



Radiatordimensionering

Revideret 15/12 - 2015

TEKNIQ
INSTALLATØRERNES ORGANISATION

 **BLIK&RØR**
ARBEJDERFORBUNDET

Love, regler og bestemmelser

Installation, drift, service og reparationer på et varmeanlæg berører i reglen mindst to fagområder, nemlig VVS- og elområdet. Indgreb i det ene område betyder næsten altid indgreb i det andet. Det er derfor vigtigt, at man har indgående kendskab til de elektriske og mekaniske driftssammenhæng imellem styrings- og reguleringsorganer mv.

Det er lige så vigtigt - og af afgørende betydning - at man gør sig klart hvilke love, regler og bestemmelser, ansvar og forpligtelser, der gælder for arbejder på varmeanlæg, også når anlægget er adskilt fra den faste installation under arbejdet. I det efterfølgende er der i uddrag gengivet afsnit fra Stærkstrømsloven, Elinstallatørloven og fra Stærkstrømsbekendtgørelsen.



Stærkstrømsloven

Kapitel 1 - Lovens formål

§ 1. Loven har til formål, under hensyn til de tekniske muligheder, den samfundsmæssige udvikling, Danmarks internationale forpligtelser og ud fra en samfundsøkonomisk afvejning, at tilvejebringe det højest mulige sikkerhedsniveau ved produktion, transmission, distribution og brug af elektricitet.

Definitioner

§ 2. Ved stærkstrømsanlæg forstås: Elforsyningsanlæg med alle tilsluttede installationer og brugsgenstande, hvor spændingen er så høj eller strømstyrken er så stor, at der kan opstå fare.

Stk. 2. Ved elforsyningsanlæg forstås: Anlæg til produktion, transmission og distribution af elektricitet.

Stk. 3. Ved elmateriel forstås: Maskiner, apparater og materiel af enhver art, der indgår i eller er beregnet til at indgå i stærkstrømsanlæg.

Administrative bestemmelser

Bekendtgørelse nr. 177 af 20 marts 1995

Bekendtgørelse om administration mv. af Stærkstrømsloven

Gyldighedsområde

§ 1. Denne bekendtgørelse gælder for stærkstrømsanlæg og for materiel, der indgår i eller tilsluttes disse anlæg.

Stk. 2. Bestemmelserne gælder dog ikke for følgende:

1. Anlæg til elektriske baner med tilhørende signal- og styringsanlæg. Elektricitetsrådet kan dog stille særlige krav.
2. Motorkøretøjers egne elektriske installationer og udstyr.
3. Flyvemaskiner og skibes egne elektriske installationer og udstyr ved brug om bord.

Definitioner

§ 2. Ved stærkstrømsanlæg forstås: Elforsyningsanlæg med alle tilsluttede installationer og brugsgenstande, hvor spændingen er så høj eller strømstyrken så stor, at der kan opstå fare.

Stk. 2. Ved elforsyningsanlæg forstås: Anlæg til produktion, transmission og distribution af elektricitet.

Stk. 3. Ved højspændingsanlæg forstås: Stærkstrømsanlæg, hvor den nominelle spænding overstiger 1000 V vekselspænding eller 1500 V jævnspænding.

Stk. 4. Ved lavspændingsanlæg forstås: Stærkstrømsanlæg, hvor den nominelle spænding er højest 1000 V vekselspænding eller 1500 V jævnspænding.

Stk. 5. Ved elektrisk materiel forstås: Maskiner, apparater og materiel af enhver art, der indgår i eller er beregnet til at indgå i stærkstrømsanlæg.

Stk. 6. Ved lovligt materiel forstås: Elektrisk materiel, der opfylder sikkerhedskravene til elektrisk materiel i denne bekendtgørelses § 10.

Stk. 7. Ved oplysningspligtigt materiel forstås: Elektrisk materiel, der ved markedsføringen skal anmeldes jf. § 12.



Elinstallatørloven

- § 1. Denne lov omfatter følgende arbejder ved elektriske brugerinstallationer for stærkstrøm:
1. Tilkobling til og frakobling fra elforsyningsanlæg.
 2. Udførelse, ændring, udskiftning og reparation af faste installationer med ledninger, tilslutningssteder og andre fast installationsmaterialer.
 3. Installation, ændring, og reparation af ikke stærkstrømsmæssige styrings- og reguleringssystemer, som anvendes til styring af stærkstrømsfunktioner.
 4. Fast tilslutning og frakobling af elektriske maskiner, brugsgenstande og hjælpeapparater.
 5. Eftersyn, justering og reparation af elektriske maskiner og brugsgenstande, der er tilsluttet fast installation under arbejdets udførelse.

§ 2

- Stk. 1. De i § 1 nr. 1 - 2 nævnte arbejder må kun udføres under ansvar af personer, der har opnået autorisation som elinstallatører.
- Stk. 2. De i § 1 nr. 3 - 5 nævnte arbejder må foruden af autoriserede elinstallatører udføres af personer, eller virksomheder, der erhvervsmæssigt producerer, reparerer eller vedligeholder styrings- og reguleringssystemer, maskiner og brugsgenstande, når den der udfører arbejdet er i besiddelse af fornøden fagkundskab.
- Stk. 3. Uanset bestemmelsen i stk. 2 kan enhver, der har fornøden kundskab til arbejdets udførelse, foretage udskiftning af normaltætte afbrydere og stikkontakter uden jord for højst 250 V, samt opsætning og nedtagning af belysningsamaturer i private boliger, forudsat at det ikke sker erhvervsmæssigt.
- Stk. 4. Trafikministeren fastsætter bestemmelser om oplysningspligt for forhandlere af elektrisk materiel med hensyn til materiel, der kun må installeres af autoriserede elinstallatører, jf. § 1 nr. 2 samt med hensyn til forbrugervejledning om montering af elektrisk materiel.

Bemærkninger til § 2

Med bestemmelsen i stk. 2 gives der nu mulighed for at installation, ændring, og reparation af en lang række elektriske apparater kan udføres uden autorisation f.eks. TV- og radioapparater, oliefyr, gasfyr, husholdningsapparater mm.

Der er tale om en lovliggørelse af en praksis, der har eksisteret længe, idet det ikke er praktisk muligt at foretage fejlfinding og justering, uden at der er strøm på apparatet.

Den nævnte praksis har ikke givet anledning til ulykker og der er derfor ikke grund til at opstille eksamenskrav for de pågældende reparatører mv. - det er et krav at vedkommende har fornøden sagkundskab.

Bestemmelsen i stk. 3 er ligeledes en lovliggørelse af en udbredt praksis, som ikke har givet anledning til ulykker.

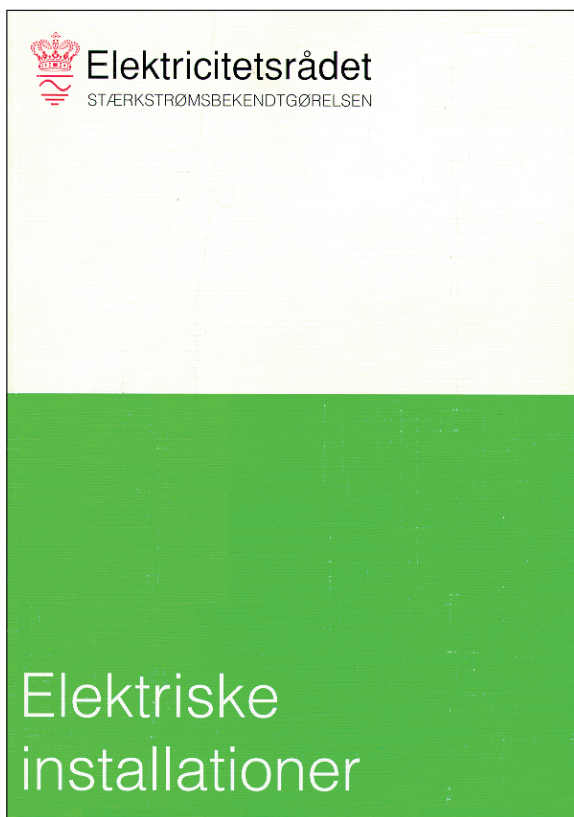
Adgangen til at udføre disse arbejder uden autorisation er begrænset til privat bolig, men ikke nødvendigvis til egen bolig og må ikke ske erhvervsmæssigt.

Bestemmelsen i stk. 4 skal ses på baggrund af, at der i detailhandlen (f.eks. i byggemarkeder) kan købes elektriske kabler og andet materiale til fast installation, hvilket kan foranledige køberen til at tro, at man selv har lov til at installere det.

Der findes ikke, i den foreliggende ulykkestatistik, belæg for indførelse af et egentligt forbud mod detailhandel af den slags materialer.



Stærkstrømsbekendtgørelsen



Kap. 11 - Gyldighedsområde

110 Almindeligt

110.1 Bestemmelserne gælder for elektriske installationer, såsom installationer hørende til:

- Boliger.
- Erhvervsjendomme.
- Offentlige ejendomme.
- Industrijendomme.
- Landbrugsejendomme og gartnerier.
- Præfabrikerede huse.
- Campingvogne, campingpladser o.l.
- Byggepladser, udstillinger, markeder, og andre midlertidige installationer.
- Marinaer og lystfartøjer.

110.2 Bestemmelserne gælder for:

- Strømkredse, der forsynes ved nominelle spændinger til og med 1000 V eller 1500 V.
- Fast installation for telekommunikation, signalering, styring e.l. (undtaget indre ledninger i apparater).

Undtagelse:

For telefoninstallationer og installationer for datatransmission, som opfylder bestemmelserne for beskyttelse ved lav spænding, SELV eller PELV, i 411.1 gælder kun:

- bestemmelserne for nærføring til andre elektriske installationer, se 528.1.2 og
- bestemmelserne for eksplosionsfarlige områder, se kapitel 704

- Udvidelse eller ændring af en installation. Bestemmelserne gælder også for de dele af den eksisterende installation der påvirkes ved udvidelsen eller ændringen.

110.3 Bestemmelserne gælder ikke for:

1. Udstyr for elektriske baner o. l.
2. Automobilers elektriske udstyr.
3. Installationer på skibe.
4. Installationer i flyvemaskiner.
5. Radiostøjdæmpningsudstyr undtagen i den udstrækning, det har indflydelse på installationens sikkerhed
6. Lynbeskyttelse af bygninger.

110.4 Bestemmelserne gælder kun for valget og anvendelsen af det elektriske materiel i installationen.

Dette gælder også for kombinationer af materiel, der er i overensstemmelse med de pågældende materielbestemmelser.

Kap. 13 - Grundlæggende principper

131 Beskyttelse af sikkerhedsgrunde

131.1 Almindeligt

Bestemmelserne har til formål at skabe sikkerhed for personer, husdyr og ejendom mod de farer og skader, som ellers kan opstå ved normal brug af elektriske installationer.

131.2 Beskyttelse mod direkte berøring.

Personer og husdyr skal beskyttes mod de farer, der kan opstå ved berøring af installationens spændingsførende dele. Denne beskyttelse kan opnås ved en af følgende metoder:

- Ved at forhindre, at der går en strøm gennem en person eller et husdyr.
- Ved at begrænse den, strøm der kan gå gennem en person eller et husdyr, til en størrelse, der ikke er farlig.



Reglementer og lovgivning

131.3 Beskyttelse mod indirekte berøring.

Personer og husdyr skal beskyttes mod de farer, der kan opstå ved berøring af udsatte dele, som er blevet spændingsførende på grund af en fejl.

Denne beskyttelse kan opnås ved en af følgende metoder:

- Ved at forhindre, at der går en fejlstrøm gennem en person eller et husdyr.
- Ved at begrænse den fejlstrøm, der kan gå gennem en person eller et husdyr, til en størrelse, der ikke er farlig.
- Ved automatisk afbrydelse af forsyningen, når der opstår en fejl, som kan medføre, at der kan gå en farlig strøm gennem en person eller et husdyr, der berører udsatte dele.

Kap. 41 - Beskyttelse mod elektrisk chok

410.1 Almindeligt.

Beskyttelse mod elektrisk chok skal udføres ved anvendelse af de metoder, er angivet i 411 til 413, og i det omfang, det fremgår af bestemmelserne i 471.

412 Beskyttelse mod direkte berøring.

412.5 Supplerende beskyttelse med HFI- eller HPFI-afbrydere.

412.5.1 HFI- eller HPFI-afbrydere (fejlstrømsafbrydere med en mærkeudløsestrøm, der ikke overstiger 30 mA) kan anvendes som supplerende beskyttelse mod direkte berøring i tilfælde af svigt af andre beskyttelsesmetoder eller manglende agtpågivenhed hos brugerne.

412.5.2 HFI- eller HPFI-afbrydere må ikke anvendes som det eneste middel til beskyttelse mod direkte berøring.

413 Beskyttelse mod indirekte berøring.

413.1.1.1 Afbrydelse af forsyningen

Der skal forefindes beskyttelsesudstyr, som automatisk afbryder forsyningen til den strømskreds eller det materiel, som udstyret beskytter mod indirekte berøring, i tilfælde af en fejl mellem en spændingsførende del og en udsat del eller en beskyttelsesleder i strømkredsen eller materiellet.

Beskyttelsesudstyret skal virke således, at der ikke kan opretholdes en prospektiv berøringsspænding, der overstiger 50 V eller

120 V, i så lang tid, at det medføre risiko for skadelige fysiologiske virkninger i en person (eller husdyr), der er i berøring med samtidige tilgængelige ledende dele.

Kap. 47 - Anvendelse af beskyttelsesmetoder

470 Almindeligt

470.1 Beskyttelse skal anvendes i enhver installation, del af en installation og for materiel i det omfang, det kræves i bestemmelserne i dette kapitel.

470.2 Ved valg af beskyttelsesmetoder gælder eventuelle særlige bestemmelser i del 7.

471 Beskyttelse mod elektrisk chok.

471.1 Beskyttelse mod direkte berøring

471.1.1. Elektrisk materiel skal være omfattet af en af de beskyttelsesmetoder mod direkte berøring, som er angivet i 411 og 412.

471.2 Beskyttelse mod indirekte berøring

471.2.1 Elektrisk materiel skal være omfattet af en af de beskyttelsesmetoder mod indirekte berøring, som er angivet i 411 og 413.

474 Overbelastningsbeskyttelse af motorer

474.1 Motorer, der starter eller er i drift uden tilsyn, skal være overbelastningsbeskyttet. Motorer i brandfarlige eller eksplosionsfarlige område og i sprængstofrum skal overbelastningsbeskyttes efter reglerne herom i del 7.

474.2 Hvis overbelastningsbeskyttelse af en motor er krævet, skal den være udført på en af nedennævnte måder:

1. Motoren skal være således konstrueret, at motorviklingernes temperatur ved overbelastning ikke overstiger de i afsnit 134.1, § 19.6 angivne værdier.
2. Motoren skal være forsynet med termofølere (temperaturfølsomme afbrydere eller temperaturfølere), der direkte eller gennem forbindelse med en kontaktor bevirker, at motorstrømmen afbrydes ved overbelastning, således at motorviklingernes temperatur ikke overstiger de i afsnit 134.1, § 19.6 angivne værdier.
3. Motoren skal strømforsynes gennem en i den pågældende brugsgenstand indbygget overstrømsafbryder.
4. Motoren skal strømforsynes gennem et motorværn justeret efter motorens fuldlaststrøm.



Reglementer og lovgivning

474.3 Der kræves ikke overbelastningsbeskyttelse af motorer, der har en sådan sikkerhedsmæssig funktion, at strømafbrydelse kan medføre en fare.

Eksempel:

Motorer til brandslukning.

Motorer til hurtiglukkeventiler i fjernvarmeanlæg.

Kap. 51 - Fælles bestemmelser

510 Almindeligt

510.1 Materiellet skal vælges og installeres således:

- at Stærkstrømsbekendtgørelsens bestemmelser er opfyldt,
- at materiellet kan modstå de påvirkninger og ydre forhold, det kan blive udsat for og
- at installationen kan fungere som tilsigtet.

510.2 Materiellet skal monteres, tilsluttes og anvendes i overensstemmelse med anvisninger af sikkerhedsmæssig betydning, f.eks. fabrikantanvisninger. Anvisninger skal være affattet på dansk.

511 Konstruktionsbestemmelser

511.1 Materiellet skal være i overensstemmelse med bestemmelserne i afdeling C for konstruktion af materiel af den pågældende art.

511.2 Bestemmelserne i afdeling C skal i den udstrækning, hvori de kan finde anvendelse, desuden overholdes for materiel, for hvilket der ikke foreligger særlige bestemmelser.

514.3.1 Beskyttelsesledere (PE)

514.3.1.1 Beskyttelseslederen skal være let genkendelige ved deres form, ved deres placering, ved deres farve eller mærkning.

514.3.1.2 Ved farvemærkning skal farvekombinationen grøn/gul anvendes.

Farvekombinationen grøn/gul må kun anvendes til beskyttelsesleder.

514.3.2 Nulledere (N)

Farven lyseblå bør anvendes til isolerede nulledere.

Kap. 62 - Drift og vedligeholdelse af installationer

620 Almindeligt

620.1 Installationer i drift skal være i overensstemmelse med de på tidspunktet for udførelsen eller de ved senere omlægninger gældende bestemmelser for installationers udførelse.

620.2 Hvis et område skifter anvendelse eller beskaffenhed, skal forhåndenværende installation bringes i overensstemmelse med bestemmelserne svarende til den ny anvendelse eller beskaffenhed.

Skifter et område anvendelse eller beskaffenhed i forbindelse med tilslutning af en brugsgenstand, må tilslutningen ikke foretages, før installationen i hele området er bragt i overensstemmelse med bestemmelserne svarende til den nye anvendelse eller beskaffenhed.

620.3 Elektricitetsrådet kan kræve at driften af en installation ledes af en driftsleder med de kvalifikationer, som rådet måtte fastsætte i det enkelte tilfælde.

621 Forhold over for installationer

621.1 Ejeren (brugeren) af enhver installation (herunder også brugsgenstande med tilhørende ledninger), skal udvise påpasselighed med hensyn til at afværge, at installationen udsættes for overlast.

Ejeren (brugeren) er ansvarlig for installationens tilstand og vedligeholdelse, og skal lade fejl og mangler afhjælpe snarest muligt, samt foranledige at der hurtigst muligt træffes foranstaltninger for at hindre at fejl eller mangler kan foranledige fare for personer, husdyr eller ejendom.

621.2 Brugsgenstande skal holdes i god stand og renses med passende mellemrum.

For transportable motordrevne og elektromagnetisk drevne håndværktøjer, der benyttes jævnligt, anses ovenstående bestemmelse i almindelighed kun for opfyldt, dersom værktøjet med højst 2 måneders mellemrum (for dobbeltisolerede værktøjers vedkommende dog 6 måneder) og i øvrigt når det viser tegn på fejl, underkastes eftersyn af en sagkyndig eller instrueret person, hvorved fejl, som kan forårsage fare, afhjælpes på betryggende måde. Under ugunstige omstændigheder kan hyppigere eftersyn være påkrævet.



Reglementer og lovgivning

621.3 Hvor maskiner og apparater hyppigt afvaskes eller hvor spuling foretages (f.eks. i levnedsmiddelbranchen), skal der udvises påpasselighed, således at elektriske dele (såsom afbrydere o.l.) på brugsgenstande eller i rummet i øvrigt ikke udsættes for skadelig påvirkning fra rengøringsmidlerne.

621.4 Termiske apparater, samt belysningsarmaturer må ikke anvendes på en sådan måde, at de kan bevirke skadelig opvarmning af omgivelserne.

621.5 Letantændelige genstande eller stoffer må ikke forefindes i farlig nærhed af belysningsarmaturer eller andre brugsgenstande.

621.6 Tilledninger må ikke anvendes på en sådan måde, at de udsættes for mekanisk, kemisk eller termisk beskadigelse. Ledninger, som er i en sådan tilstand, at fortsat benyttelse af dem kan medføre fare, må ikke anvendes.

622 Udskiftning af sikringer og genindkobling af maksimalafbrydere

622.1 Smeltesikringer, automatsikringer eller maksimalafbrydere til overstrømsbeskyttelse af ledninger eller brugsgenstande må kun udskiftes eller genindkobles én gang efter overbrænding eller automatisk udkobling.

Sker der straks igen en sikringsoverbrænding, eller automatisk udkobling, skal eventuelle fejl fjernes, og ny sikringsudskiftning eller genindkobling må ikke foretages, før isolationsmodstanden er målt til en forskriftsmæssig værdi.

Undtagelser:

Bestemmelsen gælder ikke hvor en sikringsoverbrænding eller automatisk udkobling skyldes en kortvarig overbelastning f.eks. ved en start eller drift af en motor.

Isolationsmålingen kan udelades for den faste installation, hvis fejlen er i en brugsgenstand eller dens tilledning, som straks adskilles fra installationen, og tilslutning ikke foretages, før fejlen er fjernet.

622.2 Udskiftning af knivsikringer i spændingsførende tilstand må kun foretages af en sagkyndig eller instrueret person og under anvendelse af et dertil konstrueret isolerende håndtag.

622.3 Ejeren (brugeren) af en installation skal sørge for, at der i sikringsholderne ikke er anbragt andre genstande end dertil bestemte sikringer.

Denne bestemmelse anses i almindelighed kun for opfyldt, dersom han foretager, eller lader foretage eftersyn af sikringer og sikringsholdere:

1. med højst 1/2 års mellemrum i bedrifter eller større husholdninger, hvor ansatte gør brug af installationen, og har adgang til sikringerne.
2. når han som ejer eller bruger overtager en forhåndenværende installation.
3. når fremmede håndværkere e.l. (dog ikke el-installatører) har gjort brug af installationen og haft adgang til sikringerne.

623 Konstatning af fejl

623.1 Forholdsregler ved konstatning af fejl

Hvis en elinstallatør eller hans personale under sit arbejde konstaterer (herunder isolations) fejl eller mangler ved en installation og ikke afhjælper disse, skal han gøre ejeren (brugeren) bekendt med disse og med den fare og det ansvar, som er forbundet med ikke at lade fejl eller mangler afhjælpe.

623.2 Afbrydelse af forsyningen

Bliver elleverandøren bekendt med en fejl ved en installation og skønner, at fejlen medfører væsentlig fare, er han berettiget til at afbryde forsyningen til installationen eller til den fejlbehæftede del af installationen, såfremt fejlen ikke er afhjulpet inden for en af elleverandøren fastsat rimelig tid.

Kap. 63 - Arbejde på eller i nærheden af installationer

630 Almindeligt

630.1 Under udførelsen af arbejde i nærheden af elektriske installationer skal der udvises påpasselighed for at afværge, at disse udsættes for overlast.

630.2 Når en installation eller en del af denne gøres spændingsløs før arbejde på eller i nærheden af installationen, skal der udvises agtpågivenhed og omtanke for at sikre, at afbrydningen foretages således, at installationen ikke kommer under spænding ved arbejdets udførelse.

630.3 Arbejde på eller nær ved elektriske installationer under spænding må kun udføres af personer, der er fyldt 18 år.

Betjening af prøvetavler i forbindelse med afprøvning af brugsgenstande under spænding kan udføres af personer, der er under uddannelse og fyldt 16 år, når de er instrueret og under opsyn af en sagkyndig person.



