejdscyklus:

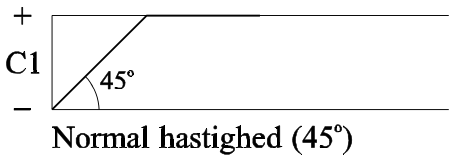
Tekst:	Diagram
C1+	
C2+	
C3+	
C3−	
C1−	
C2−	



© EVU

Stempelhastighed

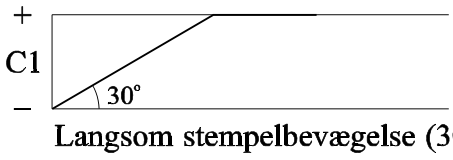
Af tidssekvensdiagrammet er det muligt at aflæse den hastighed, hvormed stemplet bevæger sig. I næste afsnit om ventiler beskrives de drøvleventiler, der kan ændre bevægelseshastigheden.



Normal hastighed (45°)



Hurtig stempelbevægelse (60°)



Langsom stempelbevægelse (30°)

Arbejdskraft

En cylinders arbejdskraft måles i N (Newton) og er afhængig af stemplets areal og lufttrykket på anlægget (1 Pa = 1 N/m²). Arealet måles i m² og lufttrykket i Pa (Pascal).

Arbejdskraften i Newton kan beregnes:

$$Kraft = Areal \cdot tryk = N$$

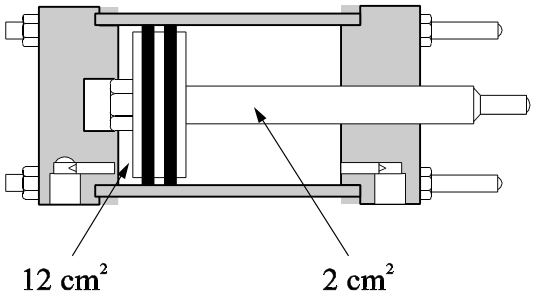
Hvis arealet af stemplet er i cm² og lufttrykket i kPa:

$$Kraft = (Areal/10000) \cdot (tryk \cdot 1000) = N$$

På grund af friktion mellem stempel og cylindervæg vil arbejdskraften blive reduceret med 5-30 %. Dette tab udtrykkes ved friktionskoefficienten η. Hvis der er 20 % tab svarer det til $\eta = 0{,}8$.

© EVU

Regneeksempel



En cylinder med et stempelareal på 12 cm² og en friktionskoefficient på 0,8 er monteret på et anlæg, der arbejder med et lufttryk på 700 kPa. På grund af stempelstangens areal på 2 cm² vil der være en forskel på plusslagets og minusslagets kraft.

Pluskraften kan beregnes som

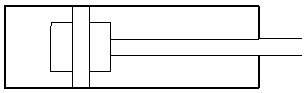
$$+kraft = (12/10000) \cdot (700 \cdot 1000) \cdot 0{,}8 = 672N.$$

Minuskraften kan beregnes som

$$-kraft = ((12-2)/10000) \cdot (700 \cdot 1000) \cdot 0{,}8 = 560N$$

Det betyder, at dette stempel skubber 112 N bedre, end det trækker.

Bremse

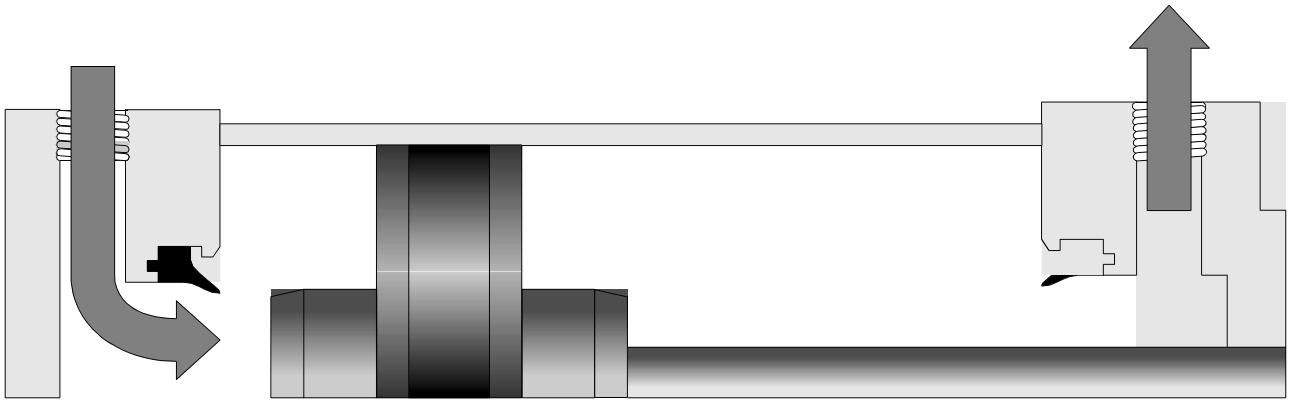


Hvis stemplet ikke standses på anden måde, vil det ved enhver bevægelse støde imod cylinderendebundene og navnlig ved stor stempelhastighed medføre brud på disse eller stemplet selv.

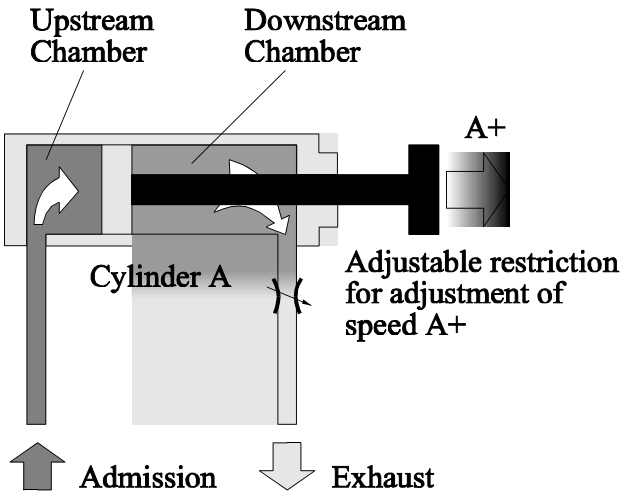
Mange cylindre har derfor indbygget bremseanordninger, således at stemplet ikke stødes ind i endebundene. Bremseanordningen opbygges som en luftbremse.

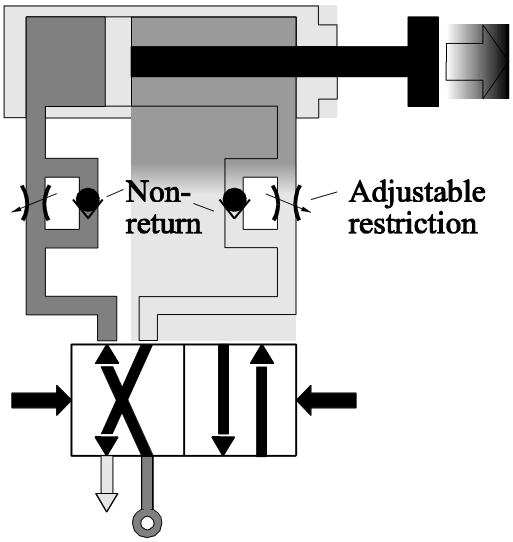
Denne luftbremse fremkommer ved at foretage udboring af endebundene. På stempelstangen øges diameteren på hver side af selve stemplet. Den forøgede diameter passer til udboringerne i endebundene. Når stemplet når en endebund, vil der blive en luftlomme mellem endebunden og stempelstangen. Luftlommen vil herved komprimeres og foretage afbremsningeng.

© EVU



I endebunde eller tilkoblingsfittings findes en nåleventil, hvormed bremsevirkningen kan reguleres. Indstillingen af nåleventilen og dermed bremsevirkningen kan foretages med en skruetrækker eller umbraconøgle. Af hensyn til hurtig start når stemplet skal returnere, sørger en kontraventil for, at trykluften når frem til hele stempelarealet.

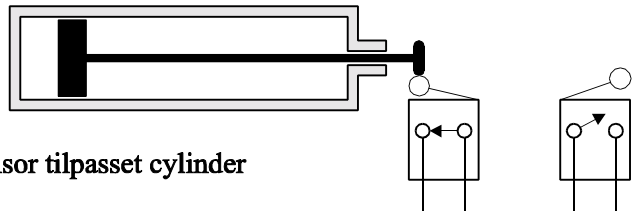




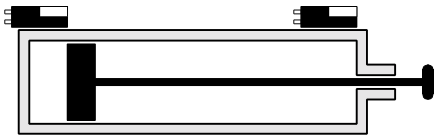
© EVU

Overvågning af cylinderbevægelse

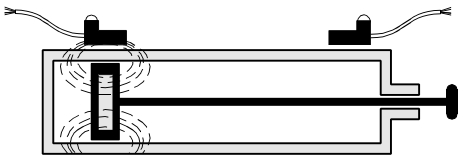
Til styring af en cylinder er det ofte nødvendigt at vide, hvor stemplet befinder sig. Til dette formål anvendes impulsgivere. Disse kan være mekaniske og placeret, så selve stemplet påvirker impulsgiveren. Det kan ofte være svært at placere impulsgivere langs stempelstangen. Derfor findes der andre måder at overvåge stempelbevægelsen. Ved hjælp af trykaftastere, ved tilslutningsåbningerne på cylinderen, kan styresystemet få signal, om der er tryk på plus- eller minuskammeret i cylinderen. Et andet princip er at udstyre stemplet med en magnetring. Hvis cylindervæggen er fremstillet af ikke magnetisk materiale, kan et reedrelæ, placeret langs cylinderen, registrere stemplets nærhed. Hvis stemplet er fremstillet af stål, er det også muligt, med en induktiv aftaster, at registrere, når stemplet er i nærheden.



Mekanisk sensor tilpasset cylinder



Trykføler monteret på cylinder



Magnetisk sensor monteret på cylinder

© EVU

Ventiler

Til styring af anlægget anvendes ventiler. Der skelnes mellem styreventiler, pilotventiler og ventiler til specielle formål.

Styreventilerne kaldes også af nogle fabrikanter for retningsventiler. De sidder umiddelbart foran cylinderen og styrer dens arbejdsgang.

Pilotventilerne er anbragt rundt på anlægget eller i forbindelse med styreventilerne. De har til opgave at få styreventilerne til at skifte. Pilotventilerne er ofte elektrisk styret, men kan i simple anlæg være mekaniske, manuelle eller trykluftstyret.

Ventilbetegnelser

Ventilerne har navne efter antallet af porte (tilslutningsåbninger) og antallet af stillinger, ventilen kan fastholdes i.

Symboler for ventiler

Dansk Standard har udarbejdet symboler for pneumatiske komponenter i overensstemmelse med internationale normer.

For ventiler gælder, at symbolet er opbygget af nogle firkantede felter. Antallet af felter angiver, hvor mange stillinger ventilen kan fastholdes i.

På det felt der angiver ventilens hvilestilling, tegnes ventilens porte (tilslutningsåbninger).

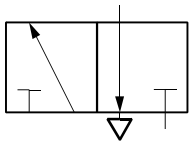
Inde i feltet angiver pile retningen af trykluften til cylinderen og afblæsningsluften fra cylinderen. For de porte der ikke benyttes i feltet, angives et "T".

Ved aktivering af ventilen forskydes felterne i forhold til portene.

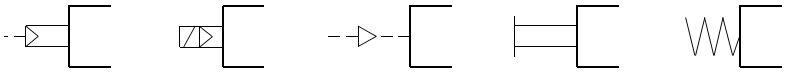
Aktiveringen af ventilen kan være:



2 stillinger



3/2-ventil
(3 porte/2 stillinger)

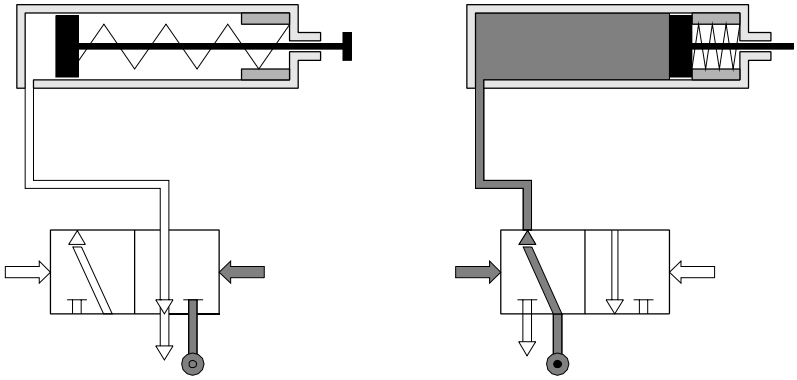


Pneumatisk styring | **Elektrisk styring** | **Pneumatisk styring** | **Manuel styring** | **Fjeder retur**

© EVU

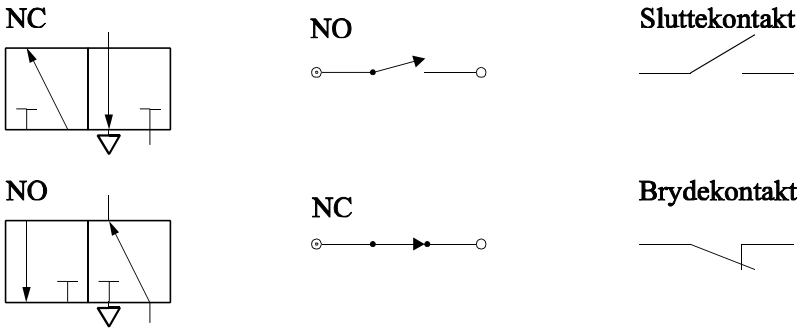
Styreventiler

3/2 ventiler anvendes til styring af enkeltvirkende cylindre. Bemærk, at feltet i ventilsymbolet forskydes i forhold til portene.



Ventilerne kan leveres som NC eller NO. Det betyder, at ventilen, når den ikke er aktiveret, giver signal (NC) eller afblæser (NO).

ISO norm 1219



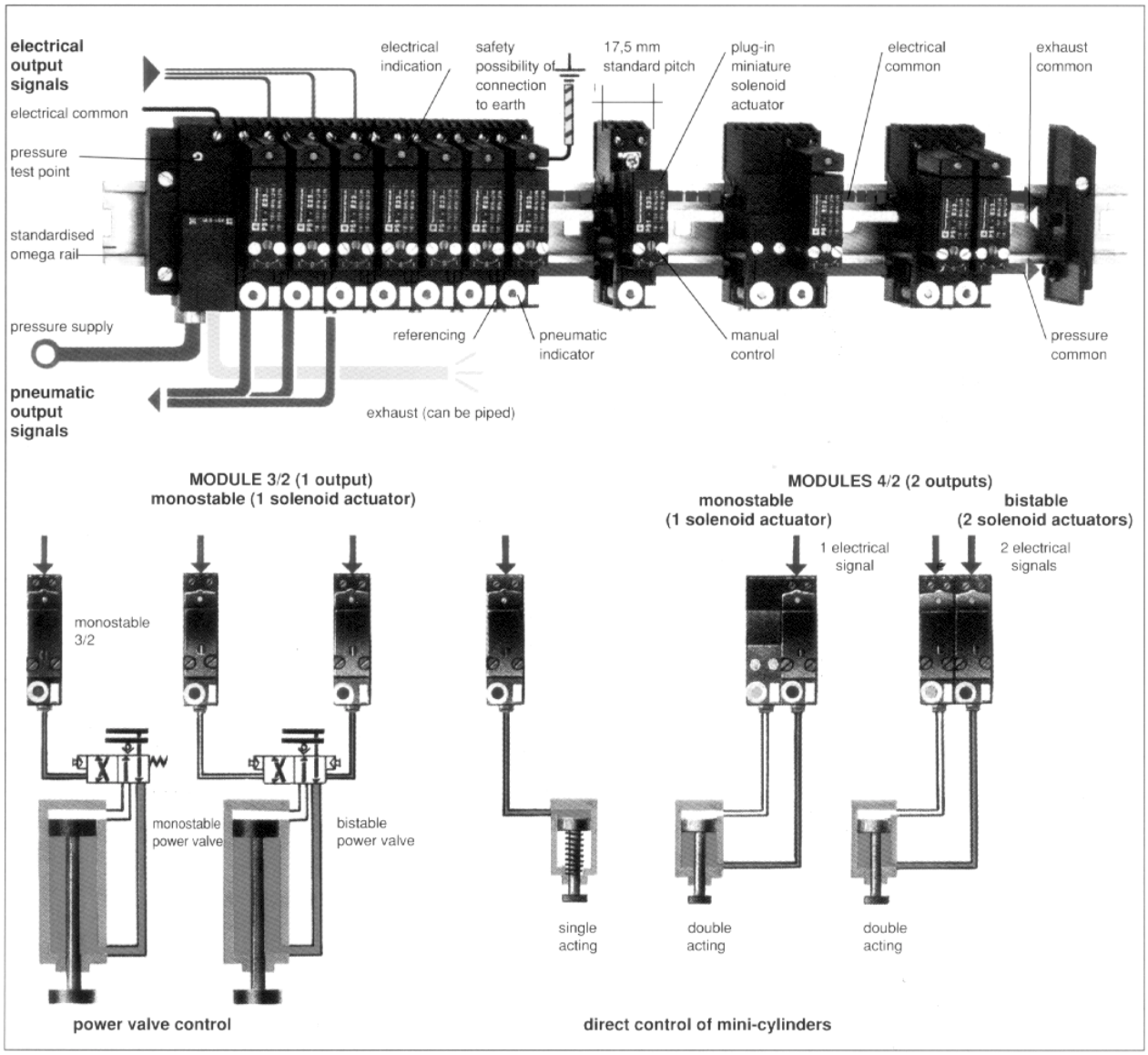
Figuren viser elektriske pneumatikventiler opbygget på en standard DIN-skinne efter samme system, som det vi kender fra elektriske gruppeafbrydere og kontakter.

© EVU

Systemet opbygges af 17,5 mm moduler. Et modul udgør en 3/2 ventil eller 2 moduler udgør en 4/2 ventil. Ventilerne forsynes fra en fælles tryklufttilgang og har indikering af ventilstilling.

Figuren nederst til højre viser, eksempler på styring af en enkeltvirkende cylinder med en ventil og dobbeltvirkende cylindre med to ventiler.

Figuren nederst til venstre viser, styring af meget kraftige cylindre, hvor modulerne er anvendt som pilotventiler for styreventiler.