EI-fremstilling AC – DC

Stoffernes opbygning

Alt stof er opbygget af grundstoffer, som kun indeholder et slags atom.

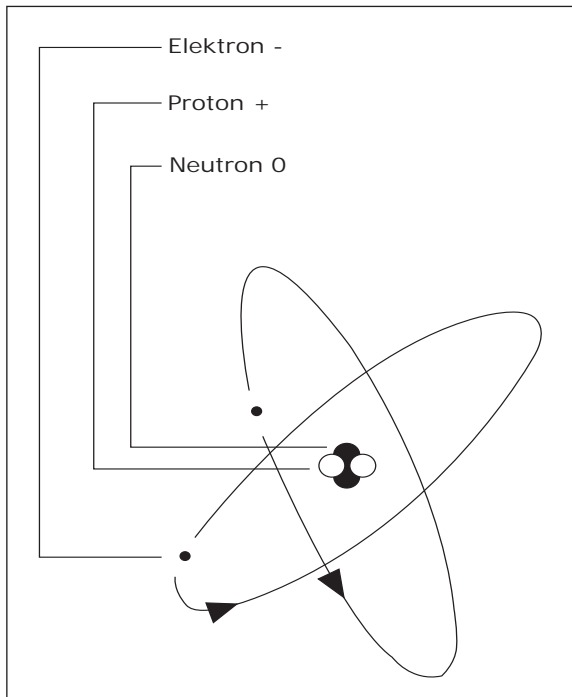
Der findes over 100 grundstoffer, som er opstillet i et system der kaldes »det periodiske system«. Stoffernes tilstandsform kan være luftformige, flydende eller faste.

Stoffets tilstandsform er dog ikke permanent, da de kan ændres ved påvirkninger som varme, kulde, lys, magnetisme og andre former for påvirkning.

Atomets opbygning

Atomets er grundstoffets mindste bestanddel og består af en kerne med en eller flere elektroner, der bevæger sig i en bestemt bane omkring kernen, som består af protoner og neutroner.

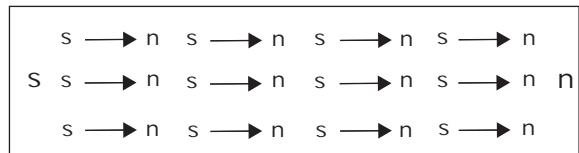
En atomkerne består af et antal protoner og neutroner. Det er antallet af disse der bestemmer grundstoffets art.



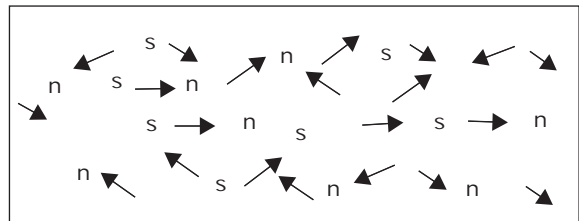
Et atom er ikke-elektrisk udadtil, fordi kernens positive og elektronernes negative ladning er lige store, men når atomets ligevægt forstyrres ved at tilføre eller fjerne elektroner opstår der en spænding - også kaldet en spændingsforskel.

Magnetisme

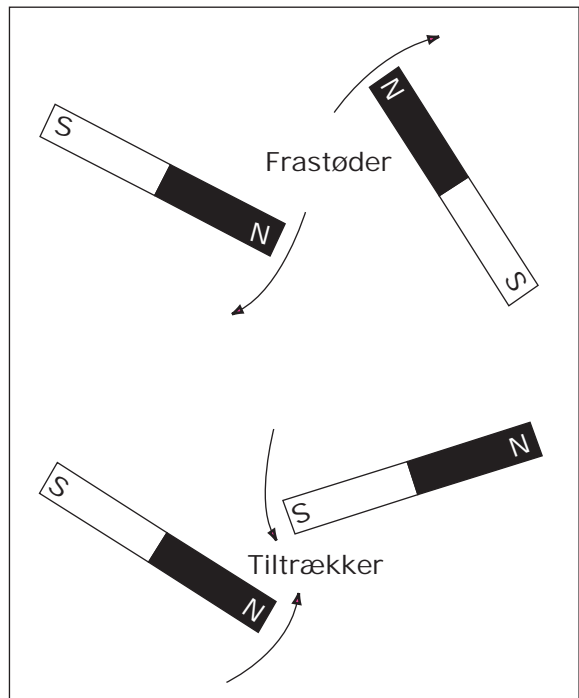
Magnetisme er en naturkraft der findes i nogle materialer og defineres som en syd- og en nordpol.



Magnetiske materialer har mere eller mindre ensrettede magnetiske molekyler.



Magnetiserbare materialer - som f.eks. jern, nikkel og kobolt - er umagnetiske, fordi de enkelte molekyler ved deres indbyrdes stilling ophæver hinanden.



Har man to magneter vil man hurtigt finde ud af at:

- Ensartede poler frastøder hinanden og forskellige poler tiltrækker hinanden.



Spænding, strøm og modstand

El-fremstilling

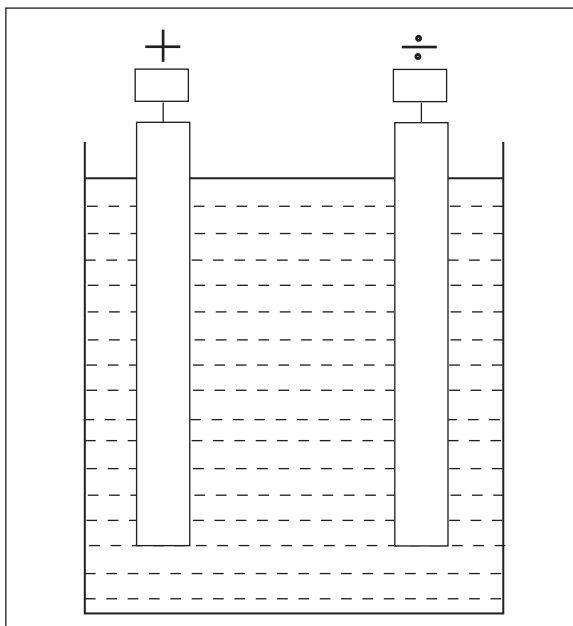
Frembringelse af elektricitet kan gøres på mange forskellige måder:

- Statisk elektricitet ved gnidning.
- Galvanisk elektricitet ved kemisk virkning.
- Induceret elektricitet ved elektromagnetisme.
- Foelektricitet ved lyspåvirkning.
- Piezo-elektricitet ved mekanisk påvirkning.
- Termo-elektricitet ved varmpåvirkning.

Jævnspænding

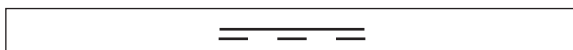
Ved at nedsænke en kobberplade og en zinkplade i fortyndet svovlsyre, kan der mellem de to plader måles en spændingsforskel.

Kobberpladen bliver positiv og zinkpladen bliver negativ. Det vi herved har fremstillet er et galvanisk element.



Det var italieneren Volta der i år 1800 konstruerede det første galvaniske element - og det er efter ham måleenheden for spænding er opkaldt.

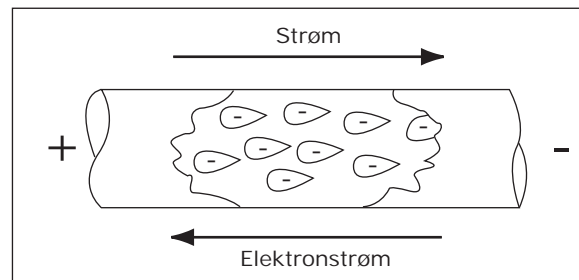
For at angive, at en spænding eller en strøm er jævn, anvendes forkortelsen DC (direct current).



Symbol for DC

Spændingen over et batteris poler vil hele tiden virke i samme retning og forsøge at drive elektronstrømmen fra batteriets ene pol til den anden pol.

Det vi i daglig tale kalder elektrisk strøm er i virkeligheden en bevægelse af negative elektroner, som strømmer fra minus til plus. Men man har vedtaget at sige, at strømmen går fra plus til minus.



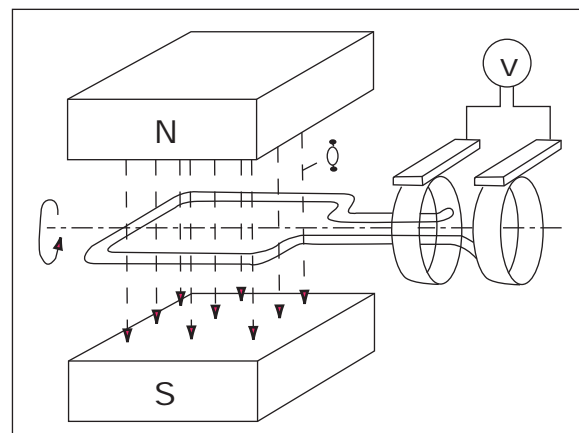
Elektronstrømmen er altså modsat rettet det, vi normalt opfatter som den elektriske strøm.

Vekselspænding

Spændingen fra en generator eller et elektricitetsværk skifter hele tiden mellem plus og minus og da spændingen hele tiden skifter polaritet kaldes det en vekselspænding.

Vekselstrøm er en elektrisk strøm, som med små konstante tidsmellemlum skifter retning, hvilket betyder at + og - skifter plads

Det er den magnetiske kraft, der bruges til el-fremstilling. Ved at dreje spolen rundt i et magnetfelt med stor hastighed indukteres strømmen i spolen.



På denne måde fremkaldes en spændingsforskel i ledningens ender.



Spænding, strøm og modstand

Når man drejer magneten rundt, vil den påvirke spolen skiftevis med en sydpol og derefter en nordpol.

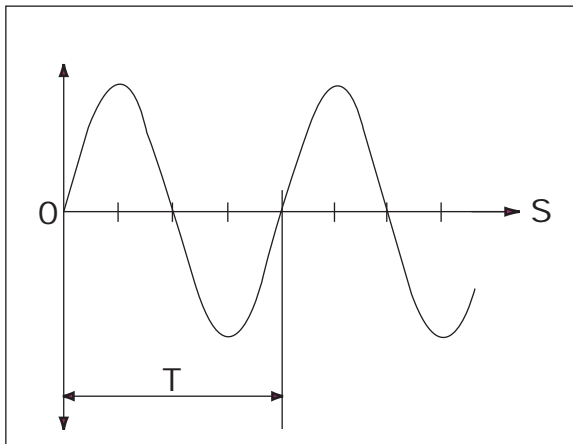
Den vil på denne måde »trække og skubbe« elektronerne gennem ledningen.

- Dette princip kender vi fra cykeldynamoen.

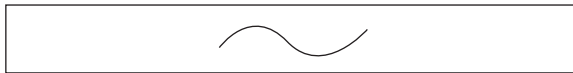
Den såkaldte sinusformede vekselspænding er den almindeligst forekommende. Den har et udseende som skitsen.

Spændingen starter i 0 - stiger til en positiv værdi - falder mod nul - bliver negativ - og stiger mod nul. Spændingen har nu gennemløbet en periode.

Gennemløbstiden for en periode med frekvensen 50 Hertz (skrives Hz) er 20 millisekunder ($20/1000$ sekunder), at frekvensen er 50 Hz vil sige at der gennemløbes 50 perioder pr. sekund. 50 Hz er den frekvens der anvendes de fleste steder, bl.a. her i Danmark.



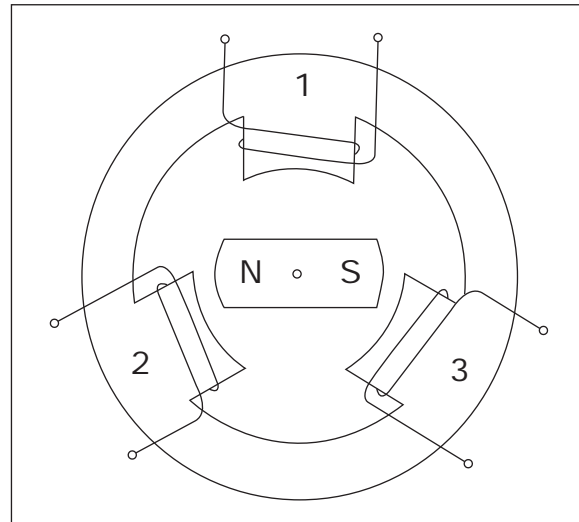
For at angive at en spænding, eller en strøm, hele tiden skifter retning, anvendes forkortelsen AC (Alternating Current - skiftende strøm).



Symbol for AC

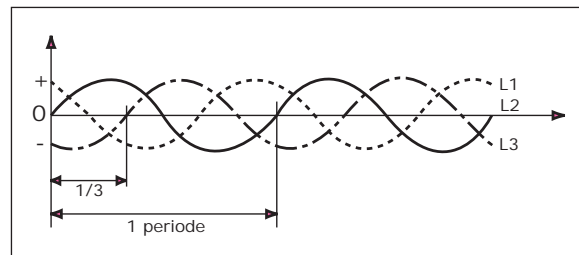
Den trefasede vekselstrømsgenerator kan i princippet være opbygget som vist i nedenstående figur. Her frembringes den elektriske energi ved magnetisk induktion.

Statoren består af tre spoler, der symboliserer de tre faser. Spolerne er forskudt 120° i forhold til hinanden.



Ankeret (den roterende del) er et magnet-system (på tegningen symboliseret som en magnet).

Det trefasede vekselspændingssystem har et »udseende«, som vist på skitsen herunder.



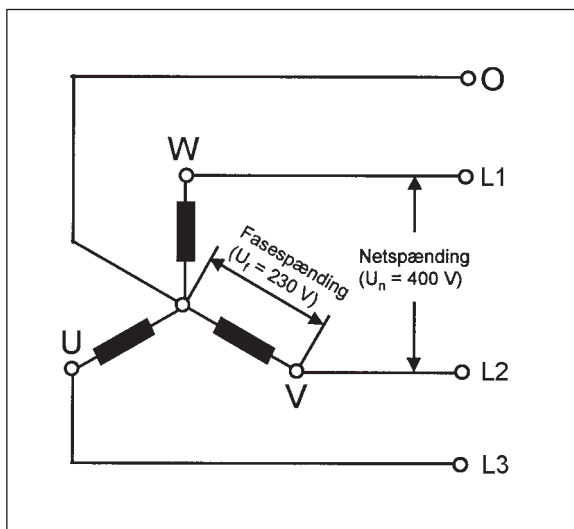
Vi kan her se at faserne er forskudt $1/3$ periode efter hinanden, hvilket betyder at spændingen mellem to faser bliver 400 V.

Reguleringsautomatik

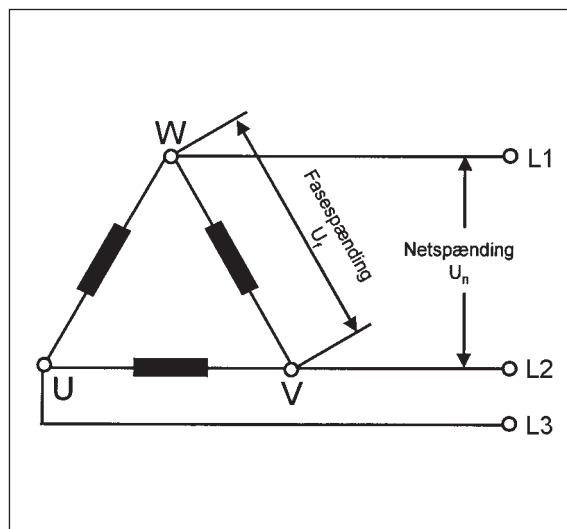


Spænding, strøm og modstand

Generatorens spoler kan forbindes i stjerne, som vist på nedenstående figur.

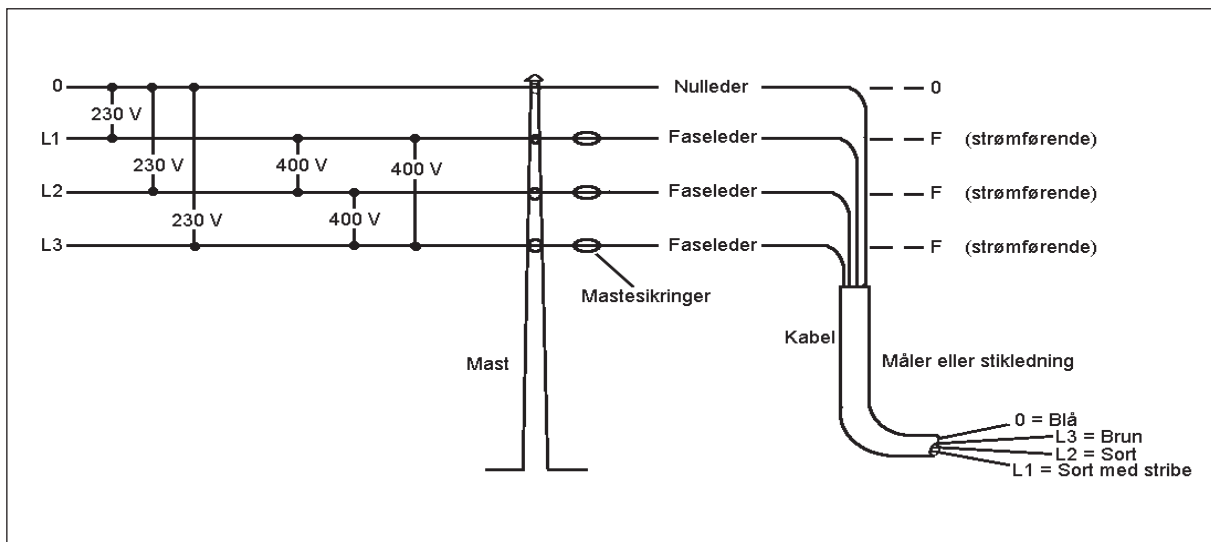


eller forbindes i trekant som herunder.



Vores almindelige elektriske forsyningsanlæg er et tre-faset vekselstrømsnet.

Det består af fire ledninger, hvoraf den ene er en nul-leder og de øvrige er faser, som benævnes L1, L2 og L3.



Spændingen mellem hver fase og nul er 230V, mens spændingen mellem to af faserne er 400V.



Spænding, strøm og modstand

Elektrisk energi og effekt

Når man arbejder med begreber som elektrisk energi og effekt, er det en god ting, at kende lidt til nogle andre begreber, der har noget at gøre med elektricitet. I kender dem sikkert allerede, men her er en lille repetition:

Elektricitet skyldes ladede partikler og hvis man spørger om hvad elektricitet er, kan man få det svar, at det er »noget med elektroner«.

Vi kan altså besvare elektricitetens natur ud fra det vi kender fra kemien: Nemlig elektronmodellen. Når der går strøm gennem en ledning, er det elektronerne der bevæger sig. Da elektronen er den mindste ladede partikel vi kender, bærer den også på den mindste elektriske ladning der eksisterer.

Begrebet elektrisk ladning måles i noget der hedder Coulomb [C]. Symbolet for ladning er Q. Ladningen på en elektron er:

$$Q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

Når vi har en elektrisk strøm bevæger elektronerne sig gennem ledningen fra det sted, hvor der er overskud af elektroner (Minuspolen), til det sted hvor der er underskud af elektroner (Pluspolen). Elektronerne bevæger sig altså gennem ledningen fra minus til plus. Men vi siger stadig at strømme retning er fra plus til minus.

Strømstyrke

Strømstyrke er et udtryk for hvor mange elektroner, der bevæger sig gennem ledningen pr. sekund. Og da hver elektron har en ladning, bliver enheden for strømstyrke Coulomb pr. sekund [C/s]. Denne enhed kaldes også for Ampere [A]. $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$

Symbolet for strømstyrke er I og når strømstyrken gennem en ledning er 1 A, betyder det altså, at der løber en en ladningsmængde på 1 C gennem ledningen pr. sekund.

1 C svarer til ladningen på i alt $6,3 \times 10^{18}$ elektroner.

$$\text{Strømstyrke: } I = \frac{Q}{t}$$

Q = Ladning

I = Strømstyrke

t = Tid

Spænding

Den elektriske spænding er et udtryk for, hvor meget energi der skal til, for at transportere en elektrisk ladning gennem en ledning.

Enheden for elektrisk spænding bliver da: Joule pr. Coulomb [J/C]. Denne enhed kaldes også for Volt [V]. $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$.

Symbolet for elektrisk spænding er U.

$$\text{Spænding: } U = \frac{E}{Q}$$

E = Energi

U = Spænding

Q = Ladning

Modstand

Når en strøm går gennem en ledning eller en elektrisk komponent, vil det blive mødt af en modstand fra ledningen eller komponenten.

Modstanden er afhængig af lederens længde, tykkelse og materiale. Hvis modstanden i et lederstykke er stor, betyder det, at der ikke kan komme så meget strøm igennem. Elektronerne passage gennem lederstykket besværliggøres hvis modstanden er stor.

Enheden for elektrisk modstand er: Ohm [Ω] og symbolet for elektrisk modstand er: R.

1Ω er den elektriske modstand, der er i en ledning, hvis der kræves en spændingsforskel på 1 Volt for at drive en strøm igennem på 1 A.

Den sammenhæng, der er mellem begreberne modstand, spænding og strømstyrke, sammenfattes ofte i det vi kalder:

$$\text{Ohms lov: } R = \frac{U}{I}$$

Eller:

$$U = I \times R$$

Eller:

$$I = \frac{U}{R}$$



Spænding, strøm og modstand

Elektrisk effekt

Den elektriske effekt kan man beregne ved at gange spændingsforskellen (U) med strømstyrken (I). Og da symbolet for effekt jo er P, kan vi udtrykke sammenhængen således:

Enheden for effekt er som bekendt Watt: Hvor $W = J/s$. Vi udtrykker det ofte populært:

$$\text{Effekt: } P = U \times I$$

Elektrisk energi

Når man skal beregne elektrisk energi bruger vi bare den kendte formel: $E = P \times t$. Hvis vi bruger udtrykket $U \times I$, i stedet for P, ser det således ud:

Watt er lig med Volt gange Ampere

Enheden for energi er jo Joule [J]. Men da energienheden Joule er en ret lille energienhed, bruger man ofte enheden kilo-Watt-timer [kWh] i stedet for. Når man afregner sit strømforbrug, betales der pr. kWh.

Omsætningen mellem kWh og Joule er som følger:

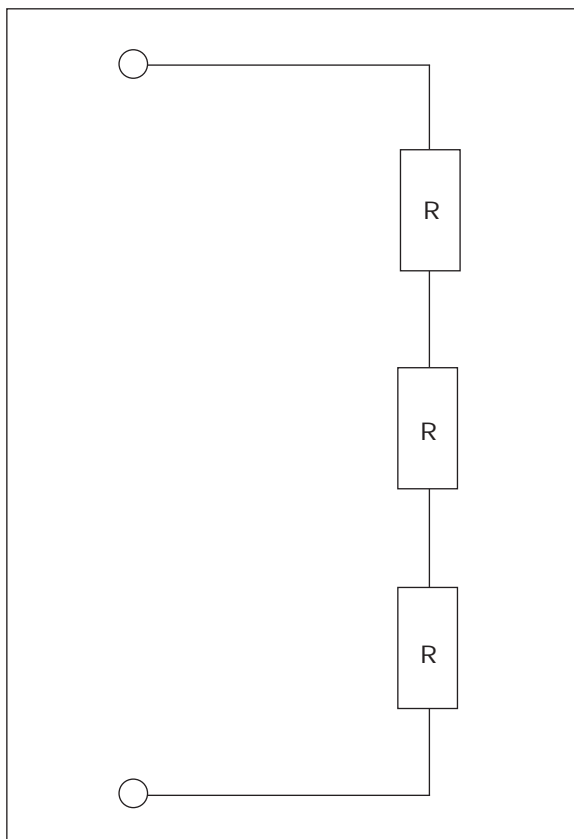
$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh} = 1000 \times 60 \times 60 \text{ Ws} = 3.600.000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}.$$



Serieforbindinger

Serieforbinding betyder at komponenterne er forbundet i forlængelse af hinanden.