© EVU

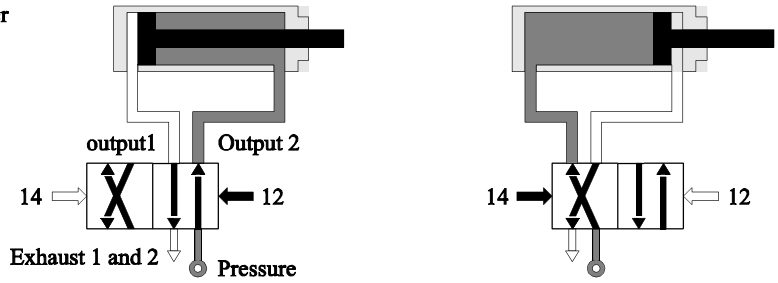
Styreventiler

4/2 ventiler anvendes til styring af dobbeltvirkende cylindre.

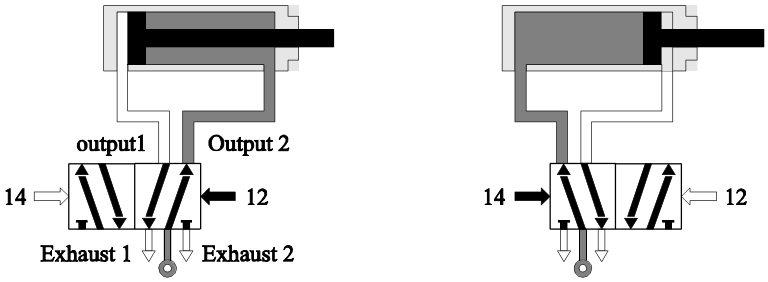
5/2 ventiler anvendes til styring af dobbeltvirkende cylindre. Her er det muligt at placere hastighedsventilerne (drøvleventilerne) ved afblæsningsportene på selve ventilen i stedet for ved cylinderen.

5/3 ventiler anvendes til cylindre, som enten skal have mulighed for frigørelse eller aflåses i en vilkårlig stempelposition.

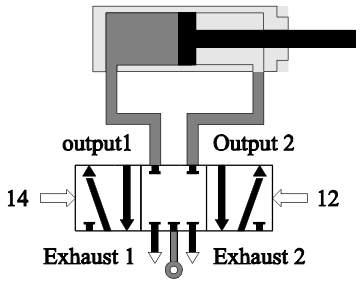
Double acting cylinder controlled by 4/2 power valve



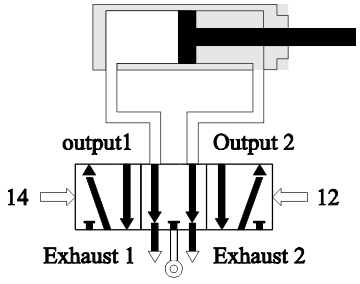
Double acting cylinder controlled by 5/2 power valve



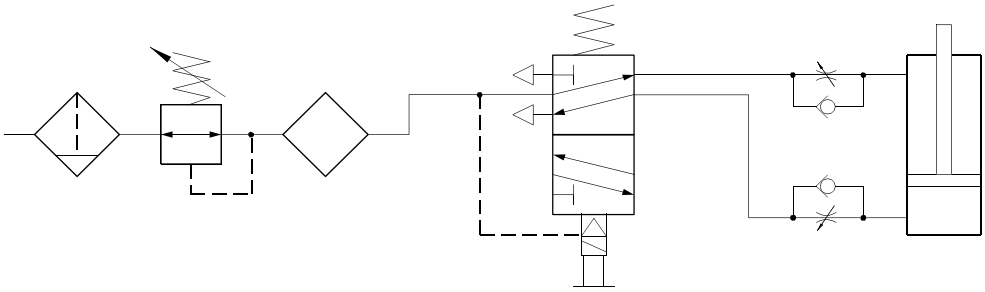
Double acting cylinder controlled by 5/3 power valve centre closed



Double acting cylinder controlled by 5/3 power valve centre open



© EVU

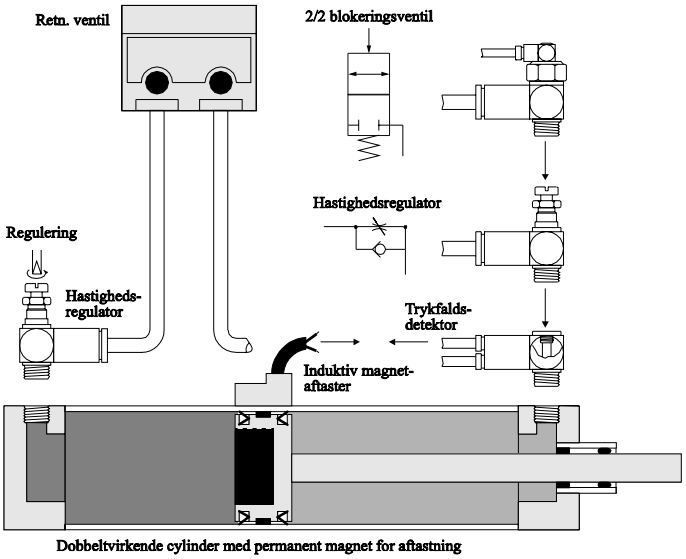


Ventiler til specielle formål

Til styring af hastigheden på stempelslaget anvendes en drøvleventil. Drøvleventilen er normalt en indstillelig nåleventil, der placeres i afblæsningen af cylinderen.

En anden meget anvendt specialventil er kontraventilen, der kun tillader luften at passere i den ene retning. Den er ofte fremstillet med en kugle, der lukker for den port, der ikke skal benyttes. Den kan også bestå af en speciel "V"- formet gummiring.

Ved hastighedsstyring af begge stempelslag i en dobbeltvirkende cylinder anvendes en sammenbygning af en kontra og en drøvleventil. Derved opnår man, at der er fri passage til stemplets trykside, hvorimod afblæsningsluften skal passere igennem drøvleventilen.



Dobbeltvirkende cylinder med permanent magnet for aftastning

© EVU

Sikkerhedsrelaterede styresystemer

Sikkerhedsrelaterede styresystemer er omfattet af ISO 13849-1 og IEC 62061.

IEC 62061 er begrænset til alle elektriske teknologier, herunder elektroniske og programmerbare elektroniske, og er derfor ikke umiddelbart anvendelig, når der designes sikkerhedsrelaterede styresystemer ved hjælp af pneumatik.

Helt anderledes ser det ud med DS/EN/ISO 13849-1:2007, som omfatter alle teknologier. ISO 13849-2:2003 har i anneks B et rigtigt godt værktøj til forståelse af grundlæggende og velafprøvede sikkerhedsprincipper samt en liste over velafprøvede komponenter.

Magnetventiler som sikkerhedsrelaterede udgange.

Der er i princippet ikke noget i vejen for, at en maskine kan designes og konstrueres med et sikkerhedsrelateret styresystem, som udelukkende er baseret på pneumatik, men det er ikke det sædvanlige.

Derimod ses det ofte, at **den sikkerhedsrelaterede udgang** til den bevægelige del udgøres af en magnetventil. Det betyder, at den skal med i regnestykket, når MTTFd for det samlede styresystem skal udregnes, og hvis der er krav om enkeltfejltolerante styresystemer, skal denne udgang også dubleres eller på anden måde gøres enkeltfejltolerant.

Fejlanalyse.

Maskindirektivet sætter krav om frigørende bevægelser ved fejl i styresystemet eller ved aktivering af sikkerhedsrelaterede stop-funktioner, hvis risikovurderingen viser, at der kan være behov for det. Der stilles også krav om enkeltfejltolerante styresystemer i de tilfælde, hvor man har dele af kroppen inde i det farlige område i en normalcyklus.

© EVU

For disse situationer gælder:

Hvis der kan opstå en farlig situation ved et svigt i styresystemet til en cylinder, skal man designe og konstruere maskinen, således at alle ukontrollerede bevægelser går til sikker tilstand.

Dette gøres ved, at den frigørende bevægelse foregår ved styring af trykket til det største stempelareal i cylinderen, - altså modsat stempelstangen.

I de tilfælde af havari i styresystemets ventiler, hvor der opstår samme tryk på begge sider af stemplet, vil stemplet gå til sikker position (samme tryk på det store areal som på det lille areal vil således medføre frigørende bevægelse).

Dette betyder så, at visse arbejdsbevægelser ved rigtigt designede styresystemer kan komme til at foregå ved trækkebevægelse i stedet for skubbebevægelse.

Sikkerhedsrelaterede styresystemer

Til pneumatiske styresystemer kan der i store træk designes og konstrueres alle de samme sikkerhedsrelaterede styresystemer, som der kan ved hjælp af elektriske teknologier. En del af disse findes som typegodkendte systemer og kan anvendes til fx presser og standsere.

Der gælder de samme regler for verificering og validering som ved de elektriske teknologier.

© EVU

Trykluftkvalitet

Funktionssikkerheden og levetiden for pneumatiske anlæg afhænger i høj grad af trykluftens kvalitet og dermed af det udstyr, som anvendes for at opnå den korrekte trykluftskvalitet. Urenheder i trykluften, såsom støvpartikler, sod /kulstofpartikler korrosionspartikler (rust), saltpartikler, metalpartikler, kondenseret fugt, oxiderende olierester, specielt fra syntetiske kompressorolier, kan naturligvis forårsage skader i pneumatiske anlæg. Disse partikler og kondensater øger friktionen, fremskynder slitage og korrosion, danner skadelige belægninger, ødelægger pakninger, udvasker fedtdepoter og kan danne ispropper i dyser, da luften nedkøles, når den ekspanderer. Derfor vil pneumatiske komponenter, som drives af ubehandlet trykluft direkte fra kompressoren, have en væsentlig nedsat levetid og funktionssikkerhed.

Hvilke urenheder er der i ubehandlet trykluft?

Der er tre hovedkilder til forureningen af trykluften:

1. Forureningen i den atmosfæreluft som suges ind i kompressoren.
2. Den forurening, der skabes i selve kompressoren ved slitage, smøring, ophedning og korrosion.
3. Forurening fra distributionsnettet, rørledninger, beholdere og lign.

Forureningen er for overskuelighedens skyld opdelt i tre hovedgrupper:

1. **Partikler:** Støvpartikler, sod/kulstofpartikler, korrosionspartikler (rust), saltpartikler, metalpartikler, o.s.v.
2. **Vand:** Al luft indeholder vanddamp, som kondenserer ved afkøling af luften.

© EVU

3. **Olie:** Restolie i form af oliedråber og oliedampe. Olieresterne kommer dels fra kompressorinstallationen, men også fra den indsugende atmosfæreluft.

De tre ovennævnte hovedgrupper af forurening påvirker naturligvis også hinanden indbyrdes. Små partikler samler sig i forbindelse med vand eller olie til større partikler. Vand kombineret med olierester giver skadelige emulsioner.

Partikler:

- Partikler øger friktionen og slider på komponenternes pakninger og glideflader.
- Partikler kan danne skadelige belægninger i komponenterne.
- Partikler kan blokere små pilotdyser og interne luftkanaler.
- Partikler kan fremskynde korrosion via katalytisk effekt.
- Partikler > 5µm er specielt skadelige ved høj luftstrømshastighed.

Vand:

- Vand udskyller komponenternes fedtdepoter.
- Vand forårsager korrosionsskader i komponenterne.
- Vand/olierest emulsioner kan skade pakninger (få dem til at vokse).
- Vand kan danne ispropper i drøvleventiler og dyser, da luften nedkøles, når den ekspanderer.
- Vand kan fremme væksten af mikroorganismer og bakterier i rørsystemer og beholdere.

© EVU

Olie:

- Olierester blandet med vand giver skadelige emulsioner, som kan ødelægge pakninger.
- Olierester fra kompressoren har været udsat for høje temperaturer og er derved blevet oxiderede og syreholdige. De har ingen smørende effekt på pneumatikkomponenterne, men er tværtimod blevet aggressive og angriber pakninger og lign.
- Specielt olierester fra kompressorer, som er smurt med syntetisk olie, kan være årsag til mange problemer med pneumatikkomponenterne.
- Max. restolie ved mineralsk kompressorolie = 5 mg pr. m³ luft.
- Max. restolie ved syntetisk kompressorolie = 0,1 mg pr. m³ luft.

Hvordan defineres trykluftskvalitet?

For at alle kan tale samme "sprog", når det drejer sig om trykluftskvalitet, er der udarbejdet en ISO-norm, som opdeler trykluften i forskellige kvalitetsklasser med hensyn til partikler, vandindhold og restolieindhold.

ISO 8573-1 klasser (X = ikke defineret)							
Klasse		Partikler			Vandindhold		Restolie
		µm	Mg/m³		TDP *	g/m³ **	mg/m³
1		0,1	0,1		-70 °C	0,003	0,01
2		1	1		-40 °C	0,15	0,1
3		5	5		-20 °C	0,88	1
4		15	8		+3 °C	6	5
5		40	10		+7 °C	7,8	25
6		X	X		+10 °C	9,4	X
7		X	X		X	X	X

- TDP = trykdugpunkt = den temperatur, som trykluften skal køles ned under, før dens indhold af uskadelig vanddamp vil kondensere og gå over på flydende og skadelig form.
- m³ komprimeret luft.

© EVU

Hvordan angives trykluftskvalitet?

Kravet til trykluftens kvalitet bør indgå i maskinens/ anlæggets tekniske dokumentation på lige fod med driftspænding, drifttryk, luftforbrug og lign. Kvalitetsklassen angives i følgende rækkefølge:

Partikler vandindhold restolieindhold.

Eksempel: Trykluftkvalitet efter ISO 8573-**1. (3. 4. 2.)**

Det betyder en max. partikelstørrelse på 5 µm, et trykdugpunkt på + 3 ˚C og et max. restolieindhold på 0,1 mg/m³.

Hvilken trykluftkvalitet skal man vælge?

Dette afhænger af den aktuelle opgave, men generelt gælder, at jo mindre og finere komponenterne er, og jo hurtigere de skal køre, des bedre skal luftkvaliteten være.

Til pneumatiske hjælpeværktøjer samt små simple og langsomtgående maskiner kan man anvende kvalitetsklasse **(5. 4. 4.)**.

Til større komplekse og hurtiggående produktionsanlæg bør man anvende kvalitetsklasse **(3. 4. 2.)**.

De angivne kvalitetsklasser gælder for drift i opvarmede lokaler med en temperatur > 15 ˚C. Luftens trykdugpunkt skal altid være min. 10 ˚C mindre end trykluftens temperatur ved forbrugsstedet. Trykluftens temperatur skal altid være min. 10 ˚C højere end trykdugpunktet og min. 20 ˚C lavere end max. tilladte omgivelsestemperatur for komponenten.

En del brancher samt specielle applikationer kræver en finere luftkvalitet end ovenstående.

© EVU

Hvordan opnås en god trykluftskvalitet?

Der skal altid monteres et luftbehandlingsbatteri af en god kvalitet foran enhver maskine, hvori der indgår pneumatiske komponenter. Et standard luftbehandlingsbatteri giver ikke i sig selv den nødvendige luftkvalitet, men kombinationen af et effektivt luftbehandlingsbatteri og en korrekt udført kompressorinstallation sikrer den nødvendige kvalitet.

Lever kompressorinstallationen ikke op til nutidens krav, kan man udbygge det standardmæssige luftbehandlingsbatteri med finfiltre, lufttørrere og lignende, således, at den nødvendige luftkvalitet oparbejdes decentralt ved det enkelte anlæg.

Kontrol af restolie i trykluften:

I praksis er det de færreste, der har mulighed for at måle restolieindholdet i trykluften. En praktisk metode er derfor at tilslutte en luftblæsepistol efter luftbehandlingsbatteriet og i en afstand af 10 cm blæse på et stykke hvidt karton. Hvis kartonen efter ca. 1 minut stadig er helt hvid, er restolieindholdet i orden. Hvis der derimod kommer en gullig aftegning, er der sandsynligvis for meget restolie i trykluften.

Hvis der anvendes tågesmurt luft, må restolieindholdet før tågesmøreapparatet stadig ikke være højere end

før omtalt. Ved tågesmøring må der kun anvendes de olietyper, som er foreskrevet af pneumatikfabrikanten, og doseringen må max. være på 25 mg/m³. Er man først begyndt med tågesmøring på et anlæg, må man ikke stoppe igen, da komponenternes fedtdepoter bliver udvasket af olien.

© EVU

Låsbar manuel 3/2-vejs hovedventil:

Alle luftbehandlingsbatterier bør være forsynet med en manuelt betjent hovedventil, som kan låses i lukket og afluftet stilling. Ventilen udgør en ekstra sikkerhed ved servicearbejde og lignende på anlægget.

Når anlægget ikke er i drift, fx om natten, bør man ligeledes lukke for både arbejdsluften og pilotluften via denne hovedventil. Dette sparer på energien og fjerner det statiske pres på komponenternes pakninger, således at de ikke "sætter" sig. Herved bliver den forøgede reaktionstid, som er typisk ved fornyet opstart af et anlæg, som har stået stille i længere tid, reduceret til et minimum.

Maskindirektivets krav til forsyningsadskillere:

Det kræves i Maskindirektivet, at en maskine sikkert kan adskilles fra alle energikilder. Denne adskiller skal kunne aflåses. Dette krav gælder også for trykluft.

Den bedste løsning er en aflåsbar, håndstyret ventil, som aflufter systemet. Dermed er Maskindirektivets krav om bortskaffelse af restenergi også tilgodeset.

Der skal selvfølgelig udføres risikoanalyse og risikovurdering, og hvis det kan medføre en fare at udlufte hele systemet, skal disse områder i maskinen selvfølgelig håndteres på en passende måde.

Korrekt dimensionering:

For at filtre, trykregulatorer, smøreapparater og lufttørrere skal fungere optimalt, er det vigtigt, at luftbehandlingsbatteriet er dimensioneret korrekt i forhold til det maksimale luftforbrug.