Hvis en af komponenterne afbrydes er alt i kredsen afbrudt.

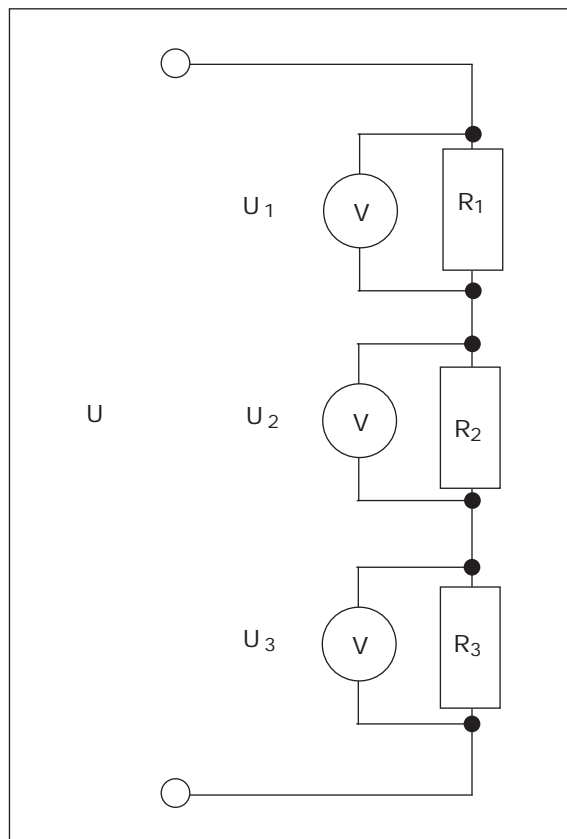


Spændingsforhold

Når man sætter spænding på kredsen, vil hver enkelt modstand fremkalde et spændingsfald, som også kaldes delspændinger.

Summen af disse delspændinger er lig med den samlede spænding.

Formel : $U = U_1 + U_2 + U_3$.



Modstandsforhold

Hver komponent har en modstand og hvis man lægger disse modstande sammen får man den samlede modstand.

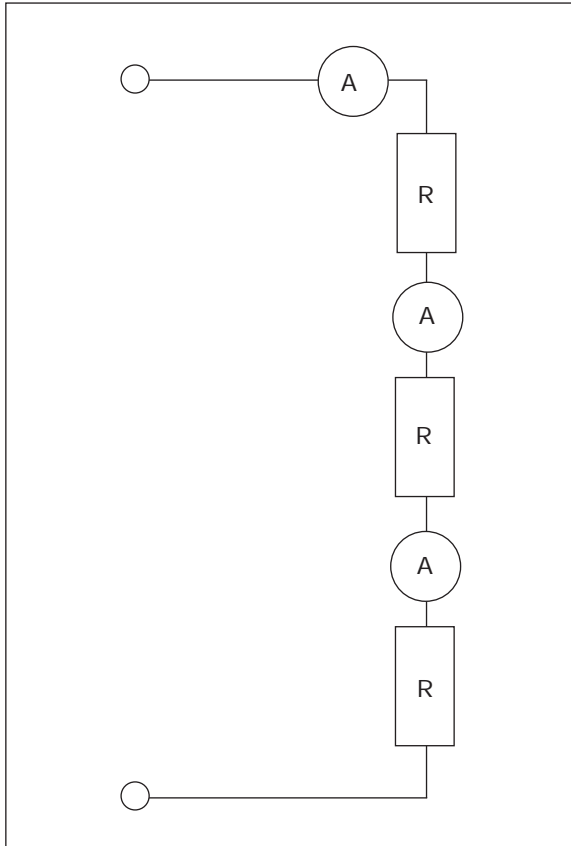
Formel: $R = R_1 + R_2 + R_3$.



Spænding, strøm og modstand

Strømforhold

Komponenterne i en serieforbindelse gennemløbes af en lige stor strøm.



Et amperemeter vil vise samme udslag, ligegyldigt hvor i kredsen det sættes ind.

Eksempler på serieforbindelser finder vi i juletræskæden, hvor summen af de enkelte lampers spænding giver tilslutningsspændingen - eller ved måling af strøm, hvor vi forbinder multimeteret i serie med komponenten.

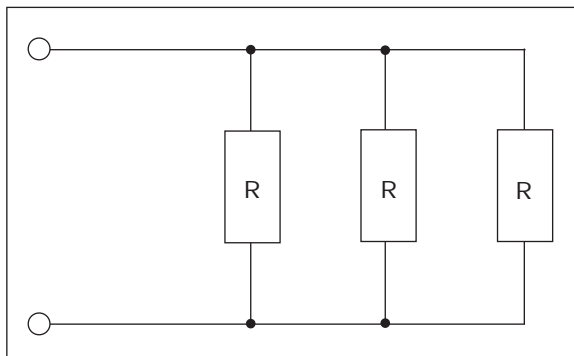


Spænding, strøm og modstand

Parallelforbindelse

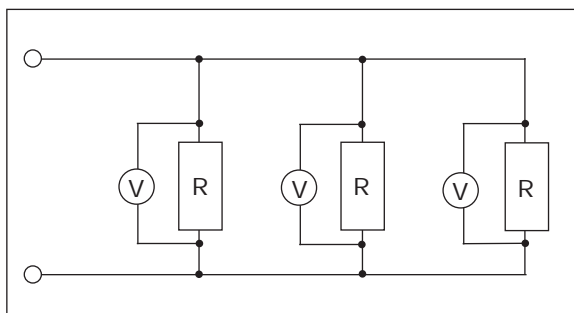
Parallelforbindelse betyder, at alle komponenter er tilsluttet samme spænding.

Hvis man afbryder en af komponenterne vil de andre stadig være tilsluttet.



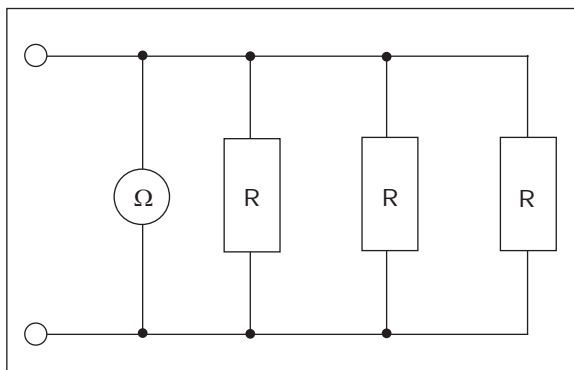
Spændingsforhold

Alle komponenterne i en parallelforbindelse vil være tilsluttet den samme spænding og alle voltmetrene vil vise det samme.



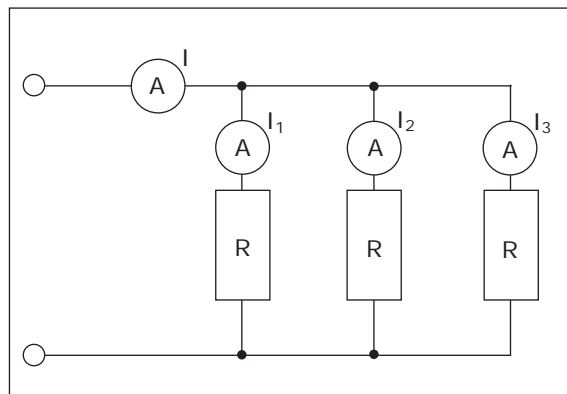
Modstandsforhold

Modstanden for hele kredsen vil være mindre end den mindste modstand. Den kan findes ved at dividere spændingen med den samlede strøm.



Strømforhold

I en parallelforbindelse vil de enkelte komponenter modtage hver sin del af strømmen og den samlede strøm vil være summen af de enkelte strømme.



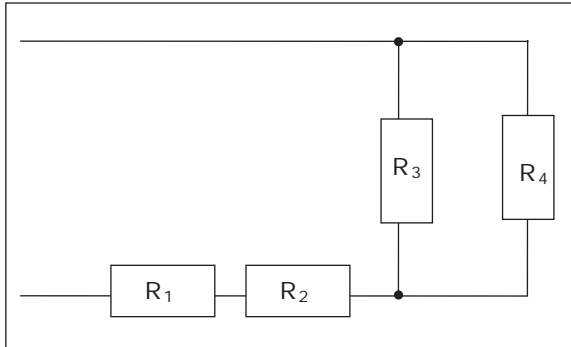
$$\text{Formel: } I = I_1 + I_2 + I_3$$

Eksempler på parallelforbindelser finder vi i husinstallationen samt når vi benytter et voltmeter til at måle spænding med.



Kombinerede forbindelser

Kombinerede forbindelser er forbindelser, der består både af parallelforbindelser og serieforbindelser.



Ved beregning af spænding, strøm og modstand skal man beregne de enkelte forbindelser hver for sig.

Eksempel

Beregning af parallelforbindelsens modstand:

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \quad \text{eller} \quad \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}$$

Beregning af serieforbindingens modstand:

$$R_s = R_1 + R_2$$

Samlet modstand:

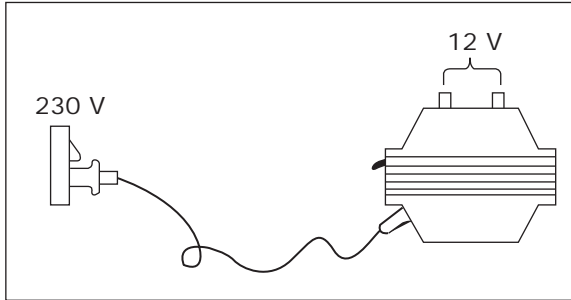
$$R = R_s + R$$



Spænding, strøm og modstand

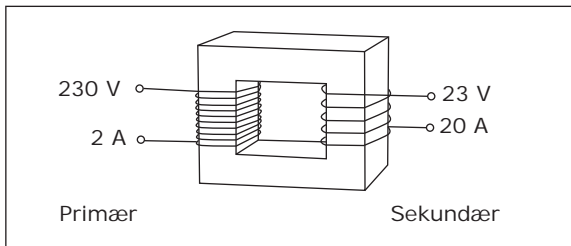
Transformator

En af fordelene ved at anvende vekselspænding frem for jævnspænding er, at vekselspændingen kan transformeres op eller ned til enhver ønsket størrelse.



Har man således brug for en spænding på f.eks. 12 V, kan man ved hjælp af en transformator f.eks. nedtransformere lysnettets 230 V.

Transformatoren består af to spoler, der er viklet om en jernkerne. Den kan f.eks. være udformet, som vist på skitsen herunder.



De to spoler benævnes henholdsvis primær- og sekundærsiden. Sekundærsiden er altid tilsluttet brugsgenstanden.

Spolernes vindingstal er bestemmende for transformatorens omsætningsforhold.

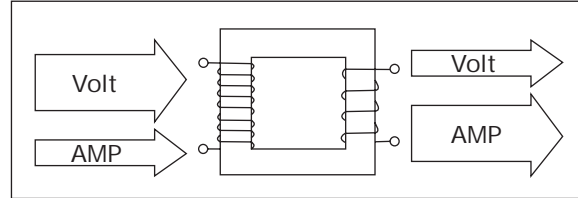
Er antallet af vindinger på primærsiden f.eks. 500 og på sekundærsiden 50, får vi et omsætningsforhold på:

$$\frac{50}{500} = \frac{1}{10}$$

Tilslutter vi primærsiden til 230 V, vil vi på sekundærsiden få en spænding på 230 x omsætningsforholdet, det vil sige:

$$230 \text{ V} \times \frac{1}{10} = 23 \text{ V}$$

Den strøm, vi får på sekundærsiden, vil i dette tilfælde være 10 gange større end strømmen på primærsiden.



Vores almindeligste lysinstallation er normalt 230 V.

Det vil sige, at vi til dette formål bruger spændingen mellem en vilkårlig fase og nul.

Større motorer, varmelegemer, vaskemaskiner og lignende tilsluttes derimod to eller tre faser, hvorved de får en spænding på 400 V.

Reguleringsautomatik

Spænding, strøm og modstand





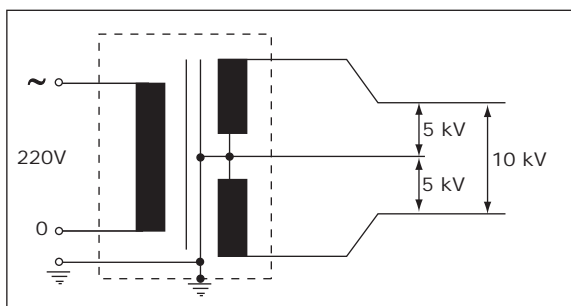
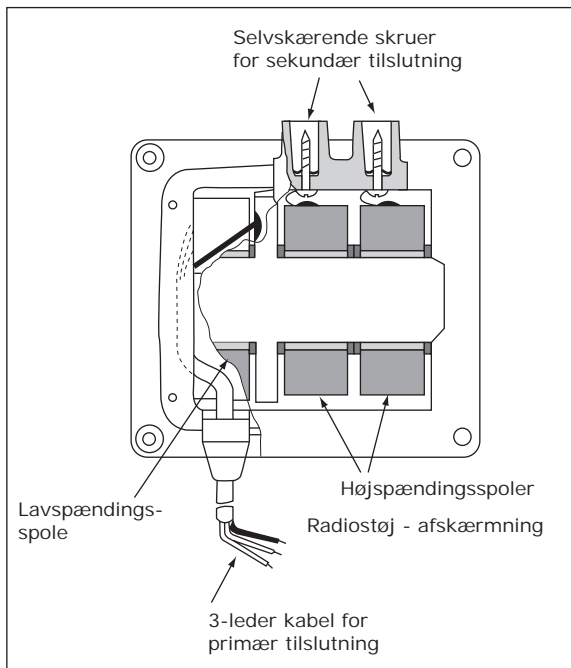
Eltekniske komponenter

Tændtransformator

En tændtransformator skal levere en meget høj spænding, for at sikre gnistens start mellem elektroderne til at antænde brændstoffet.



Man taler normalt om spændinger, der er omkring 10.000 - 12.000 V.



På moderne brændere behøver tændingen kun at være indkoblet i kort tid. Ved at udnytte det har man kunnet reducere størrelsen på transformeren.

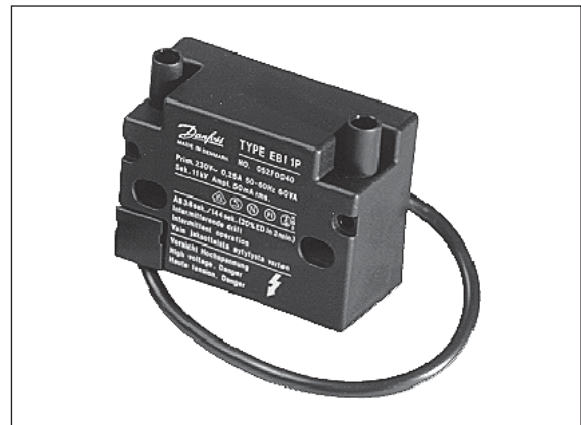
Disse transformere må kun være indkoblet en bestemt del af tiden f.eks. angivet således: 33 % ED i 3 min.

Dette skal læses således; at for hver 3. minut må transformeren kun være indkoblet sammenlagt 1 minut, man taler her om transformatorer for intermitterende drift (afbrudt tænding).

Elektronisk tændenhed

En elektronisk tændenhed har den samme opgave som en traditionel transformator.

Opbygningen af en sådan elektronisk tændenhed er dog væsentlig anderledes end den traditionelle transformator.



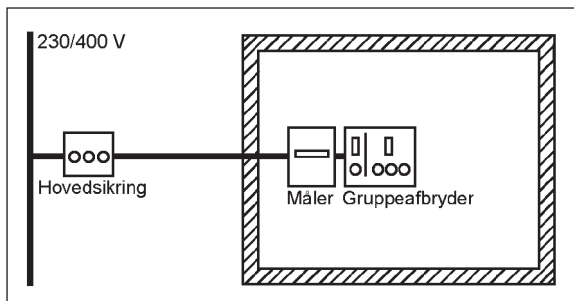
Forskellen ligger i; at 50 Hz netfrekvens omformes til ca. 20 kHz.



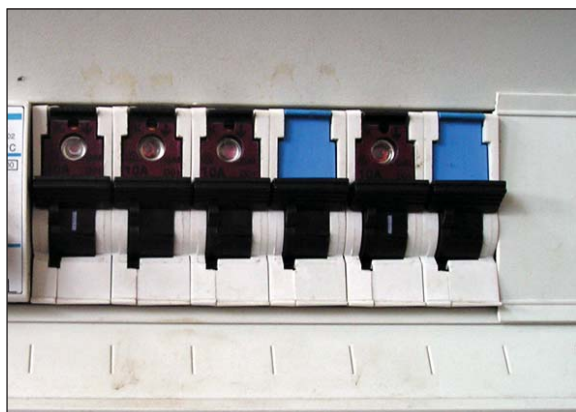
Eltekniske komponenter

Husinstallationer

Fra ledningerne i gaden føres elektriciteten gennem hovedsikringerne frem til den enkelte forbrugers måler og gruppeafsætning.



En gruppeafsætning består af en række gruppeafbrydere med sikringer.



Sikringer

Sikringerne, som sidder først i installationen, er til for at beskytte ledningerne og installationen.

Inden i sikringerne ligger en tynd sølvtråd, som vil smelte hvis strømmen overstiger sikringens størrelse - som i øvrigt er påstemplet på sikringen.



Desuden er sikringerne mærket med en farveplet. Hver sikringsstørrelse har sin farve.

For at forhindre fejltagelser er sikringerne af forskellige ampere størrelser ikke ens af dimension.

Ved skruesikringer anvendes længdesystemet. Diazet-sikringer, der anvendes i dag, er i to dele et sikringshoved samt en sikringspatron, der indeholder sølvtråden.

Sikringspatronen er forsynet med en lille melder, der falder ud når sikringen er sprunget.

Melderens farve angiver tillige sikringens størrelse.

En type sikring (Neozed-sikringen) er opbygget som diazet-sikringen, men er blot noget mindre.

Sikringernes størrelse i ampere kan aflæses på sikringen.

Desuden er sikringens ofte mærket med en farveplet. Hver sikringsstørrelse har sin farve.

Rosa.....	2 A
Lysebrun....	4 A
Grøn.....	6 A
Rød.....	10 A
Sort.....	13 A
Grå.....	16 A
Blå.....	20 A
Gul.....	25 A
Sort.....	35 A
Kobber.....	63 A



Fælles for alle typer af sikringer gælder det, at man ikke kan bruge en større sikring end bundskruer eller gruppeafbryder er beregnet til.

Anvendelse af ståluld, sølvpapir, søm og lignende i gruppeafbryderen er ikke alene ulovligt - men også farligt.

Mange brande er opstået ved brug af sådanne erstatninger - og det må i øvrigt tilføjes at forsikringsselskaberne nedskriver erstatningssummen ved brandskader opstået på denne måde.

Sådanne ulovligheder straffes med bøder.

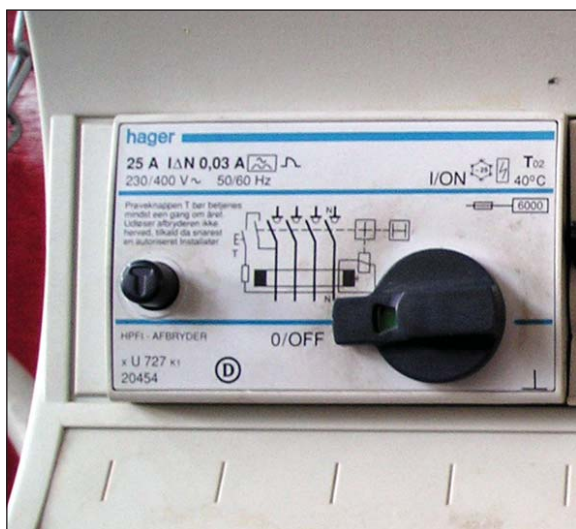


Eltekniske komponenter

Automatsikringer

Automatsikringer er en sikring, der ikke brænder over ved en overbelastning eller kortslutning.

Den udløser en afbrydermekanisme, og kan kun genindkobles manuelt.



Automatsikringer fås i forskellige størrelser og udførsler og vil nok efterhånden fortrænge den traditionelle gruppeafbryder med smeltesikringer.

Ekstrabeskyttelse

(supplerende beskyttelse)

Ved arbejde på, eller i nærhed af spændingsførende dele, er der risiko for uforståelig berøring med store skader til følge.

Ekstrabeskyttelse kan ifølge stærkstrømsbekendtgørelsen udføres ved følgende metoder:

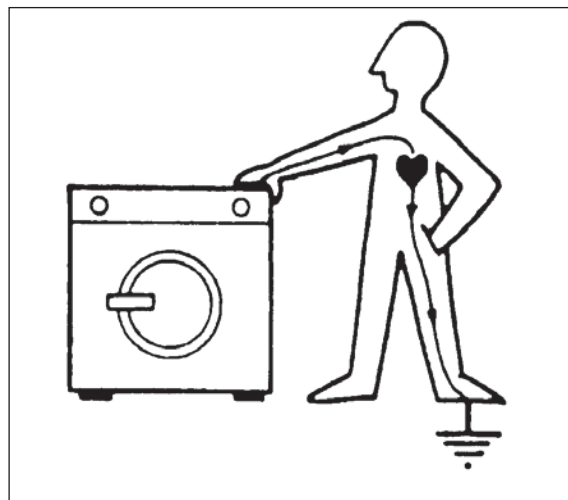
1. Ekstra isolering
2. Isolationsled
3. Sekundær strømkredse
4. Fejlstrømsafbryder
5. Fejlspændings afbryder
6. Nulling
7. Jording

Her gælder Ohms lov: $U = I \times R$

Eksempel:

Hvis modstander fra hånd til fod er ca. 1000Ω og spændingsforskellen er 230 V , vil strømmen være ca. 230 mA , hvilket er livstruende.

Det er strømmens størrelse - og hvilken vej den går igennem kroppen - der er afgørende for skadens omfang.