© EVU

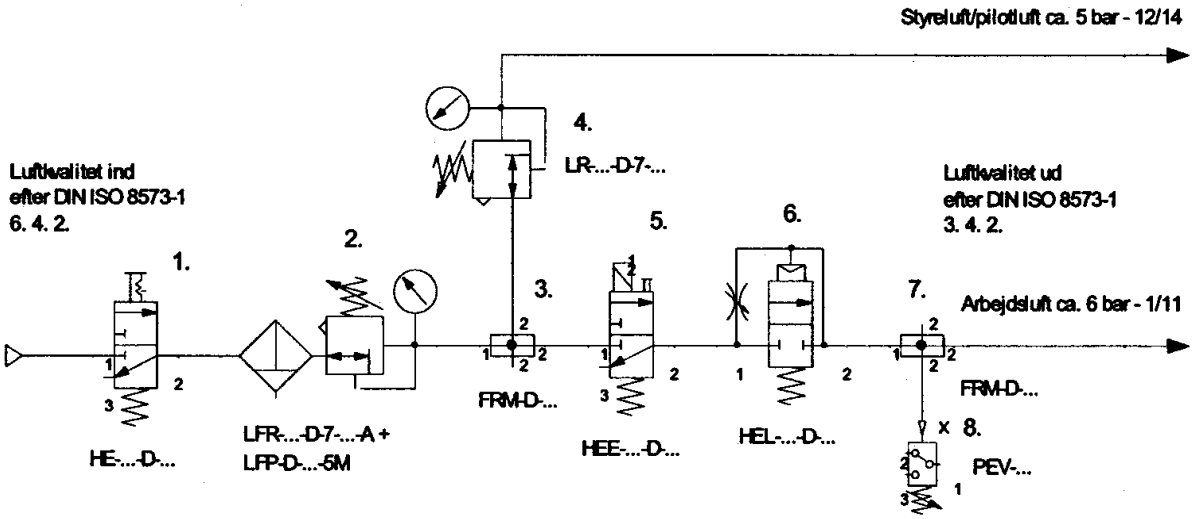
Opbygning af et standard luftbehandlingsbatteri.

Opbygning af et standard luftbehandlingsbatteri

1. Manuelt betjent 3/2-vejs hovedventil som er låsbar
2. Kombineret filter-trykregulator med 5 µm filterpatron og max. 7 bar udgangstryk
3. Forgreningsmodul for udtag af pilotluft
4. Trykregulator for justering af pilottryk – max. udgangstryk 7 bar
5. Elektrisk aktiveret 3/2-vejs hovedventil til arbejdsluft
6. Softstartventil for langsom og kontrolleret trykopbygning i anlægget
7. Forgreningsmodul
8. Justerbar pressostat for trykovervågning

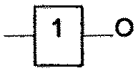
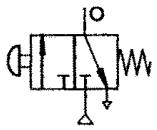
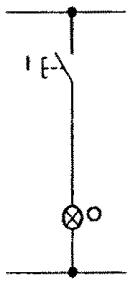
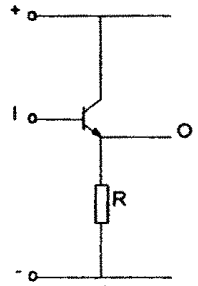
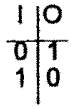
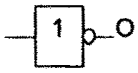
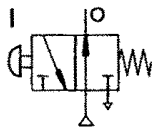
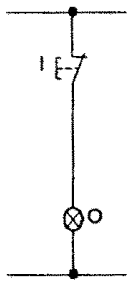
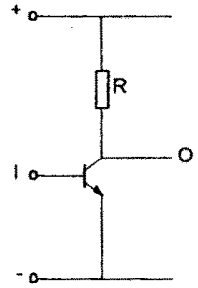
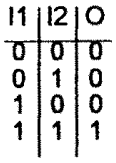
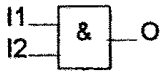
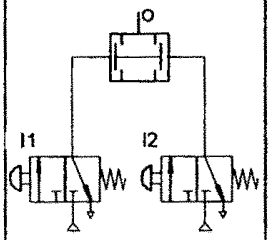
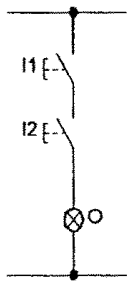
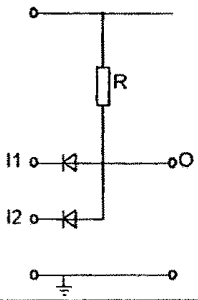
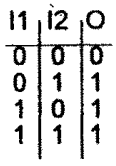
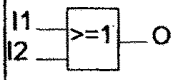
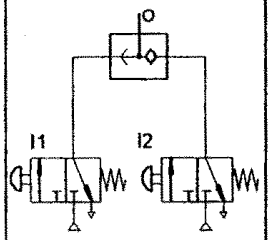
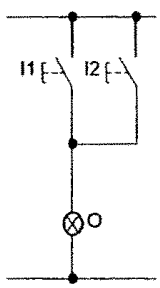
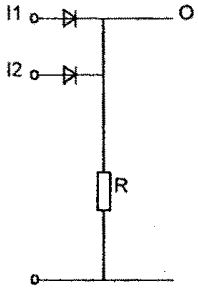
Eksempel

Eksempel på standard luftbehandlingsbatteri til brugere med en god luftkvalitet:



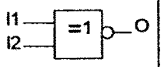
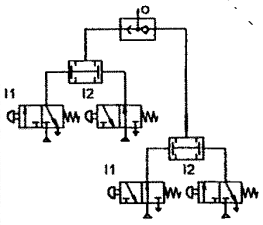
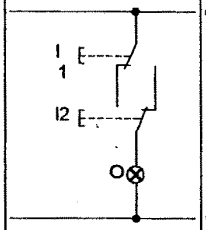
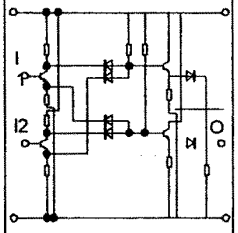
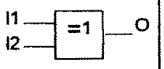
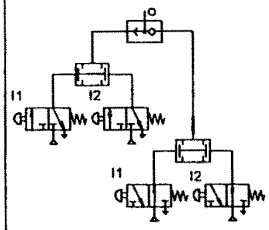
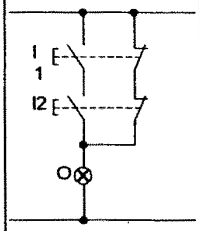
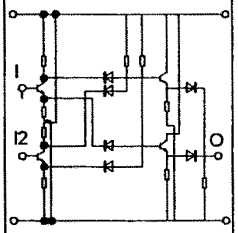
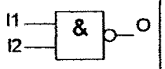
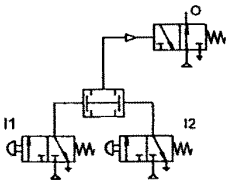
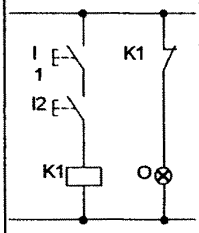
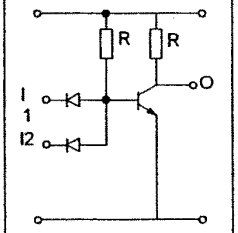
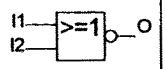
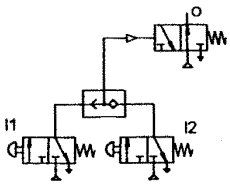
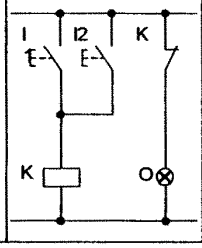
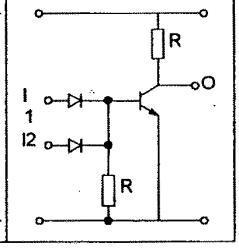
© EVU

Logiske funktioner - pneumatiske, elektriske, elektroniske (sammenligning).

Navn	Boolsk	Sandheds-tabel	Logik symbol	Pneumatik	El	Elektronik
Identitet	I1 = A					
NOT	$\overline{I}$ = O					
AND	I1 • I2 = 0					
OR	I1 + I2 = 0					

© EVU

PNEUMATIK

Navn	Boolsk	Sandheds-tabel	Logik symbol	Pneumatik	El	Elektronik
EXOR	$\overline{I1} \cdot I2 + I1 \cdot \overline{I2}$	I1 I2 O 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0				
EXNOR	$\overline{I1} \cdot \overline{I2} + I1 \cdot I2$	I1 I2 O 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 1				
NAND	$\overline{I1 \cdot I2} = 0$	I1 I2 O 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0				
NOR	$\overline{I1 + I2} = 0$	I1 I2 O 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0				

© EVU

Nødstop

Det nye Maskindirektiv, som sættes i kraft den 29.12.2009 fastslår, at nødstoppet er et supplement til maskinens sikkerhedsrelaterede styresystem og ikke en del af det. Det ligger hermed fast, at maskinen selvfølgelig skal være sikker, når designeren og konstruktøren er færdig. Behovet for et nødstop afgøres af ekstraordinære situationer, og hvis det besluttes at tilføje et nødstop til maskinens sikkerhedsrelaterede styresystem, så skal man være sikker på, at det fungerer.

Der er desværre set mange tilfælde, hvor kombinationen af elektriske og pneumatiske teknologier har medført, at aktivering af nødstop medførte farlige situationer eller i det mindste situationer, hvor maskinen ikke blev så sikker, som den skulle.

De magnetventiler, som standser de bevægelige dele, når et nødstop aktiveres, er en del af sikkerhedskredsen, og deres pålidelighed er kernen i stopfunktionens pålidelighed.

Læs mere om sikkerhedsrelaterede styrefunktioner i **Funktionssikre maskiner med ISO 138490-1:2006 og IEC 62061** ***Hvad er meningen***?, som fås hos Dansk Standard.

© EVU

 © EVU

Hydraulik

Når ordet hydraulik nævnes, falder tankerne automatisk på noget med olie. Dette er selvfølgelig også en del af sandheden, men så absolut ikke hele sandheden - alle væsker kan anvendes.

Dette afsnit beskriver nogle af de basale regneregler, som anvendes ved design og konstruktion af hydrauliske anlæg og styresystemer.

Hydraulik anvendes ved kraftoverføring – positionering. Når kraften overstiger ca. 10000 N, er det ikke rentabelt at anvende pneumatiske handleorganer til at udføre arbejdet, så derfra tager hydraulikken over.

Styresystemer

Hydrauliske anlæg styres som oftest ved hjælp af elektriske styresystemer, men der er i princippet intet til hinder for, at styresystemet kan designes og konstrueres ved hjælp af hydrauliske komponenter. De mest kendte principper i denne sammenhæng er de manuelle styrehåndtag på gravemaskiner og lastbilkraner.

Sikkerhedsrelaterede styresystemer

Den harmoniserede standard DS/EN/ISO 13849-1:2007 omfatter sikkerhedsrelaterede styresystemer under anvendelse af alle teknologier. DS/EN/ISO 13849-2:2003 (som er under revision) er valideringsstandard for alle de sikkerhedsrelaterede dele af maskiners styresystemer. Denne standard har et specielt afsnit om hydrauliske systemer. Da valideringen bør begynde allerede på et tidligt tidspunkt i design og konstruktionsfasen, er det en god idé, at anvende denne standard under processen.

Den mest kendte kombination ved automatiske anlæg er et sikkerhedsrelateret styresystem på basis af elektrisk, elektronisk og programmerbar elektronisk teknologi med anvendelse af kontaktorer, pneumatiske og hydrauliske ventiler som de sikkerhedsrelaterede udgange til de bevægelige dele. Det er i denne sammenhæng vigtigt at huske, at den sikkerhedsrelaterede udgang uanset teknologi skal medregnes under beregning af MTTFd (middeltiden til farligt svigt), samt at Maskindirektivets krav (i visse dele af bilag

© EVU

1.3 og 1.4) om enkeltfejltolerante styresystemer også gælder disse udgange.

Adskillelse af energikilder

Når maskindirektivet kræver, at der skal kunne foretages adskillelse af alle energikilder, gælder det selvfølgelig også den hydrauliske energi. I nogle tilfælde giver det sig selv, idet pumpen oftest er omfattet af maskinanlæggets elektriske adskiller, men det er i nogle tilfælde ikke tilstrækkeligt. Under alle omstændigheder skal risikoanalysen blotlægge, hvad der bliver af den ophobede energi i systemet ved adskillelse.

Nødstop

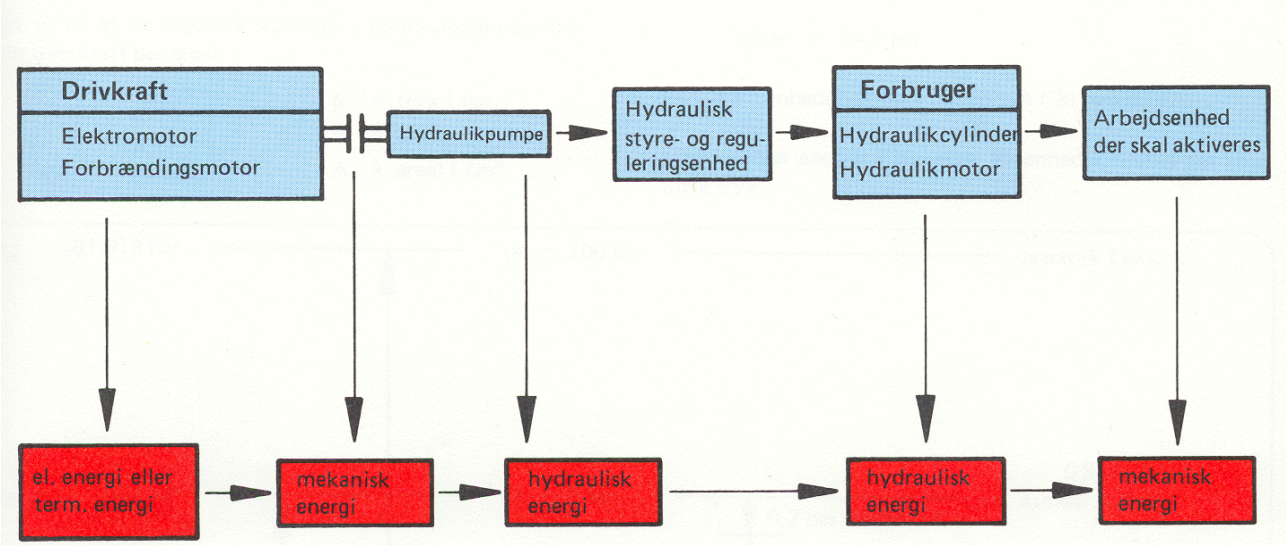
Et nødstop er som tidligere nævnt et supplement til det sikkerhedsrelaterede styresystem. En vigtig detalje at huske er, at et nødstop er en indirekte stopfunktion, som styrer en sikkerhedsrelateret udgang. Denne funktion er uanset arkitekturen i systemet ikke tilstrækkeligt pålidelig til at tillade arbejde på maskinanlæggets bevægelige dele. Her skal adskilleren anvendes - eller aflåsbare afbrydere, som er designet til det formål - for at sikre utilsigtet start af de bevægelige dele.

© EVU

Anvendelse af hydraulik

Ren hydrodynamik er fx omdannelse af strømningsenergi i turbiner i vandkraftanlæg.

Omdannelse af energi i hydraulisk anlæg.



Masse, tryk, kraft

Definitioner og omregninger til det internationale enhedssystem (SI-enheder).

En masse (forstået som en stofmængde) på 1 kg udøver på jorden en tyngdekraft på 1 kp.

Efter Newtons lov er:

$$F = m \cdot a$$

$$kraft = m \cdot acceleration$$

$$kg = \frac{m}{s^2}$$

© EVU

Da kraft i dag indsættes i Newton (N) fås:

$$1\ bar = 10\ \frac{N}{cm^2} = 1\ \frac{daN}{cm^2}$$

$$1\ bar = 1.02\ \frac{kp}{cm^2}$$

$$1\ \frac{kp}{cm^2} = 0.98\ bar$$

Indsætter man de tilsvarende SI-enheder for grundstørrelser for kraft (N) og areal (m^2), får man trykket i enheden Pascal (Pa).

$$1\ Pa = 1\ \frac{N}{m^2}$$

Da enheden Pascal giver for store talværdier i praksis, anvendes fortrinsvis enheden bar.

$$1\ bar = 100000\ Pa$$

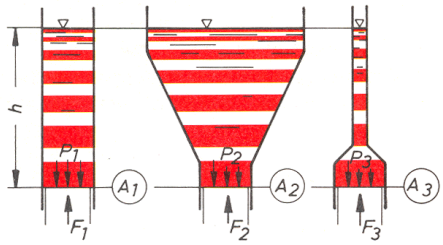
Som udtryk for tryk finder man også psi (pounds-force per square inch).

$$1\ bar = 14{,}5\ psi$$

Bemærk: enheden er ikke indeholdt i SI-enhederne.

© EVU

Billede 1



Tager man forskellige beholderformer, fyldt med samme væske, er trykket et bestemt sted kun afhængigt af væskesøjlens højde:

$$p_1 \approx p_2 \approx P_3 \quad (fig.\ 1)$$

Det hydrostatiske tryk udøver en kraft på en beholders bund.

Virker trykket, som vist på billede 1, i forskellige beholdere på et lige stort areal ($A_1 = A_2 = A_3$), er den resulterende kraft på de tre arealer også ens ($F_1 = F_2 = F_3$).

Tryk fra ydre kræfter

(Pascals lov).

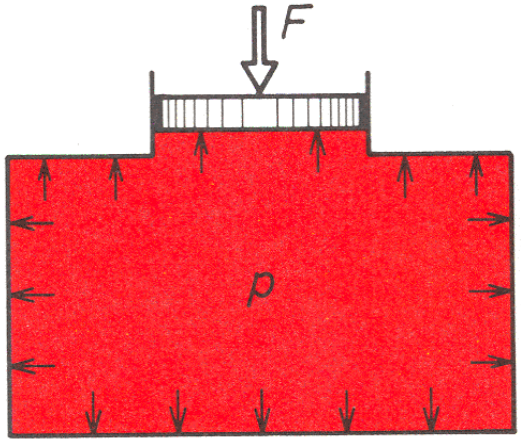


Fig. 2

Virker kraften F på en indespærret væske (fig. 2) via fladen, opstår der et tryk i væsken.

Trykket er afhængigt af den lodrette krafts størrelse og arealet.

Pa Pascal

F i N

A i m^2

© EVU

$$p = \frac{F}{A}$$

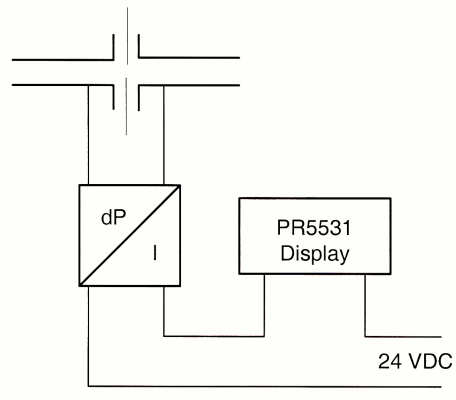
Trykket forplanter sig i øvrigt ens i alle retninger. Det er altså lige stort på alle sider. Dette gælder, når man ser bort fra atmosfæretrykket, der jo skal lægges til med en størrelse svarende til væskehøjden.

Således er: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

eller: $$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

Forholdet mellem kræfterne er lig med forholdet mellem arealerne.