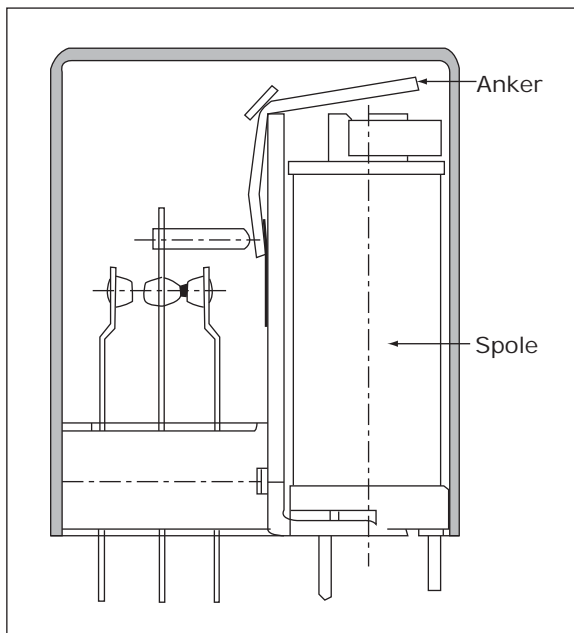
Ekstrabeskyttelse foretages for, at beskytte det menneskelige legeme mod at blive passeret af farlige elektriske strømme.



Relæer, kontaktorer og motorværn

Relæer

Grundprincippet i relæer og kontaktorer er, at en spole med jernkerne påtrykkes en spænding, hvorefter de elektromagnetiske kræfter påvirker et kontaktsystem.



Relæ med skiftekontakt

Et relæ anvendes ofte som hjælperelæ mellem en føler og en kontakt.

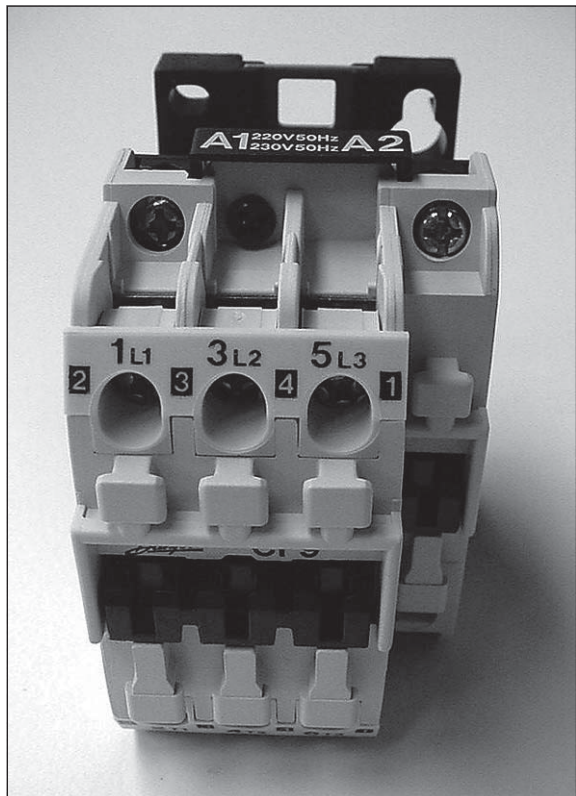
Ved tilslutning af spænding til spolen vil ankeret blive tiltrukket af kernen og kontaktsættet aktiveres.



Eltekniske komponenter

Kontaktor

Kontaktoren er i princippet opbygget som relæet.

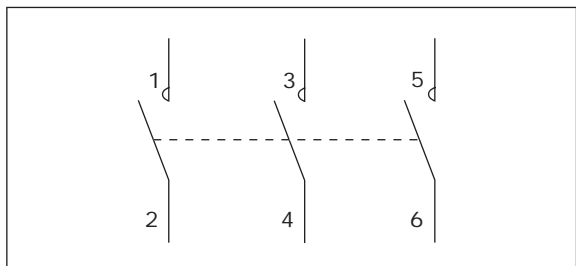


Den anvendes til styring af store elektriske brugsgenstande f.eks. motorer, varmelegemer osv.

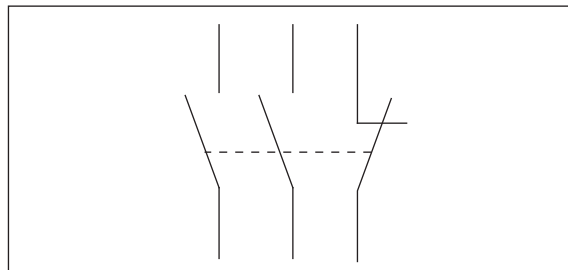
Kontaktoren indeholder et antal hjælpe- og hovedkontakter, hovedkontakterne er de kontakter der slutter og bryder belastningsstrømmen (hovedstrømmen) de skal derfor være dimensioneret til den pågældende strømstyrke.

Hjælpekontakterne er kontakter der ind går i styrestrømskredsen.

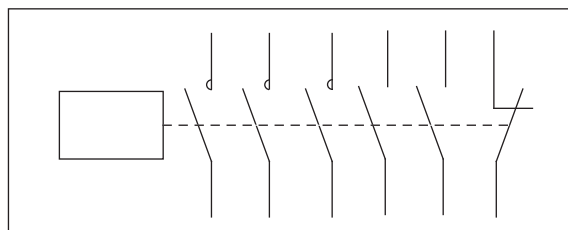
Kontaktorens hovedkontakter vil være mærket, som vist herunder og være benævnt med disse talkombinationer.



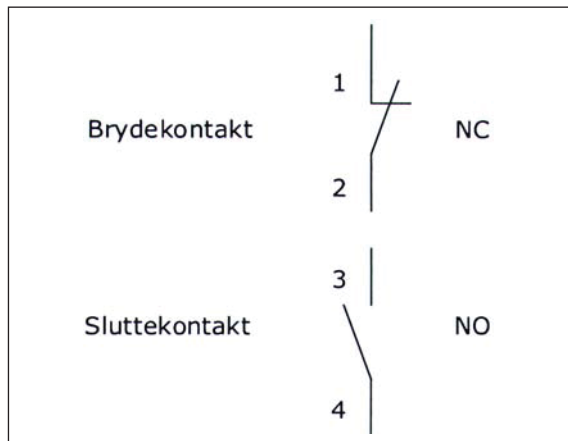
Hjælpekontakter vil være vist som tegningen herunder.



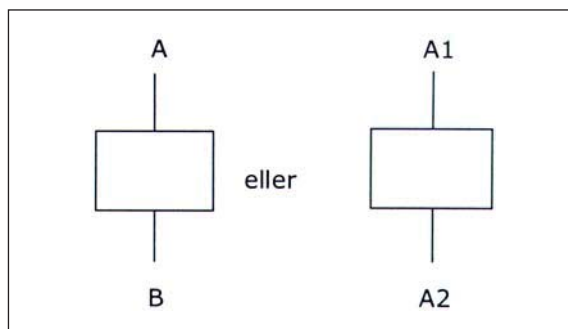
Når de to typer kontakter sættes sammen med spolen vil det være vist som på næste tegning.



Hjælpekontakterne er mærket efter følgende regler.



Spolen kan være mærket med følgende bogstaver.





Eltekniske komponenter

Motorværn

Motorværnet har den sikringsmæssige funktion, at det automatisk afbryder for motoren hvis der opstår høje strømme, der er skadelige for motorens viklinger.

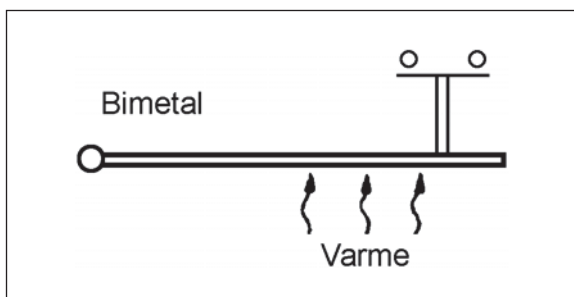
Motorværnets udløsermekanisme skal indstilles, så det netop passer til den tilsluttede motors højst tilladte strøm, også kaldet motorens fuldlaststrøm.

Motorværnet monteres lige før motoren og skal være indrettet således at det skal indkobles manuelt efter en udkobling.

Det kan også laves som et magnetbetjent motorværn hvor det er en kontakt der afbryder strømmen til spolen og af denne vej afbryder for motoren.



Motorværnet er lavet på en sådan måde, at hvis motorens ledninger overophedes f.eks. ved overbelastning, vil et bimetal, der består af to metalstykker med forskellig udvidelseskoefficient, bøje sig og afbryde strømmen til motoren.



Motorværn kan laves på to forskellige måder, som håndbetjent hvor til er en mekanisk funktion, der slår strømmen fra.



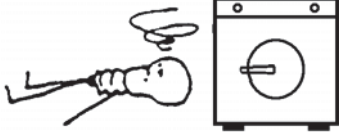
Eltekniske komponenter

Strømmens indvirkning på kroppen




Fra 0 til 0,025 A

Ingen indvirkning på hjerteslaget.
Krampe kan indtræde.




Fra 0,025 til 0,08 A

Uregelmæssige hjerteslag. Ved ca. 0,05 A kan bevidstløshed forekomme.



Fra 0,08 til 0,3 A

Bevidstløshed, kraftige forbrændinger,
hjertekammerflimren.



Over 0,3 A

Indre blødninger, hjertestop

Vi ser her at det er meget små strømme, der er farlige for mennesker.

De farlige situationer kan opstå, når der på grund af en fejl kommer spænding på et apparats eller en brugsgenstands ydre metaldele.

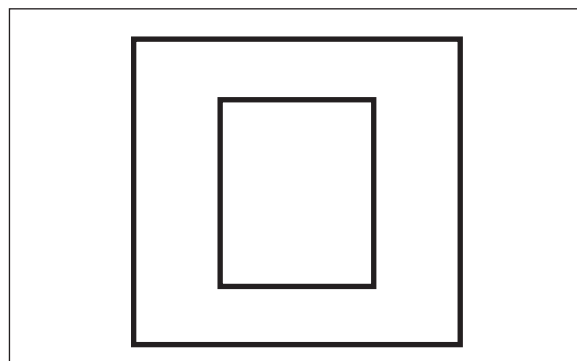
Den menneskelige krop yder en vis elektrisk modstand. Denne modstand kan variere stærkt fra person til person.

Ekstra isolation

Ved ekstra isolation forstås dobbelt eller forstærket isolation.

Det vil sige at apparaterne overalt har dobbelt isolering - og er uden forbindelse til jord.

Apparatet skal være mærket med følgende mærke for at være godkendt.

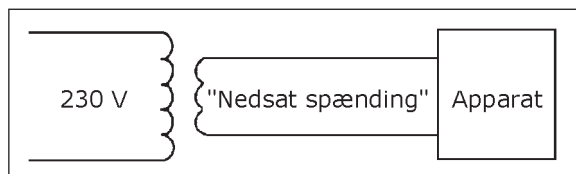




Eltekniske komponenter

Sekundære strømkredse

Ved sekundære strømkredse forstås man forsyning fra en transformer med adskilte viklinger

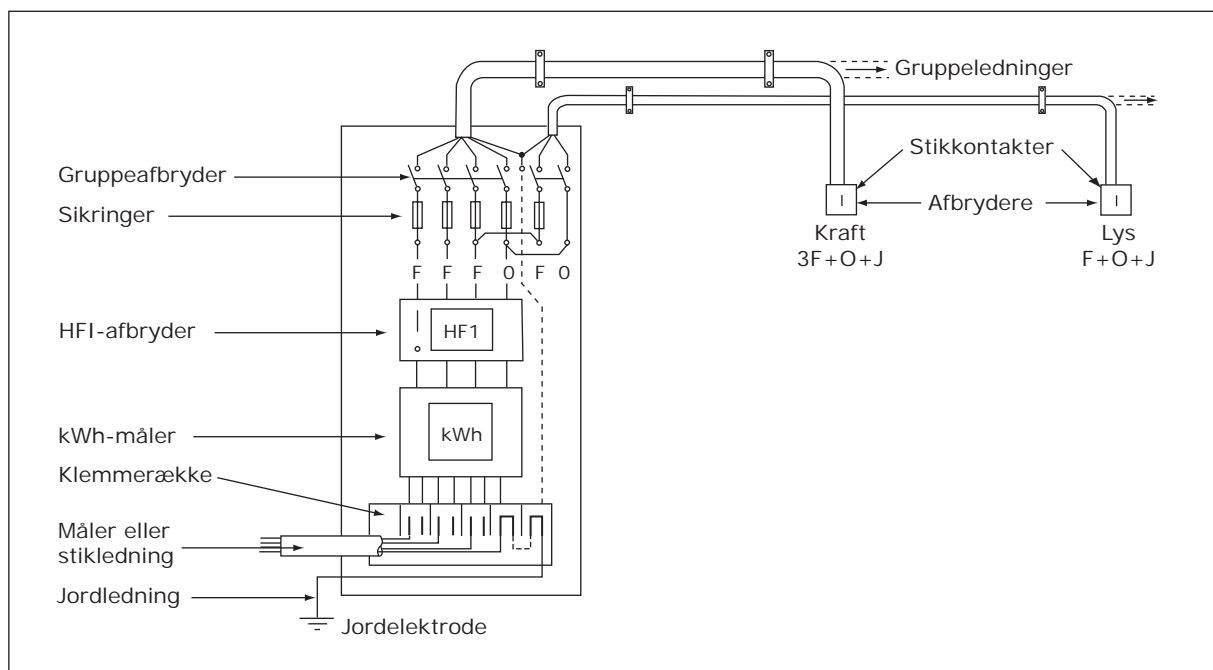


Eksempel på sekundær strømkredse:
Halogenbelysning, shaverstik på toilet

Fejlstrømsafbryder

Fejlstrømsafbrydere findes i flere udgaver, men fælles for dem alle er at de afbryder strømtilførslen, når der opstår en afledning til jord.

Disse relæer anbringes almindeligvis før gruppeafbryderen i installationen og kan tage flere grupper samtidig.



I dag bruges normalt to typer af fejlstrømsafbrydere i husinstallationer: HPFI-afbryder, der afbryder ved en fejlstrøm på max. 30 mA - og FI-afbryder, der afbryder ved en fejlstrøm på 500 mA.

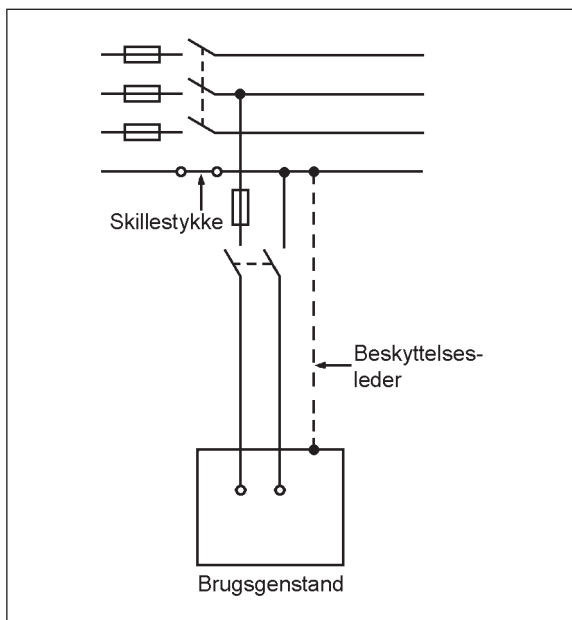
Brugsgenstandene skal endvidere, i de fleste tilfælde, jordforbindes.



Eltekniske komponenter

Nulling

Nulling må kun benyttes som ekstra beskyttelse hvor og hvis el-leverandøren har givet tilladelse.

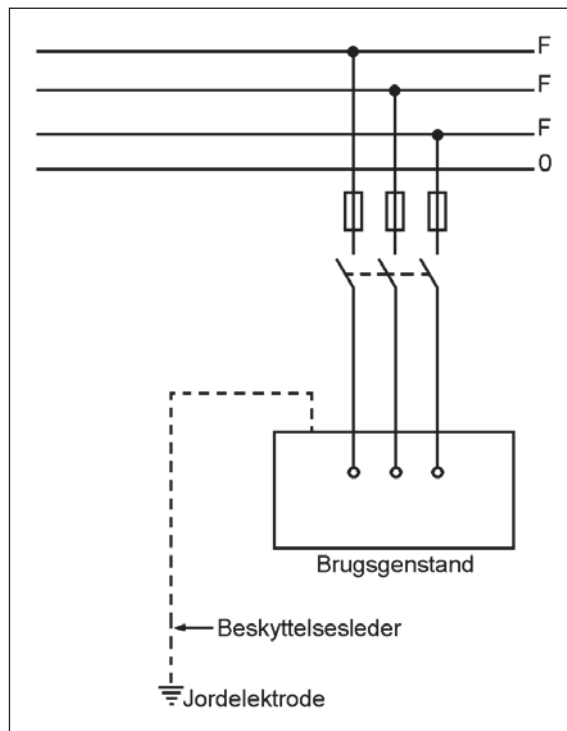


Ved nulling forstås man et el-anlæg, hvor man bruger 0-lederen til beskyttelsesleder - og hvor el-leverandøren har sørget for at 0-lederen er forsvarlig udført.

Ved nullingen er det vigtigt at beskyttelseslederen ikke afbrydes i kontakter og lignende.

Jording

Ved jording forstås man et el-anlæg, hvor de ydre steldele på brugsgenstandene er forbundet med en jordelektrode.



Modstanden mellem jord og stel må - ifølge Stærkstrømsbekendtgørelsen - ikke overstige 2Ω .

Lovmæssige krav om ekstrabeskyttelse

I stærkstrømsbekendtgørelsen er anført de lovmæssige krav om ekstrabeskyttelse i såvel områder som til brugsgenstande og installationer.

I denne bekendtgørelse kan man læse, at olie/gasfyringsanlæg med tilhørende installationer skal ekstrabeskyttes.

Det er derfor vigtigt at kontrollere, om ekstrabeskyttelsen stadig er intakt efter reparation på anlægget.

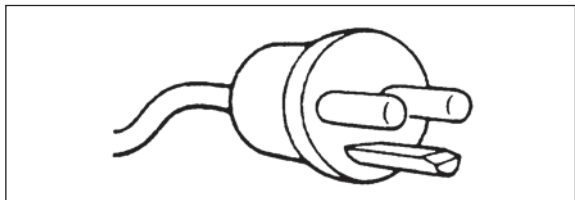


Eltekniske komponenter

Stikpropper med jord

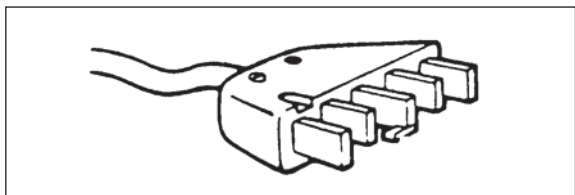
Jordforbindelsen føres ofte frem til brugsgenstanden gennem en stikprop.

En stikprop til 230 V med jord kan se ud som nedenstående figur.



Brugsgenstandens stelforbindelse skal altid føres frem til det halvrunde ben, da det kan medføre livsfare at bytte ledningerne i stikproppen.

For stikpropper til 230/400 V er det midterste ben, der er jordforbindelsen.



For de nyere CEE-stikpropper er det det store ben der er jordforbindelsen.



Farvemærkning

Stærkstrømsbekendtgørelsen stiller nogle krav til mærkninger af ledninger:

- Ledninger med gul/grøn farvemærkning må kun anvendes som beskyttelsesleder (jordledning).
- 0-lederen bør være lyseblå.

I specielle tilfælde kan der dog dispenseres for disse krav - bl.a. hvis der er flere end fem ledere i et kabel.

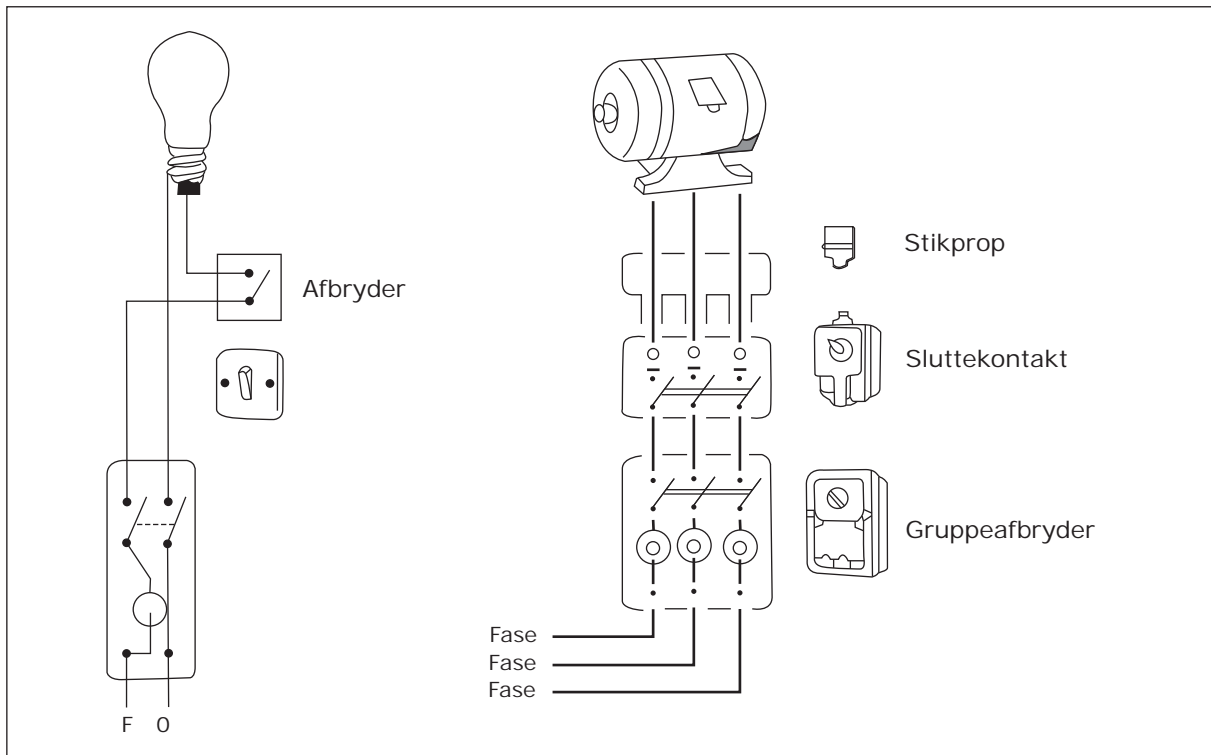


Eltekniske komponenter

Afbrydere

I installationer til fast installerede brugsgenstande, skal faser føres gennem afbryderen til brugsgenstandens tilslutningsklemmer.

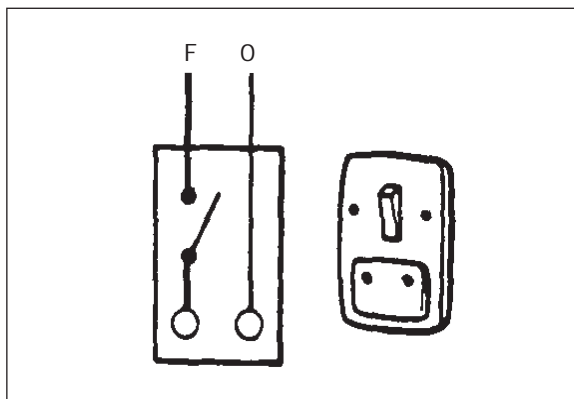
Nullen føres direkte til brugsgenstanden. Brugsgenstanden vil være spændingsløs, når der slukkes på afbryderen.



Stikkontakt

Både fase og nul føres frem til stikkontakten. Faser føres gennem stikkontaktens afbryder frem til stikbøsningen.