Trykket i et sådant system retter sig altid efter belastningens størrelse og det virksomme areal. D.v.s. at trykket stiger netop så meget, at det er i stand til at overvinde den kraft, der modsætter sig væskens bevægelse.



Er man i stand til at opnå det tryk via kraften F_1 på arealet A_1, som er nødvendigt for at overvinde lasten F_2 (via fladen A_2), kan lasten F_2 løftes. (Der ses bort fra friktionstab).

De to stemplers tilbagelagte vej S_1 og S_2 er omvendt proportional med arealerne (se billede 3).

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Kraftstemplets arbejde W_1 er lig med laststemplets arbejde W_2.

$$W_1 = F_1 \cdot S_1$$

© EVU

$$W_2 = F_2 \cdot S_2$$

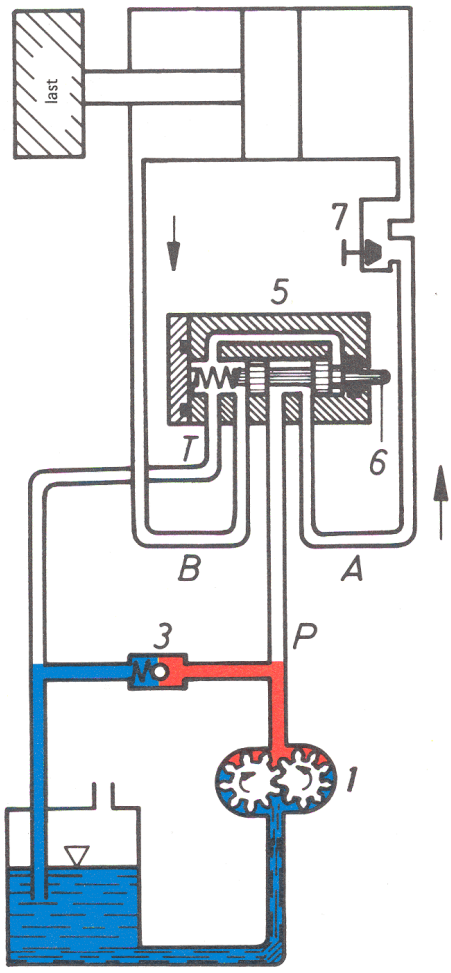


Fig 12

For at beskytte systemet mod overbelastning (det betyder mod for højt tryk), må det maksimale tryk begrænses.

Dette opnår man med trykbegrænsningsventilen 3.

En fjeder trykker som en mekanisk kraft en kugle mod et sæde. Trykket, der hersker i rørene, påvirker kuglefladen.

Efter den allerede kendte ligning $F = p \cdot A$ åbner kuglen, når kraftens tryk gange areal bliver større end fjederkraften.

Nu stiger trykket ikke mere.

Den samlede pumpestrøm flyder nu gennem ventilen 3 tilbage i tanken.

© EVU

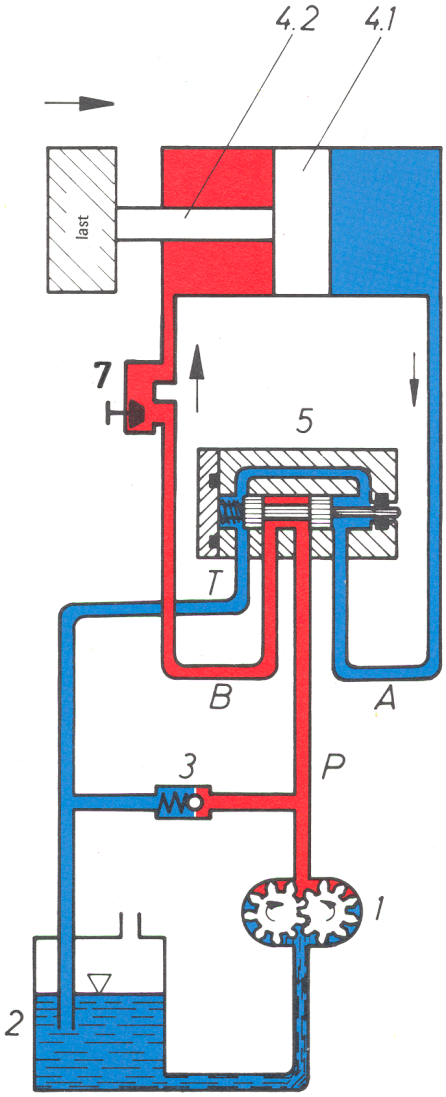


Fig 14

Vil man kunne påvirke ikke bare bevægelsesretningen og kraften, men også hastigheden, må man ændre den til- eller frastrømmende væskemængde.

Dette opnås fx med en drøvleventil. (Fig 14).

Ved at ændre gennemstrømningstværsnittet (forsmindskelse i forhold til rørtværsnittet) strømmer der mindre væske pr. tidsenhed til cylinderen.

Lasten bevæger sig langsommere.

Den væskemængde, der leveres for meget fra pumpen, må nu strømme væk over trykbegrænsningsventilen.

Det indebærer følgende for trykforholdene i systemet:

Mellem pumpe og drøvling hersker der tryk, der er indstillet på trykbegrænsningsventilen;

mellem drøvling og cylinder hersker der et tryk svarende til lasten.

Emne CD Rev. 09-12-2008 Hft-0758 Rekv. 0 Prod. 06-07-2011-09:47 Ordre 000 © EVU

Anvendelseseksmpler fra forskellige brancher

1. Industrihydraulik	Plasticforarbejdningsmaskiner presser sværindustri (støberier og valseværker) værktøjsmaskiner
2. Stål- og Vandbygningsindustri	Sluser, værn (skjold, segmenter, porte) broer bjergværksmaskiner turbiner kraftværker
3. Mobilhydraulik	Gravemaskiner og kraner entreprenør- og landbrugsmaskiner automobilindustri
4. Hydraulik for specialopgaver	Teleskoplejer, antennestyring målebøjer landingsstel og rorstyringer for fly specialmaskiner
5. Skibshydraulik	Styremaskiner skibskraner bovporte bovpropeller drift af cargopumper

© EVU

Det hydrauliske diagram

Et hydraulisk diagram viser opbygningen af et hydraulisk kredsløb.

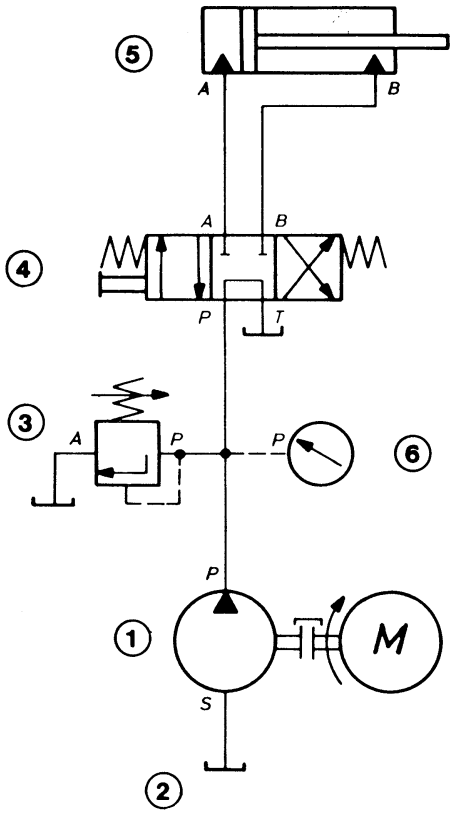
De enkelte komponenter er vist som symboler og forbundet med hinanden. Ledningsforbindelserne tegnes som linier.

Ud fra et diagram kan man bestemme forløbet af funktionerne i et hydrauliksystem. Ved mere omfangsrige diagrammer findes der for det meste også et funktionsdiagram, så man kan fastslå det nøjagtige tidsmæssige forløb i et anlæg eller maskine.

Hvis man betragter et større antal diagrammer, kan man fastslå, at forskellige opbygninger også forekommer som mindre dele af større anlæg.

Nogle principsystemer skal kort gennemgås:

Enkelt hydrauliksystem (åbent kredsløb)



Her har vi et hydrauliksystem i sin enkleste udformning. En pumpe 1 med konstant fortrængning suger væske fra en tank og fortrænger den ind i det tilsluttede system. I midterstillingen har den håndbetjente retningsventil 4 et næsten trykløst omløb til tank 2. Midterstillingen opnås ved hjælp af de to fjedre (fjedercentret).

Ved betjening af retningsventilen til dens venstre skiftestilling (parallelle pile) kommer væsken ind i cylinderens 5 stempelrum. Stempelstangen bevæger sig ud.

Hastigheden, hvormed stempelstangen bevæger sig, bestemmes af pumpens fortrængning og stempelarealet.

Størrelsen af den forhåndenværende kraft på stempelstangen er afhængig af stempelarealet og det maksimalt tilladelige tryk.

Systemtrykket og dermed den maksimale belastbarhed af systemet er indstillet på trykbegrænsningsventilen 3.

Størrelsen af det aktuelt forekommende tryk, som er bestemtaf den modstand, der skal overvindes ude ved kraftgiveren, kan aflæses på manometeret 6.

© EVU

(Electro Magnetic Compatibility) 274
(Input/Output liste) 301
1. Analyse (generelt) 299
1. Industrihydraulik 563
1-faset asynkron kortslutningsmotor 466
2. Specifikation 298, 300, 309
2. Specifikation (generelt) 300
3. Mobilhydraulik 563
3. Udvikle (generelt) 302
3-fasede transformere 385, 386
3-faset asynkronmotor som 1-faset 464
4. Hydraulik for specialopgaver . 563
4. Programmere eller fortråde (generelt . . . . .)304
5. Afprøve & idriftsætte (generelt) 305
5. Skibshydraulik 563
6. Dokumentere (generelt) 308
AC digitale indgange på PLC . . . 163
Analog udgang 173, 174, 176
Analoge følere 138-140
Applikationer 267, 276, 277, 281-283, 287, 547
Arbejdscyklus 532
Asynkronmotorens 409, 410, 453
Autotransformeren 383, 384
Autotune 261
Beskyttelse mod indirekte berøring 273
Betjeningsdokumenter 338
Bremsning af motorer 482, 488
CSR og PSC motorer 474
Cylindre 529-532, 534, 538-540
D-regulering 253
Dahlandermotoren 457
DC-motor 507
De 2 timere 207
Den digitale indgang 154
Den empiriske metode 259
Den modelektromotoriske kraft . . 519, 520
Det hydrauliske diagram 564
Digitale følere 153
Direkte start . . . 55, 444-448, 451, 454
Dobbelt pulsindgang 210
Dokumentationseksempel 343
Dokumenttyper 320
Dominans 208, 211, 212
Drejefelt 395, 414, 418, 420, 422, 423, 429, 464, 467, 468
Drejningsmoment 409, 424-428, 444, 445
Dybfryserens opbygning 243
Dødtid 255, 256
E2 PROM 149
EEPROM 149
Eksempel på Conditional aktivitet 238
Eksempel på sammensat system . 361
Eksempel på sekvenskæde 223
Eksempel på SET conditional aktivitet 239
Ekstern indstilling 205
EMC . . . 3, 6, 270, 274-276, 357, 360, 363, 370, 372
Emnelister 335
Endestop 95-101
Enkelt hydrauliksystem (åbent kredsløb) 564
Enkelt pulsindgang 209
EPROM 149, 150
Et par konkluderende bemærkninger 261

 © EVU

Fejlfinding/måling 278
Flag 186
FLASH 149, 150
Forbindelsesdokumenter 333
Forbindelseslinier 341, 342
Forsinket frafald med 206
Forsinket tiltræk . . . 201, 205-207, 236
Forvalg med sammenligning 210
Forvalgstæller 208
Frekvensomformere . 53, 75, 263, 267, 269, 272-274, 277, 279, 280, 287, 291, 397, 488
Generatorer . 391, 497, 498, 500, 501, 503-505, 508, 518
Gensidig spærring 13, 66, 81
Hjælperelæer . . . 9, 45, 147, 186, 187, 216, 217, 221, 225, 301
Holdefunktion . . . 211, 221, 224, 231
Hovedstrømsskema . . . 58, 64, 69, 72, 77, 304, 305, 352
Hukommelse . 24, 143, 147, 149, 302, 339
Hvad er EMC? 357
Højfrekvente elektromagnetiske felter 360
I-regulering 250
Idriftsætning 278
Idriftsættelsesdokumenter 338
Impulsafkortning med 206
Indbygningsskassen/skabet 364
Indledning 297
Induktive følere 125, 127-132
Information, der skal medleveres 312
Initialisering 225-228
Installation af frekvensomformer 268, 269
Installationsdokumenter 338
Interlockning af funktioner 14
IPO-diagram 302
Kabler 51, 75, 268, 269, 271, 272, 335, 359
Kapacitive følere 125, 133-135
Kapsling 41, 402, 484
Kategori C1 . . . . . 274, 275
Kategori C2 . . . . . 274, 275
Kategori C3 274
Kategori C4 274
Kiprelæ 25
Klassifikation af dokumenter . . . 321
Koblingsmekanismer 360
Komplekse kredsløb 186
Kontaktringsmotor 392, 451-453
Kontakture 85, 114
Kort om det binære talsystem . . . 169
Kortslutning . . . 66, 70, 380, 382, 458
Kortslutningsbeskyttelse . . . 271, 272, 284-286
Kortslutningssikkerhed 39, 381
Køleformer 404
Ladder 203, 205, 211, 353, 354
Lavfrekvente elektriske felter . . . 360
Lavfrekvente magnetfelter 359
Ledninger ud og ind i apparatet . . 368
Lidt historie 241
Logiske funktioner 177, 291, 302, 525, 551
Logiske operationer 177
Luftforsyning 525, 526
Luftforsyningselement 529
Manuelle kontakter 104
Masse, tryk, kraft 557
Membrankontakt 86, 87
memory bits 186, 221, 225
Merker 186

 © EVU

Mikroomskifter . . . 85, 86, 90, 92, 93, 96, 105
Motor med adskilte viklinger 58, 456
Motorens belastning 267, 430
Motorens lejer 78, 401, 492
Motorværn . 32, 39-41, 43, 58-62, 69, 73, 284, 444, 459, 486
Motorværn med start-stop 60
Niveauvagt 86
Niveauvippe 86-88
Nærhedsføler 159, 162, 339
Omgivelsestemperatur . . . 30, 53, 135, 136, 286, 495, 547
Omsætningsforhold 376
Op/nedtæller 208-210
Opbygning 9, 86, 88-90, 96, 107, 109, 148, 154, 157, 159, 160, 169, 170, 187, 209, 216, 243, 264, 282, 360, 373, 374, 387, 407, 498, 500, 507, 510, 550
Opbygning af en motor 407
Opsummering 162, 254
Optiske følere 115
Overstrømsbeskyttelse 272, 429
Overtrømsbeskyttelse af kabler . . 272
P-regulering 246
PI-regulering 251
Placering af referencebetegnelser 341
Placeringsdokumenter 329
PLC analog input output 169
PLC analog udgange 173
PLC'ens indgange 153, 163, 170
PLC'ens udgange 164
Polariseret relæ 27
Polomkobling 55, 58, 68, 71, 74, 453, 455
Praktisk indregulering 256
Pressostat 62, 111-113, 526
Programmering af specielle kredsløb 187
PROM 149
Pull Up 162
Pulstimer med 205
Pålideligheds- og servicevenlighedsdokumenter 338
RAM 149, 151, 339
Real time clock 201
Referencebetegnelser . . 315, 316, 339-341
Regulerbare transformere 383
Regulering af omdrejningstallet . 522
Regulering kontra styring 242
Reguleringssløjfe, en lukket sløjfe 244
Relæudgange 138, 164, 309
Remanensrelæ 24
Reset-dominans. 211, 212
retentive hjælperelæer 186
Reversering 12, 55, 58, 63, 65-67
ROM 149
Roterende vingemelder 88-90
Rotoren . . 77, 89, 395, 401, 407-409, 412, 423, 424, 426, 427, 429, 430, 436, 467, 468, 482, 483, 498-500, 510, 511, 514-516, 519-523
Scantidsoneshot 213
Sekvensteknik 215, 309
Signalliste 298, 301
SINK . . 154, 155, 158, 160, 162, 164-166
SINK type 154, 165
Slip 427, 428, 454
Softstartere 75, 281-284, 286, 287
Softstarteren og dens applikationer

 © EVU

. 287
Solid State Relays 82
SOURCE type 157, 166
Spændingsstyret kontra strømstyret 283
Startstrømme 521
Statoren . . . 68, 71, 77, 407, 409, 412, 413, 423, 430, 436, 467, 482, 483, 498, 499, 510
Stjerne-trekant start 58, 445
Stjerne-trekantstart 75, 79, 445
Strømveje 341
Styrestrømsskema . 25, 58, 70, 74, 79, 187, 352
Styreventiler 531, 537-540
Støj fra nettilslutning 362
Symboler for ventiler 537
Synkrongeneratorer 497
Taktgivere 206
Tegnemåder 313, 319, 328
Tegningshoved og titelfelt 341
Teknisk dokumentation 311
Tekniske data 283, 285
Termisk overbelastningssikring . 284
Termostater 85, 105, 107, 110
Thermistorrelæ 29
Tidsbasen 201
Tidsfunktioner 201, 232
Tidsrelæer 9, 16-19, 43
Tidssekvensdiagram for 207
Timeren 201-204, 236
Transformere 373, 375, 376, 379, 382, 383, 385-387, 389
Transformere i paralleldrift 389
Transformerens opbygning og bestand-dele 373
Transformerens tab 378
Transformerkernen 374
Transistorudgange 165
Trinsvarsmetode 258
Tryk fra ydre kræfter 559
Tvangsførte kontaktorer 10
Udførelse af dokumentation 320
Udligningsforbindelser inde i apparatet 363
Vedligeholdsdokumenter 338
Vekselstrømsmaskiner 391
Vendepolernes virkemåde 516
Ventilbetegnelser 537
Ventiler 288, 299, 304, 305, 529, 531, 533, 537-541, 543, 555
Ventiler til specielle formål . 537, 541
Viklingerne . . 78, 373, 375, 378, 379, 381, 382, 385, 386, 388, 389, 408, 412, 415, 446, 448, 458, 464, 470, 494, 507, 523
Viklingsudtag 382
Virkemåde . 9, 83, 138, 159, 265, 281, 322, 324, 325, 376, 387, 409, 410, 511, 513, 516
Virkningsgrad . . . 435, 437, 438, 478
Watchdog funktion 147
Ziegler & Nichols lukket sløjfe metode 256

 © EVU