Nullen føres direkte frem til stikbøsningen. Når stikkontakten er afbrudt, vil begge stikkontaktens kontaktbøsninger være spændingsløse.



Reguleringsautomatik

Eltekniske komponenter





Modstande

Modstande

Der findes flere typer af modstande til forskellige formål.

Alle modstande kan placeres i en af de tre følgende hovedgrupper:

- Faste modstande.
- Variable modstande.
- Specielle modstande.

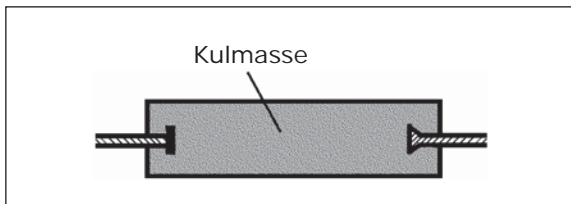
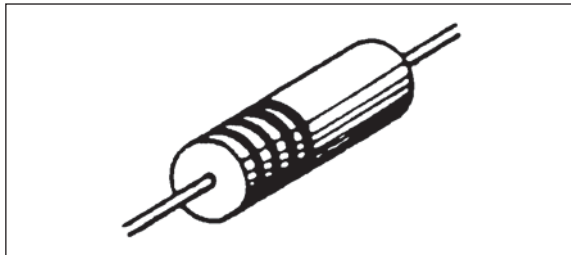
Ved faste modstande skelnes mellem kulmodstande, kul-, metalfilm og tråd vikledede modstande.

Variable modstande inddeles i kul- og trådpotentiometre.

Specialmodstande omfatter modstande, der ændrer modstandsværdi ved forskellige påvirkninger f.eks. lys, temperatur mm.

Faste modstande

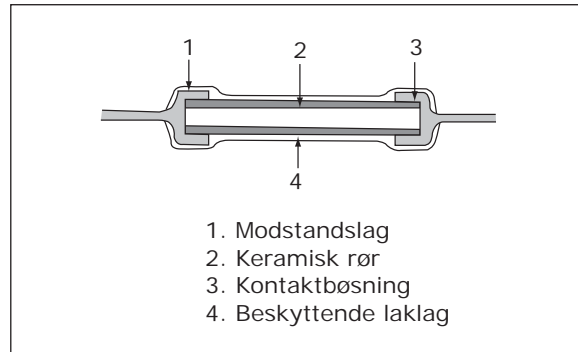
Kulmodstande er sammensat af kul og et harpiksbindemiddel og de fremstilles både som isolerede og uisolerede.



Uisoleret type

De uisolerede modstandes opbygning giver forholdsvis god varmeafledning, derfor er de ofte mindre end de isolerede typer

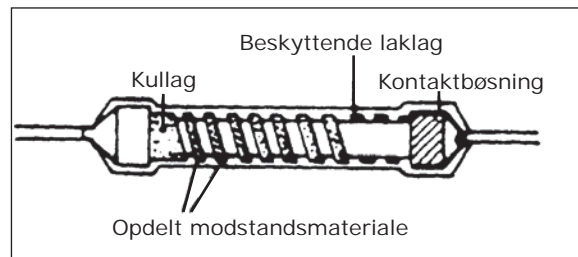
Kulfilmmodstande fremstilles af et keramisk rør, der trækkes gennem et flydende kulmateriale, som lægger sig i et jævnt lag (film) på ydersiden af røret og danner selve modstanden.



Metalfilmmodstande fremstilles principielt som kulfilmmodstande, men laget er her et metaloxydlag, normalt tin, som lægges på en glaskerne eller en keramisk kerne.

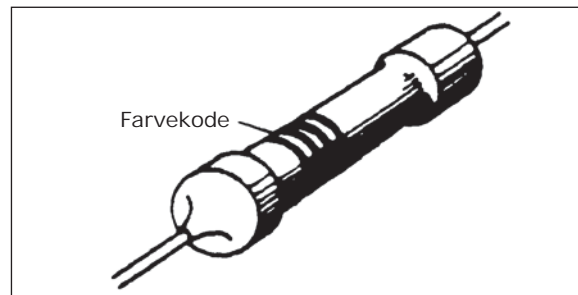
Metalfilmmodstande er meget stabile, tåler høje arbejdstemperaturer og de fremstilles både til store og små effekter.

Trådvikledede modstande er normalt viklet på en kerne af keramik, men fremstilles også med en tråd støbt ind i et keramikhylster.



De typer, som er viklet som en spole, er uegnet til højfrekvens, da modstanden har en vis selvinduktion.

Trådvikledede modstande er præcisionsmodstande og kan have tolerancer helt ned til +/- 10 %. De kan også tåle høje spændinger og effekter.



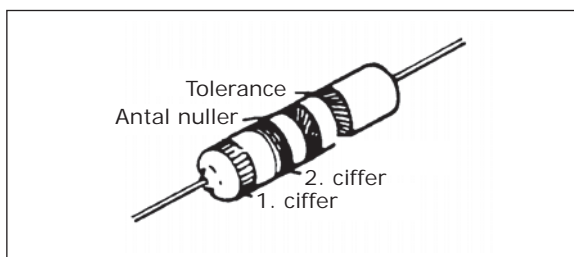
Normalt fremstilles faste modstande efter de internationale standart serier E-12 og E-24, som refererer til tolerancer +/- 10 % og +/- 5 %



Modstande

De faste modstande angives med farvekode, hvori der indgår 3 - 4 kulørte ringe på modstanden.

Modstandsværdier og tolerancer angives både med farvekode eller påstemplet værdi.



Farve	Tal	Multiplikator
Sort	0	1
Brun	1	10
Rød	2	100
Orange	3	1000
Gul	4	10000
Grøn	5	100000
Blå	6	1000000
Violet	7	10000000
Grå	8	100000000
Hvid	9	1000000000

Tolerancer: Guld +/- 5 %
 Sølv +/- 10 %
 Ingen ring +/- 20 %

Eksempel på brug af farvekode

En modstand med 4 farveringe, rød - violet - brun - sølv.

Første ring, der er rød giver 1. tal nemlig 2.

Anden ring, der er violet giver 2. tal nemlig 7, tilsammen giver det 27.

Tredje ring, der er brun giver antal nuller (multiplikator) nemlig 10.

Tallet 27 ganges med multiplikatoren 10 hvilket giver 270, altså har modstanden en værdi på 270 Ω.

Fjerde ring er sølv og giver en tolerance på +/- 10 %.

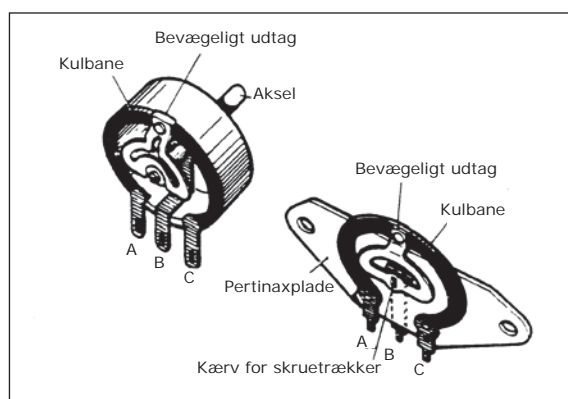
Variable modstande

Potentiometre og faste modstande med variabelt udtag danner gruppen variable modstande.

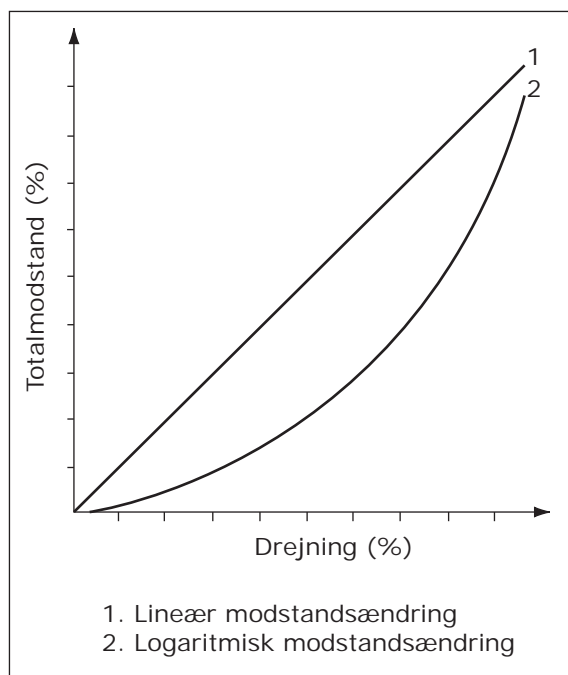
Potentiometre udføres som et cirkulært modstandselement, som en bevægelig arm bevæger sig over. Armen kan drejes af en aksel eller justeres med en skruetrækker.

Kulpotentiometre

Kulpotentiometrene har et kullag som modstandselement.



Ved drejning kan modstanden forandres lineært eller logaritmisk. Modstandsændringen ved drejning af et lineært og et logaritmisk potentiometer er vist i koordinatsystemet nedenfor:



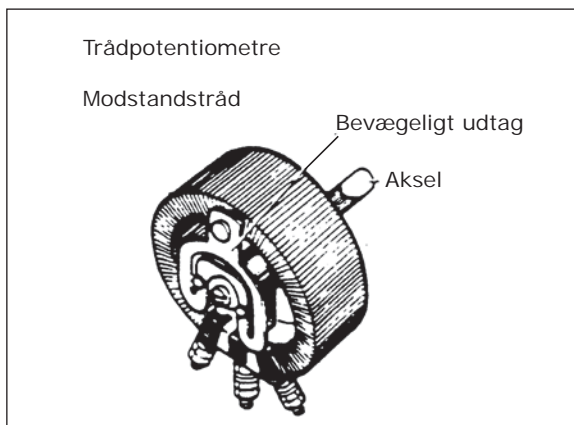


Modstande

Kulpotentiometre findes i størrelser fra ca. 50 Ω op til ca. 2 M Ω .

Den maksimale effekt ved en arbejdstemperatur på ca. 70 °C er fra 0,025 til 0,5 watt og kulpotentiometret kan derfor kun anvendes i opstillinger med små spændinger og strømme.

Trådpotentiometret anvendes hvor der kræves større strøm og/eller større effekter.



Modstandsstørrelserne er fra 1 Ω til ca. 50 K Ω , med en belastning fra 1 til 200 watt med lineær modstandsændring.

Specialmodstande

Specialmodstande hører egentlig ind under variable modstande, men da de har andre egenskaber end dem man i daglig tale kalder variable modstande, behandles de derfor separat.

Her omtales modstande, hvor modstandsværdien er stærk afhængig af temperatur, eller af lysstyrken.

Af andre specialmodstande kan nævnes modstande, hvor værdien ændres af tryk og vibrationer.

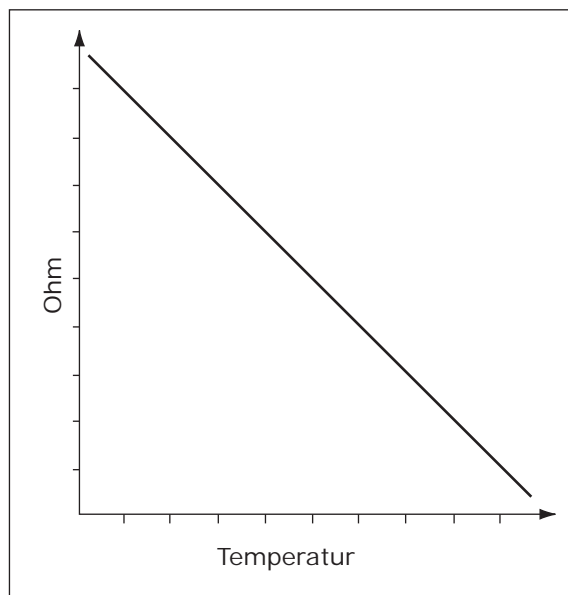
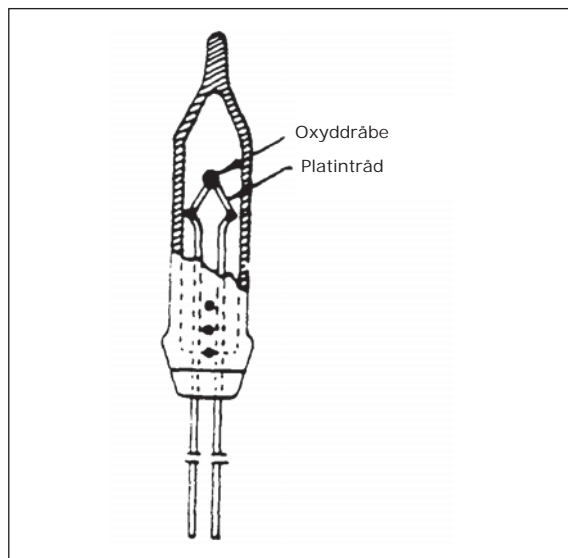
Modstandene har alle tilfælles, at modstandsmaterialet er et halvledermateriale.

NTC-modstande

Negativ Temperatur Coefficient modstande, som også kaldes termistorer har en negativ temperaturkoefficient

Koefficienten angives i procent pr. grad celsius ved rumtemperatur. Normalt er temperaturkoefficienten mellem -3 og -5 %/°C, hvilket

vil sige, at hvis modstanden opvarmes med 1 °C falder modstandsværdien med 3 til 5 %. Tolerancen er oftest +/- 20 %.



Modstands-temperaturkarakteristikken for en NTC-modstand

NTC-modstande opvarmes direkte eller indirekte. Ved direkte opvarmning kan modstanden opvarmes af strømmen (selvopvarmning) eller af omgivelsestemperaturen (fremmedopvarmning).

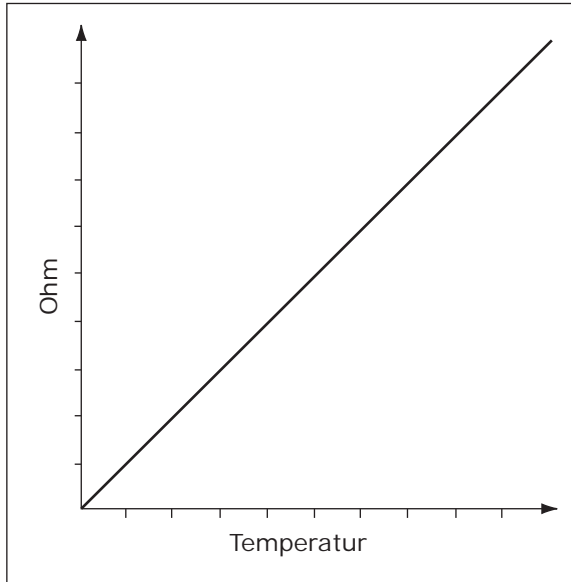
Indirekte opvarmning foregår ved hjælp af en varmespiral, der er viklet rundt om selve modstandsmaterialet.



Modstande

PTC-modstande

Positiv Temperatur Coefficientmodstande er modstande med en positiv temperaturkoefficient.



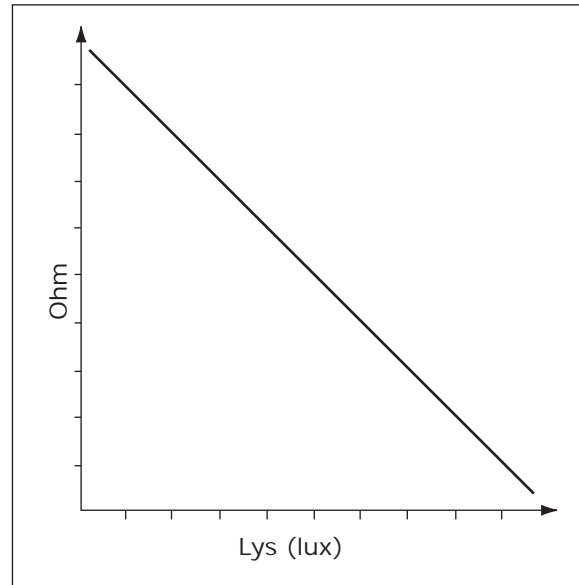
Modstands-temperaturkarakteristikken for en PTC-modstand

PTC-modstandene er på mange måder modstykke til NTC-modstandene.

Tolerancen er mellem 20 og 30 %.

LDR-modstande

Light Dependent Resistors er modstande, hvor modstandsværdien varierer af lys med bølgelængder inden for bestemte områder.



Modstands-temperaturkarakteristikken for en LDR-modstand

Modstandsværdien i mørke er sædvanligvis meget stor - og ved lyspåvirkning af modstanden falder modstandsværdien i LDR-modstanden.

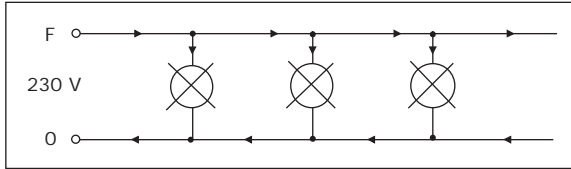
De maksimale arbejdsspændinger varierer fra 1 til 600 V.



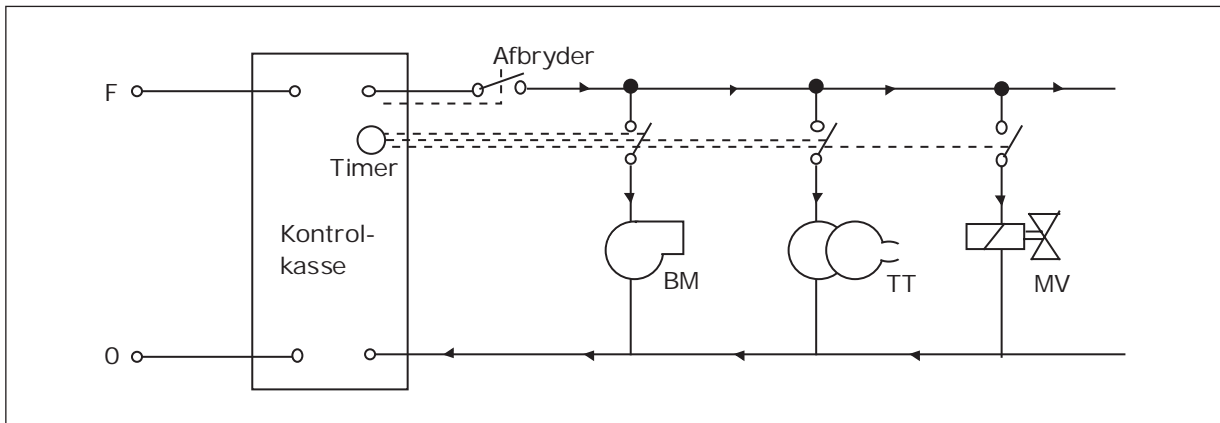
Elektriske forbindelser

Parallelforbindelse

De aktive komponenter, som skal udføre et arbejde, skal normalt parallelforbindes over fase og nul.

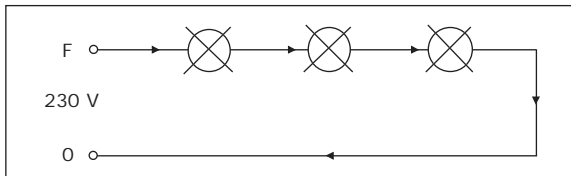


Eksempel



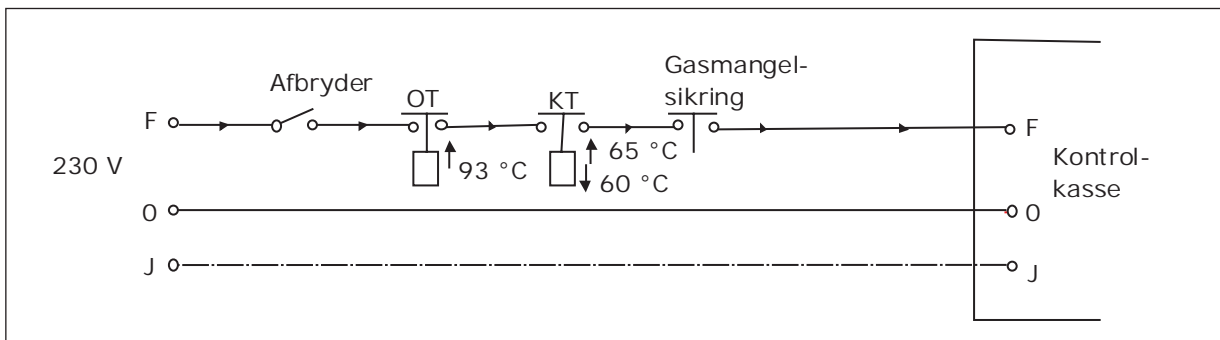
Serieforbindelse

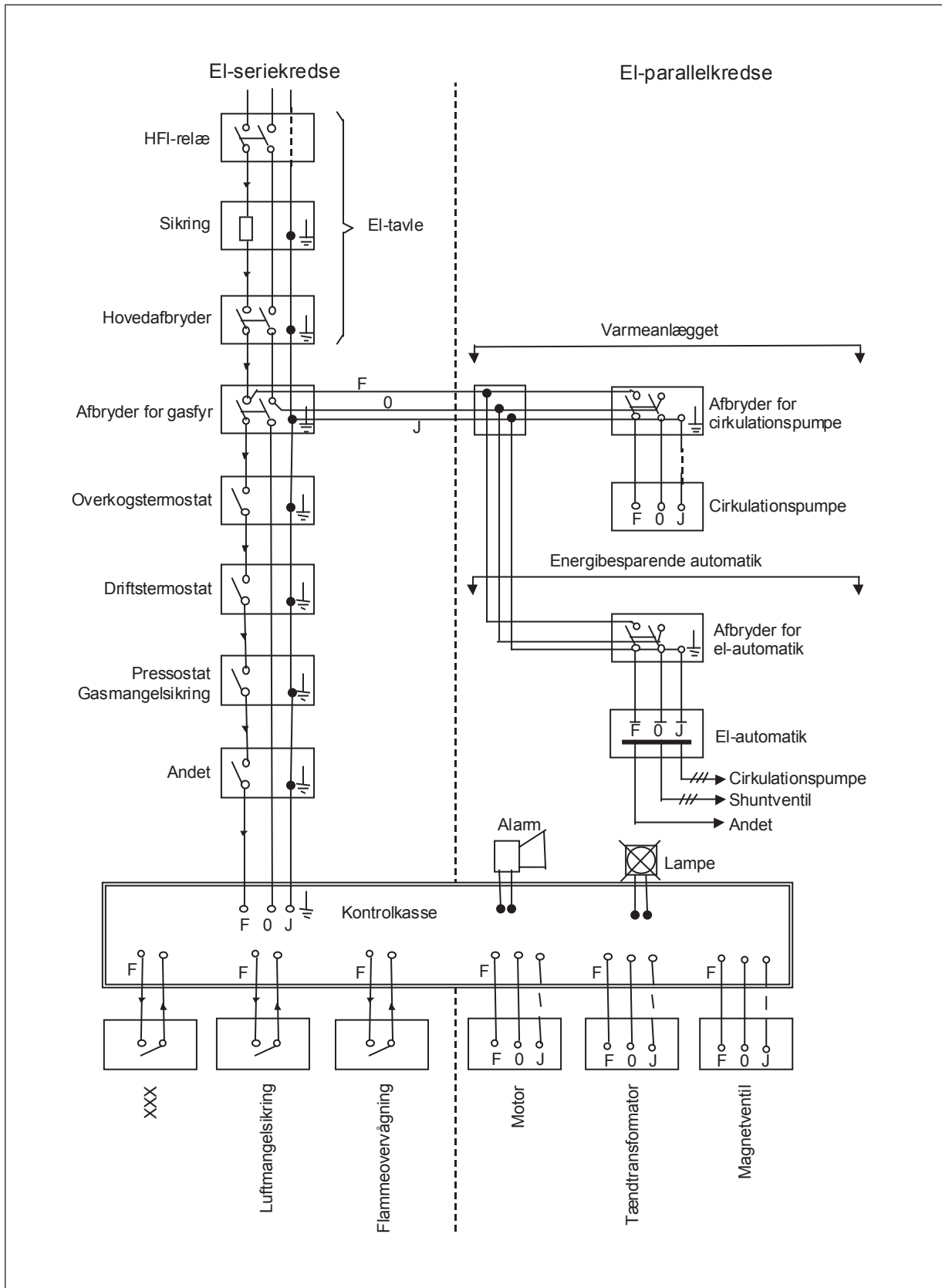
De passive komponenter skal normalt serieforbindes.



I principdiagrammet på næste side kan man se, hvordan de enkelte komponenter normalt forbindes.

Eksempel







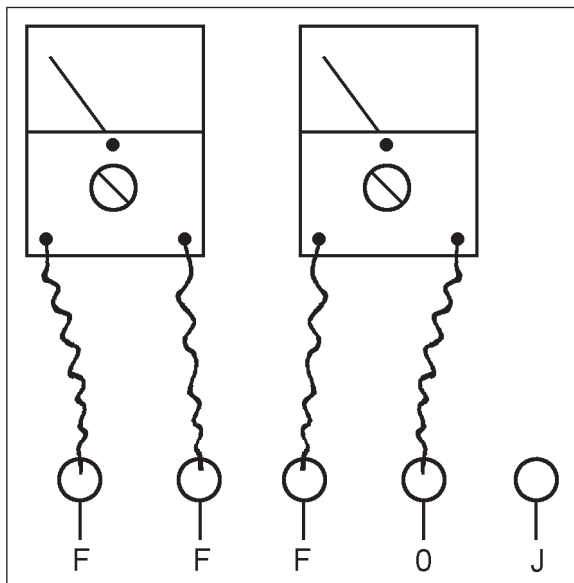
Måleteknik

Måleteknik

Spændingsmåling

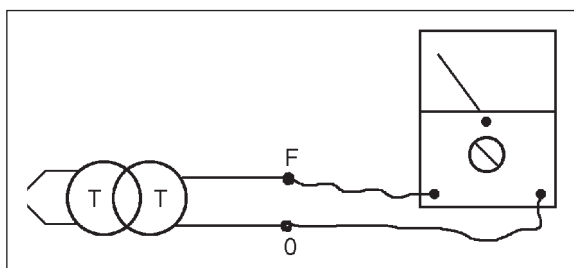
Spændingsmålinger skal udføres ved hjælp af en »parallelmåling«.

Det vil sige at målepindene fra universalinstrumentet sættes parallelt over fase og nul eller to faser.



Modstandsmåling

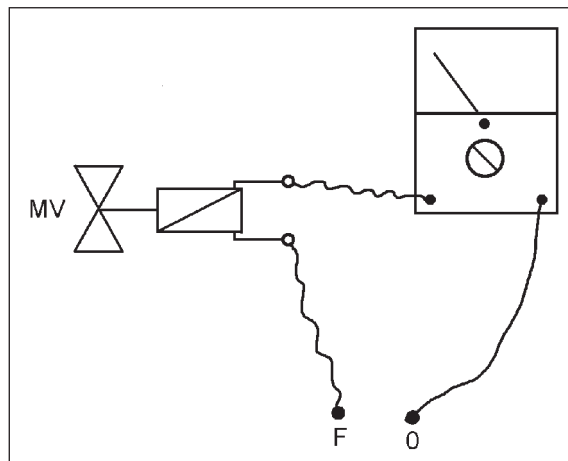
Modstandsmålinger på komponenter udføres også - som ved spændingsmåling - som »parallelmåling« - men når man måler modstand må der ikke være spænding på komponenten.



Hvis man måler modstand med spænding på, vil instrumentet brænde af.

Strømmåling

Strømmåling på komponenterne skal udføres med en »seriemåling«.



Det vil sige at man »bryder« den ene ledning og sætter sit måleinstrument i serie med komponenten.

Ved målinger af spænding, modstand og strøm er det vigtigt altid at indstille instrumentet på det rigtige måleområde og den rigtige måleværdi, da fejlforbinding af instrumentet kan medføre en kortslutning eller en afbrænding af instrumentet.



Måleteknik

Måleinstrumenter

Der findes mange forskellige måleinstrumenter, der kan bruges ved måling af strøm, spænding og modstand.

Man kan benytte instrumenter, der kan måle én ting.

Det vil sige et instrument, der kan måle spænding og ikke andet. Dette er meget upraktisk, da man skal have flere forskellige instrumenter at holde styr på.

Universalinstrumentet (multimeter) er mere praktisk, da det ved en omstilling af måleområde kan måle strøm, spænding og modstand.

Universalinstrumentet findes i to forskellige typer:

- Digitalinstrument
- Viserinstrument

Digitalinstrumentet viser en værdi på et display, hvor man direkte aflæser den måleenhed man har indstillet på omskifteren.



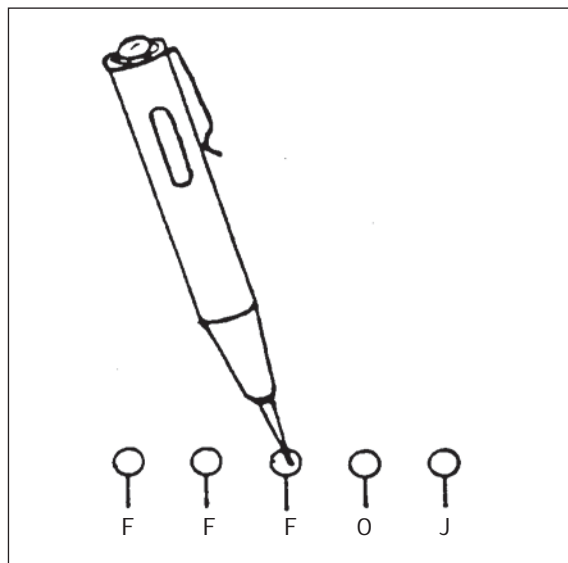
Viserinstrumentet kan være vanskeligere at aflæse, da der er mange skalaer, som ligger ved siden af hinanden.

På mange instrumenter skal man i modstandsområdet gange den aflæste værdi for at få den korrekte værdi.

Polsøger

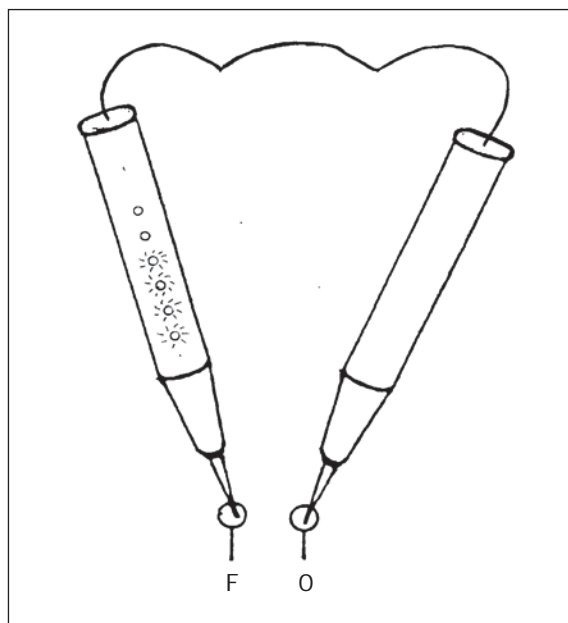
En polsøger påviser om der er en spænding til stede, men den viser ikke hvor stor spændingen er. Polsøgerens virkeområde er typisk mellem 50 og 500 V.

Man skal være opmærksom på at nogle polsøgeren kan vise induktionsspænding fra andre samlemuffer, hvis de er anbragt tæt sammen.



Duspol

En topolet spændingsviser er mere pålidelig til at påvise en spænding, da den viser hvor stor spændingen er.





Signaturer og symboler

Symboler og diagrammer

Ved tegning af elektriske anlæg benyttes en række standardsymboler, som er nogenlunde ens verden over.

Hvert symbol repræsenterer en »byggesten« eller en komponent, f.eks. et relæ, en stikkontakt, en modstand, osv.

Ved korrekt anvendelse af symboler er man i stand til, at give udtryk for et el-anlægs omfang og karakter.

Symbolerne vises altid, så vidt muligt, uaktiveret og i spændingsløs tilstand.

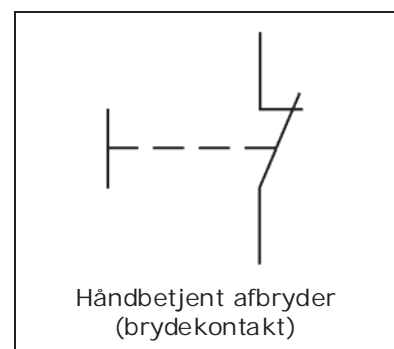
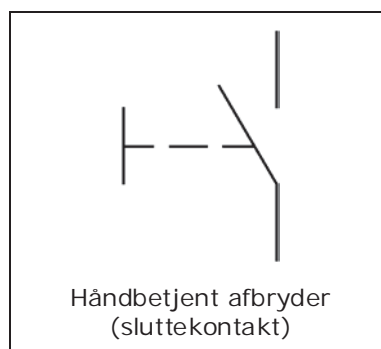
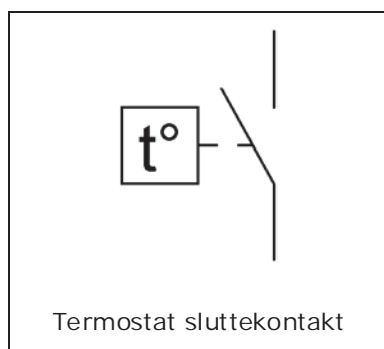
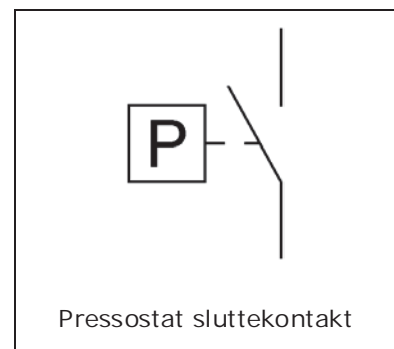
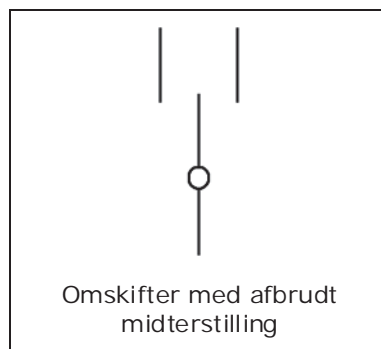
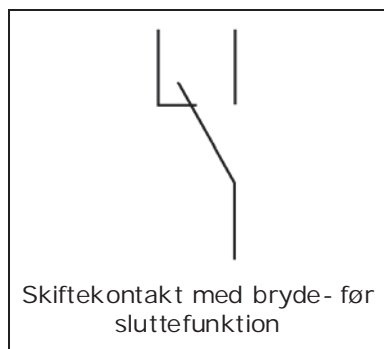
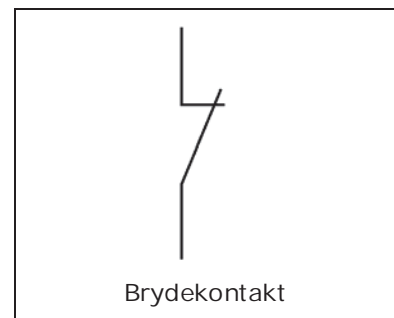
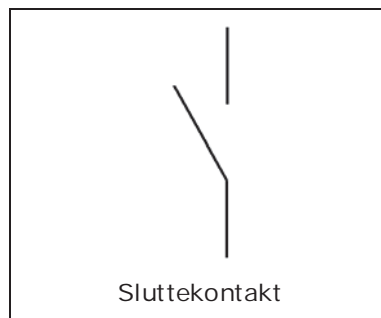
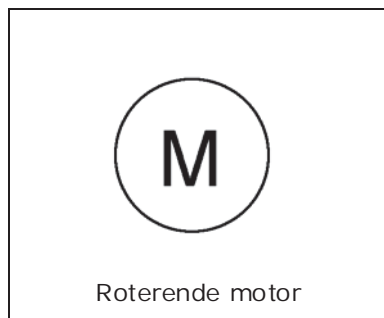
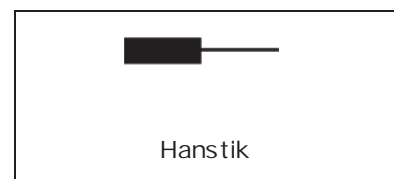
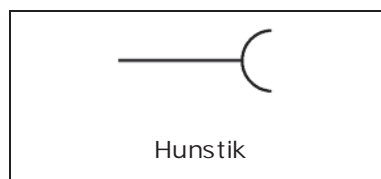
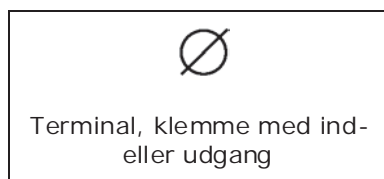
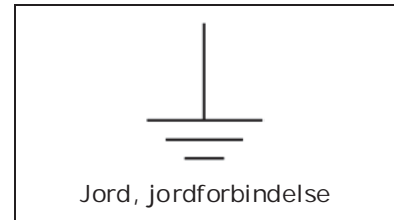
For yderligere at sikre mod fejl skal det bemærkes, at kontakter ved en aktivering bevæges »med uret« (venstre mod højre).

De efterfølgende tegninger viser nogle eksempler på anvendelse af symboler i forskellige former af diagrammer.



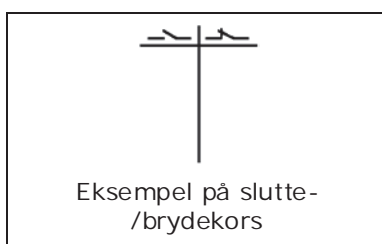
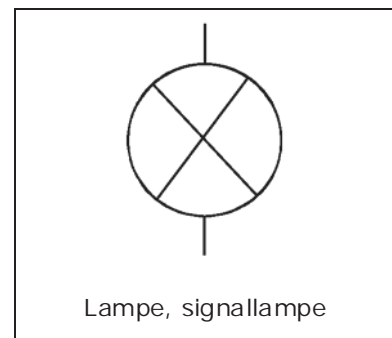
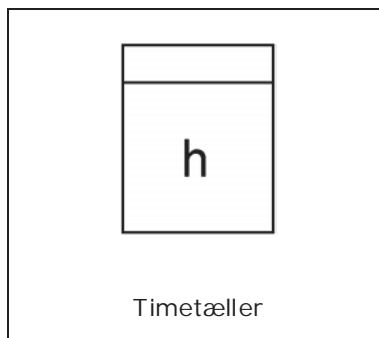
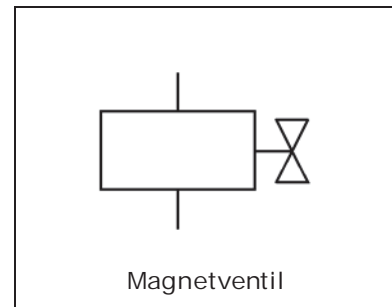
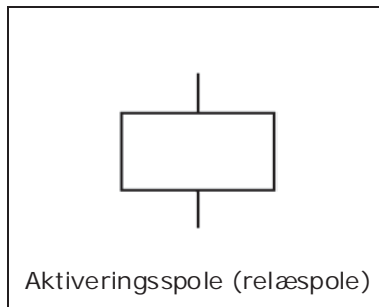
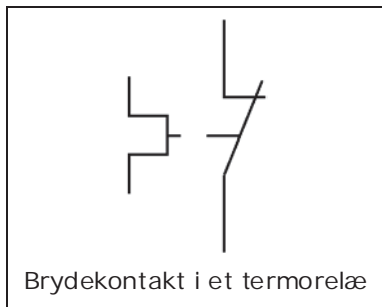
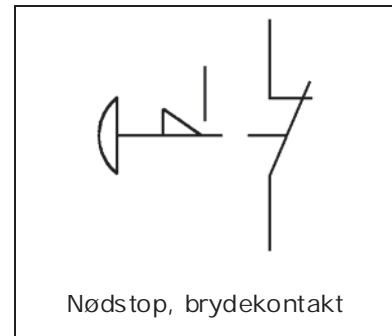
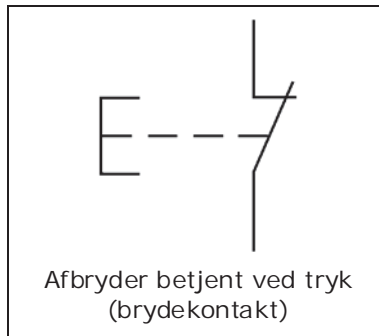
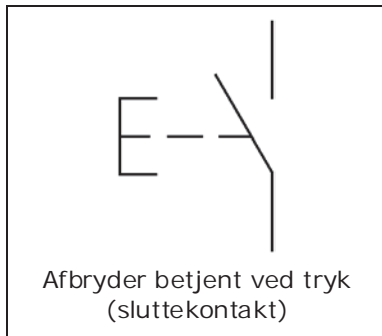
Symbolfortegnelse over de vigtigste symboler

Yderligere symboler kan findes i f.eks. EIC norm EIC 617/EIC 750 og andre normer.












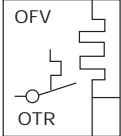

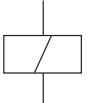
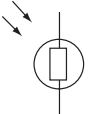




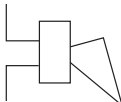





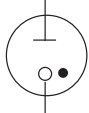



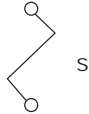
Signaturer og symboler





Signaturer og symboler

Herunder er vist de mest anvendte symboler indenfor brænderautomatikker:

	TR	Kedeltermostat		AL	Ekstern alarm
	TB	Overkogssikring		L	Faseledning
	TT	Tændenhed		N	Nulledning
	BM	Brændermotor		OFV	Olieforvarmer
	V	Magnetventil		FR	Relæ
	(LD)	Fotounit		V2	Gasventil 2
	GDW	Gasmangelsikring			Flammeelektrode
	LW	Luftmangelsikring			Ekstern alarm
	TR	Kedeltermostat		Ph	Faseledning
	TB	Overkogssikring		N	Nulledning
		Sikring			Glimlampe
	TT	Tændenhed		BM	Brændermotor
	V1	Gasventil 1		S	Varmelegeme for sikkerhedsudløser



Elektriske og magnetiske SI-enheder

Størrelser	Strømsymbol	SI-enhed	SI-symbol	Kan tillades
Elektrisk strøm	I	ampere	A	
Elektrisk spænding	V	volt	V	
Elektromotorisk kraft	E			
Elektrisk modstand	R	ohm	Ω	
Elektrisk arbejde	A	joule	J	
Arbejde (mekanisk)	A	joule	J	
Energi	E			kWh
Effekt mekanisk	P	watt	W	
Effekt	P	watt	W	

Symboler, forkortelser og værdier

Spænding, strøm, modstand, effekt og arbejde

Størrelser	Måleenhed	Fork.	Værdi
Elektrisk spænding	Megavolt	MV	1.000.000 = 10^6
	Kilovolt	kV	1.000 = 10^3
	Volt	V	1
	Millivolt	mV	1 : 1.000 = 10^{-3}
	Microvolt	μ V	1 : 1.000.000 = 10^{-6}
Elektrisk strøm	Ampere	A	1
	Milliampere	mA	1 : 1.000 = 10^{-3}
	Microampere	μ A	1 : 1.000.000 = 10^{-6}
Elektrisk modstand	Megaohm	M ohm	1.000.000 = 10^6
	Kiloohm	k ohm	1.000 = 10^3
	Ohm	ohm	1
	Milliohm	m ohm	1 : 1.000 = 10^{-3}
	Microohm	μ ohm	1 : 1.000.000 = 10^{-6}
Elektrisk kapacitet kondensator	Microfarad	μ F	1 : 100.000 = 10^{-6}
	Nanofarad	nF	1 : 1.000.000.000 = 10^{-9}
	Pikofarad	pF	1 : 1.000.000.000.000 = 10^{-12}

Reguleringsautomatik

Signaturer og symboler





Reguleringsautomatikens formål

Reguleringsteknikkens formål

Ved projektering af et moderne varme- eller køleanlæg er opgaven først og fremmest at opbygge et anlæg, som giver et indeklima med god komfort, men samtidig skal anlægget være energibesparende, det skal være driftsikkert og anlægsudgifterne skal minimeres.

Med den moderne teknologi kan man løse denne opgave, som har to tilsyneladende modstridende formål: god komfort og lavt energiforbrug. Det er navnlig de nyeste fremskridt indenfor reguleringsteknikken, der gør det muligt.

Men desværre hænder det, at man får indtryk af, at reguleringssystemerne ikke svarer til leverandørens løfter. Det forekommer, at der i moderne bygninger klages over indeklimaet, selv om der er installeret den mest avancerede regulering.

I de fleste tilfælde er det ikke selve regulatorerne, der er årsag til problemerne. Forholdet er det, at regulatorerne ikke arbejder under de forhold, de er konstrueret for.

Regulatorer kan kun fungere perfekt, hvis vandstrømmene og differenstrøg er korrekt fordelt overalt i anlægget. Men i praksis har det vist sig, at det kan være svært at opnå den korrekte fordeling, som er foreskrevet ved projekteringen. Det kan have mange årsager som f.eks. projektændringer, byggefejl mm.

Derfor skal alle anlæg indreguleres, så man får de rigtige vandstrømme i alle delsystemer, og at alle delsystemer afstemmes efter hinanden.

Mange i VVS-branchen undervurderer betydningen af korrekt indregulering. Nogle synes at indregulering er nemt, uinteressant og undertiden et trivielt arbejde.

Denne indstilling kunne gå an, da de fleste anlæg var små. Da vore krav til komfort var beskedne, og da energien endnu var billig. Man kunne jo altid overdimensionere for at undgå problemer.

Men i dag hvor anlæggene er større, komfortkravene er strengere og energien dyrere, klarer man sig ikke med overdimensionering.

I de fleste eksisterende anlæg kan man stadig opnå store energibesparelser og samtidig forbedre komforten betydeligt. Men det

forudsætter, at man gør mere ud af indreguleringen. Det er langt fra nok at foretage en overfladisk indregulering af ledningsnettet.

Produktionssiden skal indreguleres, dels således at der bliver korrekt vandmængde gennem kedler og kølemaskiner og dels således at den totale vandmængde på produktionsiden kommer til at svare til vandmængden i distributions-nettet.

Desuden skal reguleringsskredsene indreguleres. Tidligere blev dette kun gjort i begrænset omfang, hvilket fik alvorlige konsekvenser, navnlig i større anlæg.



Hvis man systematisk indsamler og analyserer data over hvordan varme- og køleanlæg fungerer under forskellige forhold, finder man at følgende tre problemer forekommer hyppigt:

- Rumtemperaturen varierer ved små og mellem store belastninger.
- Energiltilførslen er for lille i visse dele af bygningen ved stor belastning.
- Der forekommer store temperaturforskelle mellem forskellige rum ved alle belastninger.

Det er forståeligt, at der kommer klager fra personer som bor i eller arbejder i bygninger med sådanne problemer. De klager ikke blot over, at det er for varmt eller for koldt, men også over støj.

I sådanne bygninger kan energiforbruget ligge 40 % over, hvad der forbruges i bygninger, hvor varme- og køleanlægget fungerer efter hensigten.



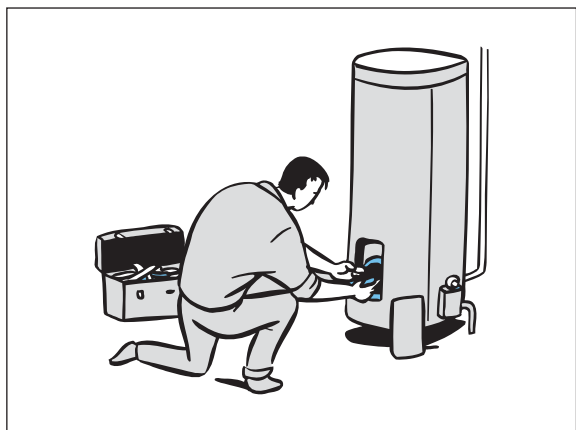
Reguleringsautomatikens formål

De tre problemer forekommer også i bygninger, som er forsynet med den nyeste reguleringsmeknik. En almindelig reaktion er at give reguleringsmeknikken skylden.

At forsøge at løse problemerne ved at skyde skylden på betjeningspersonalet eller at kaste sig over regulatorerne plejer ikke at have den ønskede effekt.

Den almindeligste årsag til problemerne er at finde i strømningsforholdene, for store vandmængder i nogle dele af anlægget og for små i andre dele.

Selv den mest sofistikerede reguleringsmeknik forudsætter korrekte vandstrømme for at kunne fungere. Som vi vil se, findes årsagen til de almindeligste fejlfunktioner i anlæggets vandførende dele, - ikke i reguleringsmeknikken.



Introduktion til begrebet total indregulering

Formålet med indregulering er at sikre en præcis og stabil styring af varme- og køleanlæg med cirkulerende vandstrømme.

Uden en god indregulering vil der i sådanne anlæg ofte være en for stor vandstrøm i nogle kredse og for ringe vandstrøm i andre kredse i forhold til de strømningsforhold, der er regnet med ved projekteringen og som er en forudsætning for, at anlæggets automatik kan fungere tilfredsstillende.

Indregulering går ud på, at man ved hjælp af indreguleringsventiler begrænser differensstrykket fra pumpecirkulationen ned til en sådan værdi, at man får netop de vand-

strømme overalt i anlægget, som er foreskrevet under de belastningsforhold, der ligger til grund for dimensioneringen:

- Vandstrømskredse i anlæggets produktionside skal indreguleres, dels for at opnå de foreskrevne vandstrømme i kedler og kølemaskiner, dels for at bringe produktionsidens totalvandstrømme i overensstemmelse med vandstrømmen i distributionsnettet ved alle belastninger.
- Kredse i distributionsnettet skal indreguleres så der mindst forefindes det differensstryk, der kræves for alle reguleringsventiler og apparater ved alle belastninger.
- Shuntgrupperne skal også indreguleres for at give gode arbejdsforhold for reguleringsventilerne og for at afpasse primær- og sekundærstrømmene efter hinanden.

Først når anlægget er indreguleret som ovenfor beskrevet, vil regulatorerne kunne fungere korrekt, og først da vil komforten blive god og energiomkostningerne kunne holdes nede.

Det omfatter al den viden og alle de praktiske forhold, som er en forudsætning for, at reguleringsudstyret og de vandførende kredse kan fungere efter hensigten.

Total indregulering er en femtrins proces:

1. Sørg for at reguleringsudstyret er foreneligt med rørsystemets udformning.
2. Vælg reguleringsventiler med de rigtige reguleringssegenskaber.
3. Kontroller at reguleringsventilerne får de arbejdsforhold, de behøver.
4. Foretag indregulering således at alle apparater og ventiler får de vandstrømme, der er foreskrevet ved dimensioneringsbelastningen.
5. Foretag indregulering som sikrer at alle vandstrømme stemmer overens ved alle grænser mellem primær- og sekundærkredse.



Varmenorm (uddrag)



Termisk indeklima

Varmeanlægget skal dimensioneres og udføres, så det er muligt at opretholde et tilfredsstillende termisk indeklima under hensyntagen til brugen af bygningen og dens enkelte rum i anlæggets levetid.

Det termiske indeklima skal kunne styres på en enkelt måde og således, at det ikke påfører andre bruger ulemper.

Varmegiveres styring og regulering

Varmegivere skal være forsynet med de nødvendige styrings- og reguleringsanordninger, således at det forudsatte termiske indeklima opnås og fastholdes og unødvendigt energiforbrug undgås samtidigt med, at betjeningen er enkel for forbrugerne.

Termisk indeklima

Vejledning

I rum, hvor man ønsker en styrings- og reguleringsmulighed af den operative temperatur (*den temperatur som tilfredsstiller flest mennesker ved en given beklædning og aktivitet.*) bør varmegivere inden for det enkelte rum kunne styres og reguleres uafhængigt af andre rum.

Temperaturfølere bør være placeret sådan, at den følte temperatur er repræsentativ for den operative temperatur i opholdszonen.

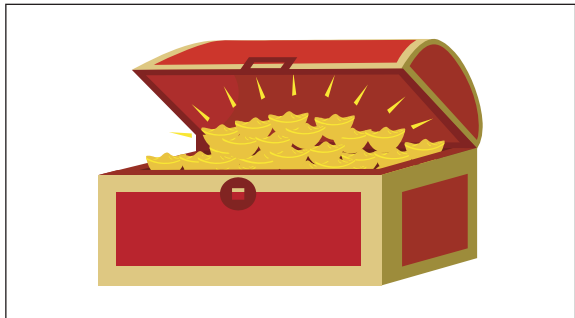
I rum med stort varmetilskud bør varmegivere være forsynet med automatisk reguleringsanordning, således at den operative temperatur kan fastholdes inden for de fastsatte grænser, og det kan være nødvendigt at udføre såvel lokal som central styring og regulering.



Reguleringsautomatikkens formål

Energibesparelser ved regulering

Der tales i dag fra flere sider om hvilke energibesparelser, der kan opnås ved anvendelse af automatisk regulering af varmeanlæg.



De oplysninger, der foreligger om mulige energibesparelser, er dog ret svingende:

- Leverandøren af reguleringsudstyr taler om besparelser op til 20 - 40 %.
- Artikler i diverse udenlandske fagtidsskrifter angiver 20 - 50 % under forskellige forhold.

Niels Bohr Institutets rapport august 1975 om »Boligens Energiforbrug 1973 - 2005« angiver 8 - 17 % for eksisterende boliger og 11 % for nye boliger, udover de 10 %, der skønnes opnået ved dagens normale standard.

Oplysninger fra brugere, der har fået installeret reguleringsudstyr er oftest upræcise og usammenlignelige.

Energibesparelsens størrelse

Energibesparelsens størrelse er afhængig af en lang række forhold, der kan sammensættes i:

- Hvad der sammenlignes med.
- Basisvarmens størrelse.
- Brugstidens længde.
- Bygningskonstruktionen mm.

Energibesparelse sammenligning

Det er måske ikke så mærkeligt, at der er så stor spredning i oplysningerne om den mulige energibesparelse.

Denne er jo netop afhængig af en lang række faktorer, der alle kan variere fra den ene bygning til den anden:

- Hvilket niveau der sammenlignes med (et dårligt eller godt manuelt reguleret anlæg? Forbruget før, under eller efter energikrisen? Henført til samme graddage?).
- Sammenlignelig termisk komfort.
- Energiforbruget til varmt brugsvand, ventilationsanlæg mm. med, i eller uden sammenligning når der beregnes % besparelse.
- Er der samtidig med installation af automatik foretaget andre ændringer, der har indflydelse på energiforbruget?
- Basisvarmens størrelse.
- Solindfald (vinduesstørrelser og orientering).
- Brugsvaner (personantal, belysning, udluftning).
- Brugstidens længde (mulighed for sænkning af rumtemperaturen weekend, nat, dele af dagen).
- Bygningskonstruktionens termiske træghed (det vil sige tung eller let konstruktion, hvilket har indflydelse på natsænkningens størrelse og på solindfaldets udnyttelse).
- Varme anlæggets type og indreguleringsgrad (centralvarmeanlæg, strålevarmeanlæg mm.).

Det kan være vanskeligt at vurdere disse oplysninger og specielt at sammenligne dem og overføre dem til aktuelle anlæg og projekter.

Det er derfor uden mening at tale om eksakte tal for energibesparelser uden samtidig at definere den lange række af forudsætninger, der er grundlaget herfor.

Det synes derfor mere rimeligt at tale om en størrelsesorden for den mulige energibesparelse henført til forskellige bygningskategorier (enfamiliehuse, etageboliger, skoler, kontorbygninger mm.) og for tung/let bygningskonstruktion.



Reguleringsautomatikens formål

Valg af reguleringssystem

Når man skal vælge hvilket reguleringssystem, der bør anvendes i et konkret tilfælde, må en række forhold undersøges og afvejes:

- Hvilket behov der er for regulering er der stort basisvarmetilskud, brugstidens længde og funktion, bygningens funktion, konstruktion og termiske belastningsvariationer.
- Reguleringssystem eller kombination af systemer, der kan opfylde behovet
- Hvilke energibesparelser der kan opnås, sammenholdt med anlægsudgifter.

Ved valg af reguleringssystem bør/skal den fornødne ekspertise være til stede. Der bør søges sagkyndig assistance ved mere komplicerede anlæg.

Ved større anlæg anbefales det, at lade vurdering og projektering udføre af en rådgivende ingeniør.

Varmeregulering

Automatisk varmeregulering med vejrkompensator.

Ved hjælp af moderne reguleringssystemer kan man »skræddersy« opvarmningen, således at man kan sikre sig:

- MAKSIMAL varmekomfort ved et
- MINIMALT energiforbrug

i døgnets 24 timer, alle ugens dage, hele året rundt.

Men det er naturligvis nødvendigt at vide, hvordan man kan gøre det, når det skal gøres rigtigt.

Dette er beskrevet i efterfølgende orientering om moderne varmeregulering med vejrkompensator.

Manglende eller forkert udført varmeregulering vil altid medføre at man får:

- For stort varmeforbrug.
- Dårlig varmekomfort.

Konsekvensen er:

- Forbrugerne har det ikke spor rart og tilmed vil varmeregningen blive større og større.

Hvordan fungerer varme anlægget?

- Godt eller dårligt?

Hvis varme anlægget f.eks. får lov til at køre med al for stor pumpeydelse og alt for høje fremløbstemperaturer, vil varmeregningen blive alt for store og varmekomforten alt for lav og hyppigt støjer anlægget.

Årsagen kan bl.a. være:

- Manglende reguleringssystemer

eller:

- Manglende kendskab til reguleringssystemets virkemåde og betjening.

Reguleringsautomatik

Reguleringsautomatikkens formål





Termiske og isoleringstekniske forhold

Reguleringsautomatiks økonomiske faktorer

I det efterfølgende er angivet en vurdering og sammenfatning af økonomiske og andre fordele ved anvendelse af moderne reguleringsautomatik.

Energibesparelser

Ved anvendelse af automatisk regulering af varmeanlæg i bygninger, skønnes det muligt at opnå energibesparelser af følgende størrelsesorden:

	Ved udnyttelse af basisvarme %	Ved nat- og week-endsænkning %	I alt
(let bygningskonstruktion)	10 - 14	6 - 10	15 - 20
(tung bygningskonstruktion)	12 - 16	3 - 5	15 - 20
Kontorbygning og lignende (tung bygningskonstruktion)	12 - 16	15 - 25	25 - 40

Det er her som udgangspunkt sammenlignet med et ureguleret det vil sige et »gennemsnit« manuelle reguleret anlæg.

Hvis der i forvejen findes nogen automatisk regulering bliver besparelsen naturligvis mindre.

Det må understreges, at disse tal angiver en størrelsesorden for de mulige energibesparelser, idet de afhænger af en lang række faktorer, der varierer fra bygning til bygning og som er omtalt foran.

Anlægsudgifter

Anlægsudgiften til reguleringsudstyret vil normalt være tjent ind ved den mindre driftsudgifter ved energibesparelsen i løbet af ret få år.

Belastningsvariationer

Der kan således opnås væsentlige besparelser i energiforbruget til bygningsopvarmning ved at regulere varmeydelsen til de enkelte rum i takt med belastningsvariationerne, udetemperatur, brugstid, varmetilførsel fra sol, personer mm. så der ikke forekommer højere rumtemperaturer end ønsket.



Termiske og isoleringstekniske forhold

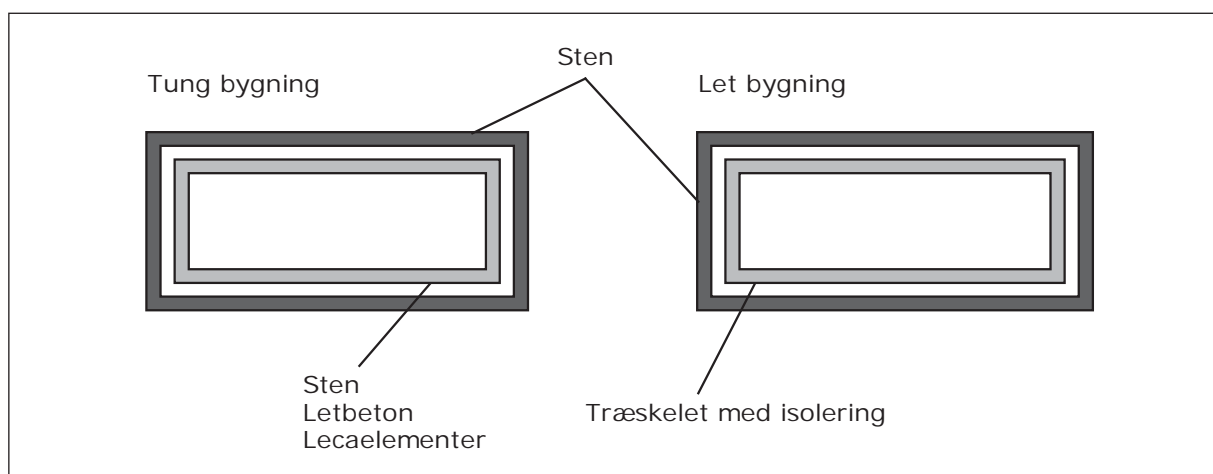
Termisk komfort

Den automatiske regulering vil medføre større termisk komfort, idet uønskede temperaturændringer dæmpes eller undgås.

Sænkning af rumtemperaturen udenfor brugstiden bør udføres, så det ikke går ud over den termiske komfort.

Bygningers termiske træghed

Tung eller let konstruktion kan have stor indflydelse på muligheden for energibesparelse.



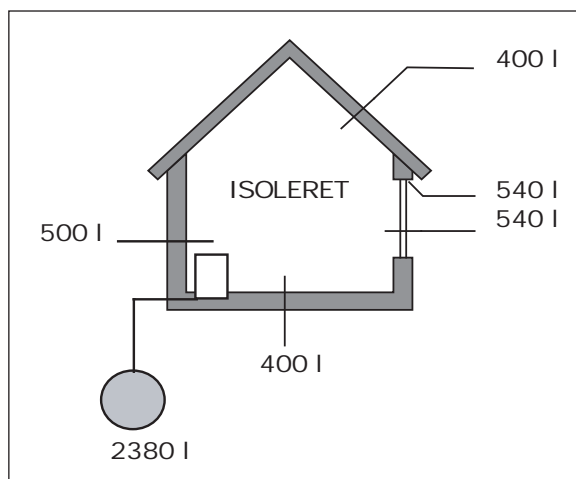
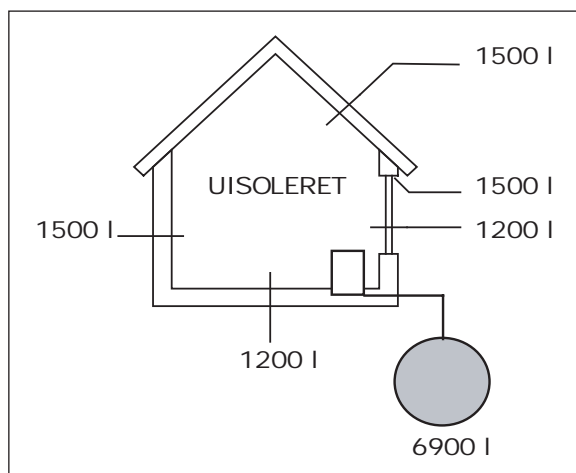
Andre hovedparametre

Bygningens samlede varmekapacitet i forhold til bygningens samlede varmetab pr. °C forskel i rum og udetemperatur.

Luftskifte, hvor stort luftskifte gør bygningen termisk let.



Isolering



Alle parcelhusejere ved, at husets isolering - og tæthed har stor betydning for olieforbruget og i langt de fleste huse kan der da også spares betydelige brændselsmængder ved en forbedring af varmeisoleringen.

- Men husejeren vil naturligvis gerne vide nogenlunde nøjagtigt, hvor meget han kan spare pr. år til opvarmning, inden han enten selv giver sig i kast med isoleringsarbejdet eller betaler andre for at udføre det.

Indregulering af varmeanlægget

Varmeanlægget skal være indreguleret, så alle dele af anlægget får tilført den rigtige vandmængde. For uden indregulering kæmper selv det bedste automatikanlæg forgæves.

Pasning og vedligeholdelse

Det er en betingelse for at opnå væsentlige energibesparelser, at det automatiske reguleringsudstyr bliver valgt, installeret, indreguleret, passet og vedligeholdt, så dets muligheder udnyttes fuldt ud.

Det må endvidere sikres, at brugerne informeres grundigt, både om hvad anlægget kan og hvad det ikke kan - og især om hvad/hvilke knapper, taster og lignende brugerne skal betjene eller undlade at betjene.

Eksisterende bygninger

De bygninger der eksisterer i dag, vil om 10 år udgøre ca. 75 % af den samlede bygningsmasse på dette tidspunkt (og om 25 år ca. 55 %).

Det er derfor afgørende for besparelsens størrelse - også på længere sigt - at der udføres regulering af varmeanlæg i de i dag eksisterende bygninger.

I eksisterende bygninger vil varmeanlæg i de fleste tilfælde relativt let kunne udstyres med automatisk regulering og det vil ikke medføre væsentlige gener for bygningens funktion under arbejdets udførelse.

Samfundets interesse

Ved automatisk regulering af varmeanlæg vil der udover den privatøkonomiske fordel for den enkelte også være en betydelig samfundsmæssig interesse ved det mindre energiforbrug med hensyn til valutabesparelser og ressourceforbrug.

Samlet energiforbrug

Energiforbruget til bygningsopvarmning i Danmark andrager ca. 8 mill. tons olie pr. år.

Dette svarer til ca. 40 % af landets samlede energiforbrug.



Termiske og isoleringstekniske forhold

Termisk komfort

Komfort og indeklima

De fleste steder her på jorden er det nødvendigt, at mange menneskers aktiviteter afskærmes fra vejrligets forskellige påvirkninger.

I Danmark er klimaet en stor del af året sådan, at vi må bruge energi til at opvarme vore bygninger, for at opnå en passende komfort og undgå ødelæggelse af bygningskonstruktioner og udstyr.

Til dette bruges så store mængder energi, at det er fornuftigt at begrænse dette forbrug.

Nogle bygninger er lokalt så hårdt belastet af overskudsvarme fra mennesker og udstyr, at det kan være nødvendigt at anvende energi til køling i visse perioder.

Da behovet for opvarmning og køling varierer med vejrlig og bygningernes brug, er det nødvendigt, løbende at tilpasse ydelsen af de tekniske installationer, som opvarmer eller køler, til det øjeblikkelige behov.

Det sker normalt automatisk ved anvendelse af særligt teknisk udstyr (automatik).

Fysiologiske forhold

Det er en nødvendig betingelse for, at mennesket opfatter indeklimaet behageligt, at det termiske klima er således, at der kan skabes ligevægt imellem den varmemængde, der produceres i kroppen ved stofskifteprocesserne og den varmemængde, der afgives til omgivelserne. Varmebalancen skal være i orden.

Den i kroppen producerede varmemængde er afhængig af:

- Arbejdsydelsen (den fysiske aktivitet) og varmeafgivelsen til omgivelserne
- Luftens temperatur
- Middelstrålingstemperaturen
- Luftens hastighed
- Luftens fugtighed samt af påklædning

Middelstrålingstemperaturen er et gennemsnit af overfladernes temperatur, afvejet efter overfladernes areal, placering og evne til at absorbere varme.

Komfortområdet

Det behagelige termiske klima kan defineres som det klimaområde, hvor en person hverken ønsker det varmere eller koldere.

I dette område - komfortområdet - foregår ændringer i personens varmeafgivelse ubevidst ved regulering af blodgennemstrømningen gennem de ydre hudvæv.

Komfortområdet er størst for yngre mænd i god kondition. Andre personer har mindre tolerance overfor afvigelser i klimaet.

Uden for komfortområdet, der f.eks. kan være angivet som et temperaturområde, vil der på den kolde side opstå muskelspændinger, der øger stofskiftet, så legemstemperaturen holdes konstant. På den varme side sker der en afslapning af muskulaturen og svedafgivelsen øges.

Komfortområdet ændres, når påklædningen eller det arbejde man udfører ændres. Komfortområdet er ikke det samme for alle mennesker.

Ved at variere påklædningen individuelt kan flere mennesker i samme lokale tilpasse sig det fælles temperaturniveau.



Termiske og isoleringstekniske forhold

Varmeafgivelse

Arbejdsbelastning	Varmeproduktion i Watt
<i>Siddende hvile</i>	110
<i>Let siddende arbejde</i> <ul style="list-style-type: none">- Kontrolarbejde- Kontorarbejde- Regnearbejde- Bilkørsel- Laboratoriearbejde- Undervisning	125 - 160
<i>Let arbejde</i> <ul style="list-style-type: none">- Trykkeriarbejde- Butiksbetjening- Madlavning- Maskinsavning- Let samlebåndsarbejde- Let værktøjsmaskinarbejde	160 - 250
<i>Middeltungt arbejde</i> <ul style="list-style-type: none">- Bilmekaniker og servicearbejde- Håndvask af tøj- Tungt samlebåndsarbejde	250 - 350
<i>Tungt arbejde</i> <ul style="list-style-type: none">- Manuelt arbejde med 50 kg sække- Jord og betonarbejde- Slaggerensning af ovn	over 350

Eksempler på forskellige arbejdsbelastninger

Varmeproduktion for konstante arbejdsbelastninger. Ved middeltungt og tungt arbejde vil der naturligvis være behov for hvilepauser, hvilket sænker varmeproduktionen.

Figuren gælder for lufthastigheder i opholdszonen omkring ca. 0,2 m/s.

Er lufthastigheden i opholdszonen ca. 0,4 m/s ligger komfortområdet ca. 10 °C højere; er lufthastigheden i opholdszonen ca. 0,1 m/s, ligger komfortområdet ca. 10 °C lavere.

Ved siddende aktiviteter bør lufthastigheden dog holdes under 0,15 m/s for at undgå trækgener.



Termiske og isoleringstekniske forhold

Udenfor komfortområde

En overskridelse af de angivne temperaturintervaller vil give anledning til mere eller mindre ubehag.

Når temperaturen bliver lavere end ca. 19 °C, begynder fingrenes bevægelighed at blive nedsat. Derved bliver arbejde med fingrene udført i langsommere og med forøget fejlfrekvens. Også risikoen for uheld øges.

En lavere temperatur kan til en vis grænse kompenseres ved at reducere beklædningen. Ved forøget temperatur vil svedkirtlerne træde i funktion og fordampning af sved kan blive en stor andel af varmeafgivelsen. Især ved stillesiddende arbejde føles det for de fleste mennesker ubehageligt at svede.

Allerede når temperaturen er nogle grader over det praktiske komfortområde, vil der ske en sænkning af muskelspændingen og der igennem også en sænkning af vågenhedsgraden, da denne er sammenkoblet med reguleringen af muskelspændingen.

Dette medfører en reduktion af både den intellektuelle og manuelle præstation. Fejlfrekvensen øges og der kan optræde hovedpine og anden utilpashed. Der foreligger undersøgelser, der viser at ved intellektuelt arbejde reduceres præstationen først hos de personer, der i forvejen har en svag præstation. I de varmeste tilfælde kan det ende med hedeslag.

For arbejde i varme omgivelser findes en række indikatorer, der udtrykker varmebelastningen eller det varmeste acceptable klima.

Lufthastighed

Der er stor individuel forskel på ved hvilken lufthastighed, der klages over træk. Nyere undersøgelser foretaget på Danmarks tekniske Højskole viser, at en del mennesker er meget følsomme for luftbevægelser, når disse ikke er konstante, men ændrer sig med en vis frekvens. Men indtil yderligere viden foreligger om specielt betydningen af hastighedsvariationer og deres frekvens, benyttes middel-lufthastigheden til vurdering af trækgener.

Andre foreløbige undersøgelser tyder på, at ca. 20 % af 80 forsøgspersoner føler træk ved 0,15 m/s, når lufttemperaturen er 20 °C. Antallet reduceres med stigende lufttemperatur.

De nyeste normer angiver en middellufthastighed på 0,15 m/s som øvre acceptabel grænse ved stillesiddende aktivitet.

For personer i bevægelse kan lufthastigheder op til 0,4 m/s erfaringsmæssigt accepteres.

Det er også ubehageligt med meget lave lufthastigheder, lavere end ca. 0,05 m/s, idet der så er problemer med at afgive varme og fugten. Det udtrykkes f.eks. ved, at luften kaldes dårlig og trykkende. For lave lufthastigheder er dog sjældent et problem i praksis.

Udsættelse for træk i en længere periode kan give muskelsmerter, idet musklerne ved afkølingen vil være i spændt tilstand. Lufthastighedens variation med tiden har eventuelt indflydelse på trækfølelsen, men dette er dog ikke afklaret.

Luftfugtighed

Luftfugtighedens indflydelse på den termiske komfort er lille, når temperaturniveauet svarer til det komfortable område. F.eks. modsvares en stigning på 20 % af den relative fugtighed af ca. 0,5 °C reduktion af temperaturen.

Ved stigende temperatur, hvor en større del af varmen skal afgives ved en svedning, stiger fugtighedens indflydelse. Den bør i så fald være lavere end 60 - 70 %.



Termiske og isoleringstekniske forhold

Temperaturændringer

Daglige temperaturændringer i et opholdsrum på mere end ca. 4 °C føles ubehageligt. Ændringer f.eks. styret af det automatiske reguleringsudstyr, bør være mindre.

Små ændringer i temperaturen har ingen indflydelse på komfortbetingelserne. Større ændringer er ikke undersøgt til bunds, men det har vist sig, at ved ændringer fra komfortable omgivelser til ukomfortable omgivelser vil der gå en vis tid, før ubehaget kan mærkes - hvorimod man kan mærke det med det samme, hvis klimaet ændres fra ukomfortable til komfortable omgivelser.

Lodrette temperaturforskelle

Temperaturgradienter i lodret retning på mindre end ca. 3 °C/m anses af de fleste personer for at være acceptable.

Asymmetrisk stråling

Undersøgelser har vist, at man kan acceptere op mod ca. 1 °C lavere strålingstemperatur i en retning stammende fra en kold, lodret flade (f.eks. vinduer), når man er i termisk neutrale omgivelser og stillesiddende.

Der kan accepteres en forskel på ca. 2,5 °C, hvis den lodrette flade er varmere end omgivelserne. Forskellen i strålingstemperatur i to modsatte retninger kaldes strålingstemperatur asymmetrien.

Undersøgelserne har været korttidsforsøg, så resultaterne kan ikke umiddelbart benyttes ved vedvarende udsættelser for et skævt strålingsfelt. Der bør næppe være mere end ca. 6 °C lavere strålingstemperatur mod en kold flade for at undgå gener i væv og muskulatur ved langvarig udsættelse.

I Danmark vil man normalt ikke overskride denne grænse om vinteren selv ved placering tæt på et vindue med dobbelte ruder. Når der i praksis mange steder alligevel er klager over kulde nær vinduer, skyldes det snarere kuldefald og utætte fuger.

Kilder til termiske klimagener

I boliger er karakteristiske klimagener træk fra utætte vinduer og overopvarmning på grund af solindfald og dårligt regulerbare varme anlæg.

I skoler, kontorer og arbejdspladser i industrien kommer den hyppigste klimagener træk hovedsagelig fra dårligt indregulerede og vedligeholdte ventilationsanlæg, men også høje lufttemperaturer forekommer.

I industrien findes desuden en række arbejdspladser, hvor der er koldt eller varmt. De kolde arbejdspladser, er ofte ved døre og porte, hvor temperaturen er lav og hvor det ofte trækker.

Mangelfuld eller dårligt reguleret opvarmning forekommer meget tit. For høj temperatur hænger ofte sammen med processerne, undertiden kombineret med solvarme gennem vinduer og store flade tage.

En stor del af kilderne til klimagener stammer fra bygningerne og det der foregår i dem, men en ikke ubetydelig del stammer fra u hensigtsmæssig brug og drift af bygninger og varme og ventilationsanlæg.



Termiske og isoleringstekniske forhold

Varmeanlæggets opgave

Det er varmeanlæggets opgave at tilføre så meget varme til en bygnings enkelte rum, at den ønskede rumtemperatur kan opretholdes.

Hvis rumtemperaturen bliver for lav eller for høj, går det ud over den termiske komfort i rummet. Hvis rumtemperaturen bliver for høj, medfører det endvidere et unødvendigt energiforbrug - et energispild.

Energiforbruget til opvarmning af en given bygning er alt andet lige proportionalt med forskellen mellem rumtemperaturen og udetemperaturen.

Ved at gøre denne forskel mindst mulig bliver energiforbruget også mindst muligt.

Udetemperaturen er vi jo nødt til at acceptere, som den er. Det gælder derfor om at holde rumtemperaturen så lav, som det er rimeligt af hensyn til rummets funktion. Varmeanlæggets ydelse må derfor kunne reguleres i overensstemmelse hermed.

De termiske faktorer

Der er en lang række faktorer, der har indflydelse på, hvordan vi opfatter indeklimaet. Det gælder de termiske forhold i et rum, endvidere rumluftens indhold af fugtighed, luft støj mm. samt lys og lydforhold.

De vigtigste faktorer er de termiske, det vil sige de forhold, der har indflydelse på menneskets varmebalance med omgivelserne:

- Rumtemperaturen
- Overfladetemperaturen (middelstrålingstemperaturen)
- Lufthastigheden
- Luftfugtigheden
- Beklædningen
- Aktivitetsniveauet

Det er samspillet mellem disse faktorer, der bestemmer, hvordan vi opfatter »det termiske rum« omkring os.

Termisk komfort

Ved et tilfredsstillende termisk indeklima (termisk komfort) forstås den tilstand, hvor en person hverken ønsker det koldere eller varmere.

Hvis der ændres på en af de termiske faktorer, må der for at opnå samme grad af termisk komfort også ændres på en eller flere af de øvrige.

Ved en højere overfladetemperatur - opnået f.eks. ved en bedre isolering af en ydervæg - kan der således med samme termiske komfort, holdes en lidt lavere rumtemperatur. Det samme gælder, hvis personens aktivitetsniveau øges eller beklædningen bliver kraftigere.

Det er vigtigt at bemærke denne sammenhæng mellem rumtemperaturen og de øvrige termiske faktorer, der betyder at rumtemperaturen i mange tilfælde kan sænkes, afhængig af personens beklædning og aktivitetsniveau og af rummets funktion i øvrigt.

Rumtemperaturen

Det har i en årrække før energikrisen været en tendens til at holde en stadig højere rumtemperatur i vore bygninger - såvel i boliger som på arbejdspladser. De fleste mennesker havde efterhånden vænnet sig til en rumtemperatur på 23 - 25 °C.

Dette hænger naturligvis sammen med, at vi samtidig havde vænnet os til at gå med lettere beklædning inden døre, en beklædning, som passede bedre til den højere rumtemperatur.

Det var endvidere blevet almindeligt, at alle rum blev opvarmet til samme høje temperatur, selv om der egentlig ikke var brug for så høj temperatur af hensyn til den funktion, som foregik i rummene.

Rumtemperaturen kan i de fleste bygninger sænkes udenfor brugstiden, det vil sige nat, weekend mm.

Som nævnt overfor er energiforbruget til bygningsopvarmning proportionalt med forskellen mellem rumtemperatur og udetemperatur. Ved 1 °C sænkning af rumtemperaturen fra f.eks. 22 til 21 °C i hele varmesæsonen vil der opnås en energibesparelse på ca. 6 % af årsforbruget.



Termiske og isoleringstekniske forhold

Hvorfor skal varmeanlægget reguleres

Et rums varmebehov variere betydeligt døgnet igennem og fra døgn til døgn - afhængigt af en lang række forhold (belastningsvariationer):

1. Udeklima

- Udetemperatur
- Vind
- Sol

2. Basisvarme - det vil sige varmetilførsel til rummet fra

- Solindfald, der afhænger af
- Vinduesareal.
- Orientering.
- Årstid.
- Personer.
- Belysning.
- Maskiner mm.

3. Brugstiden - det vil sige den periode af døgnet/uge man

- Ønsker at opretholde en bestemt rumtemperatur.
- Udenfor brugstiden kan rumtemperaturen sænkes.

4. Bygningens termiske træghed - det vil sige

- Dens varmeakkumuleringsevne.
- altså om det er en tung eller let bygningskonstruktion.

Bygningens termiske træghed kan variere fra bygning til bygning, men er naturligvis en given størrelse for den enkelte bygning.

Når de tre andre faktorer udeklima, basisvarme og brugstid varierer, ja så varierer behovet for varmetilførsel fra varmeanlægget også. Varmeanlæggets ydelse må derfor kun reguleres i takt hermed.

Basisvarme

Basisvarmen, som undertiden også kaldes »gratisvarme«, tilføres bygningen fra solindfald, personers varmeafgivelse, belysningen, elektriske maskiner - f.eks. køleskab, vaske-maskiner, opvaskemaskiner, TV mv. - og kan være ganske betydelig.

Især i overgangstiden kan solindfaldet gennem sydvendte vinduer give et væsentlig bidrag til opvarmningen. Dette gælder især for tunge bygninger med stor varmeakkumuleringsevne.

Basisvarmen tilføres uafhængigt af varmeanlægget og det er vigtigt, at denne form for varme udnyttes rigtigt - det vil sige at den ikke benyttes til at holde højere rumtemperatur end de f.eks. 21 °C, som varmeanlægget er indstillet til at holde, men benyttes til at reducere varmeanlæggets ydelse, så der herved spares energi.

Brugstid

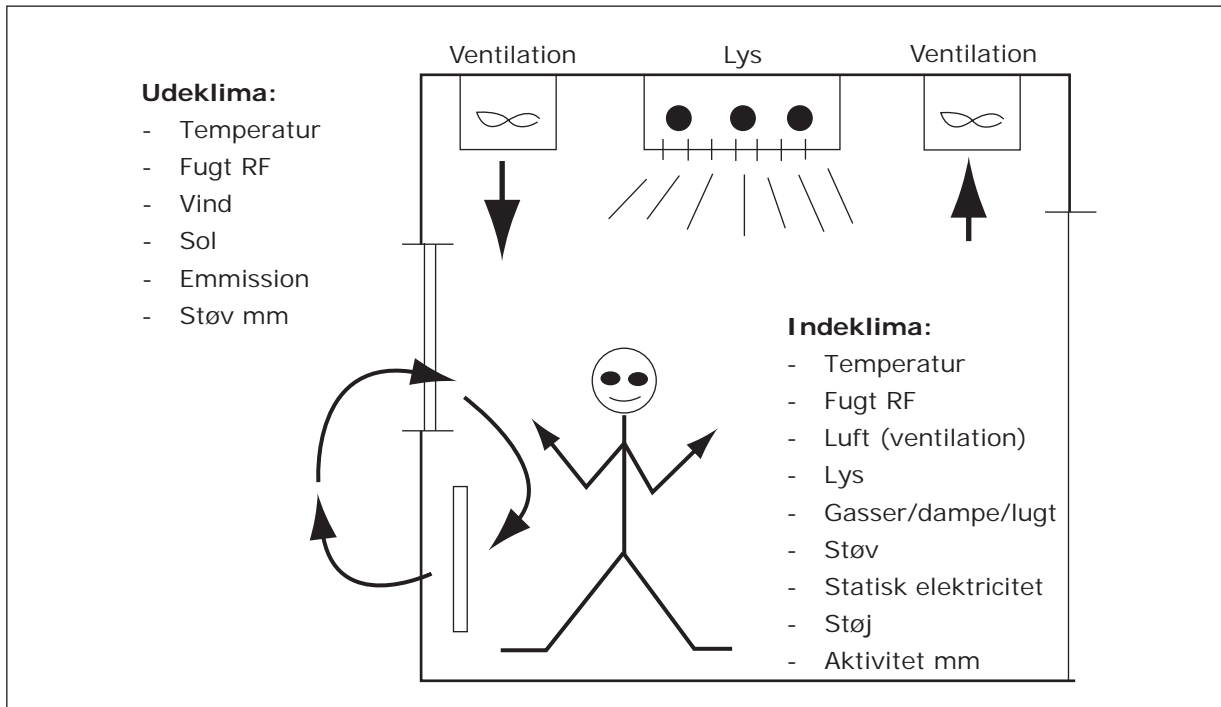
Ved at sænke rumtemperaturen udenfor en bygnings eller et rums brugstid, kan der i mange tilfælde opnås væsentlige energibesparelser.

Fra praksis er der adskillige eksempler på, at netop udnyttelsen af temperatursænkning her har givet de største energibesparelser (eksempelvis fra skoler, administrationsbygninger og lignende).

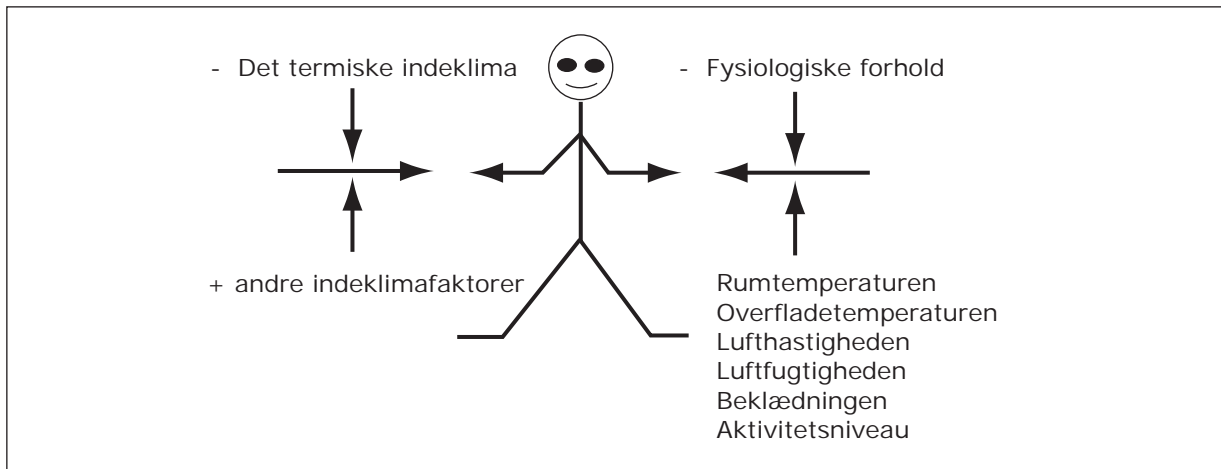


Termiske og isoleringstekniske forhold

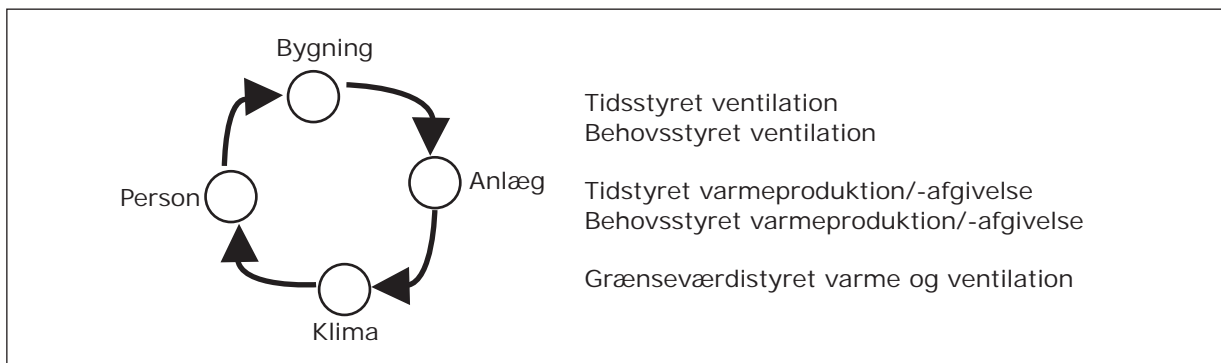
1. Klima



2. Ligevægtsbalance



3. Styring/regulering





Reguleringsløjfer

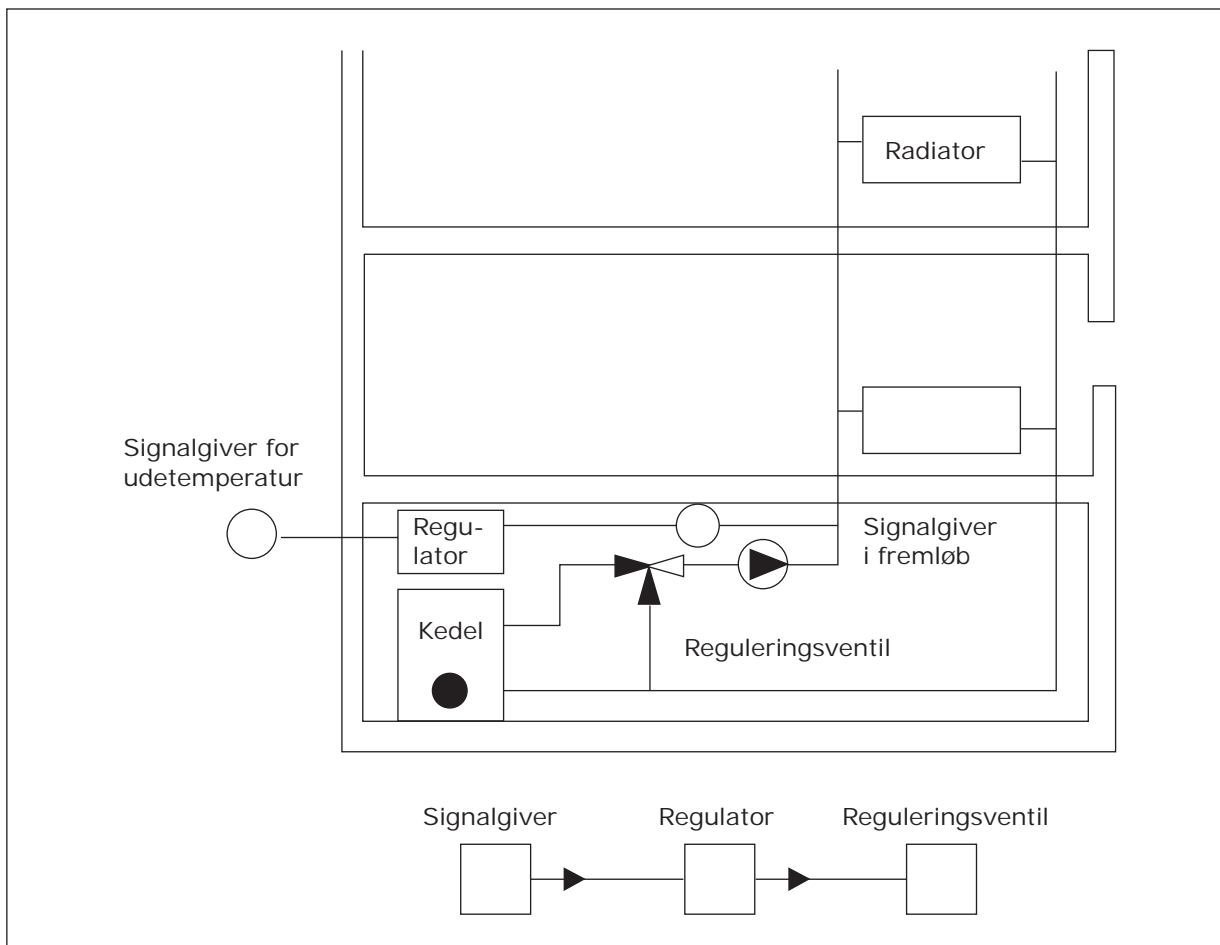
Eksempler på reguleringsløjfer

Åben sløjfe - styring

Figuren herunder viser en bygning med kedel og radiator kredsløb. Fremløbstemperaturen bestemmes af reguleringsventilen. Ventilen er styret af en regulator med udeføler, som måler udetemperaturen.

Varmetabet fra en bygning er hovedsageligt bestemt af forskellen mellem lufttemperaturen inde i bygningen og udetemperaturen. Regulatoren bestemmer derfor fremløbstemperaturen på grundlag af udetemperaturen (efter varmekurven). Dette giver en tilnærmelsesvis rigtig gennemsnitstemperatur i bygningen.

Informationerne flyttes kun i en retning uden egentligt at danne nogen sløjfe. Derfor kaldes dette reguleringsystem en åben sløjfe. En åben sløjfe kaldes også en styring.



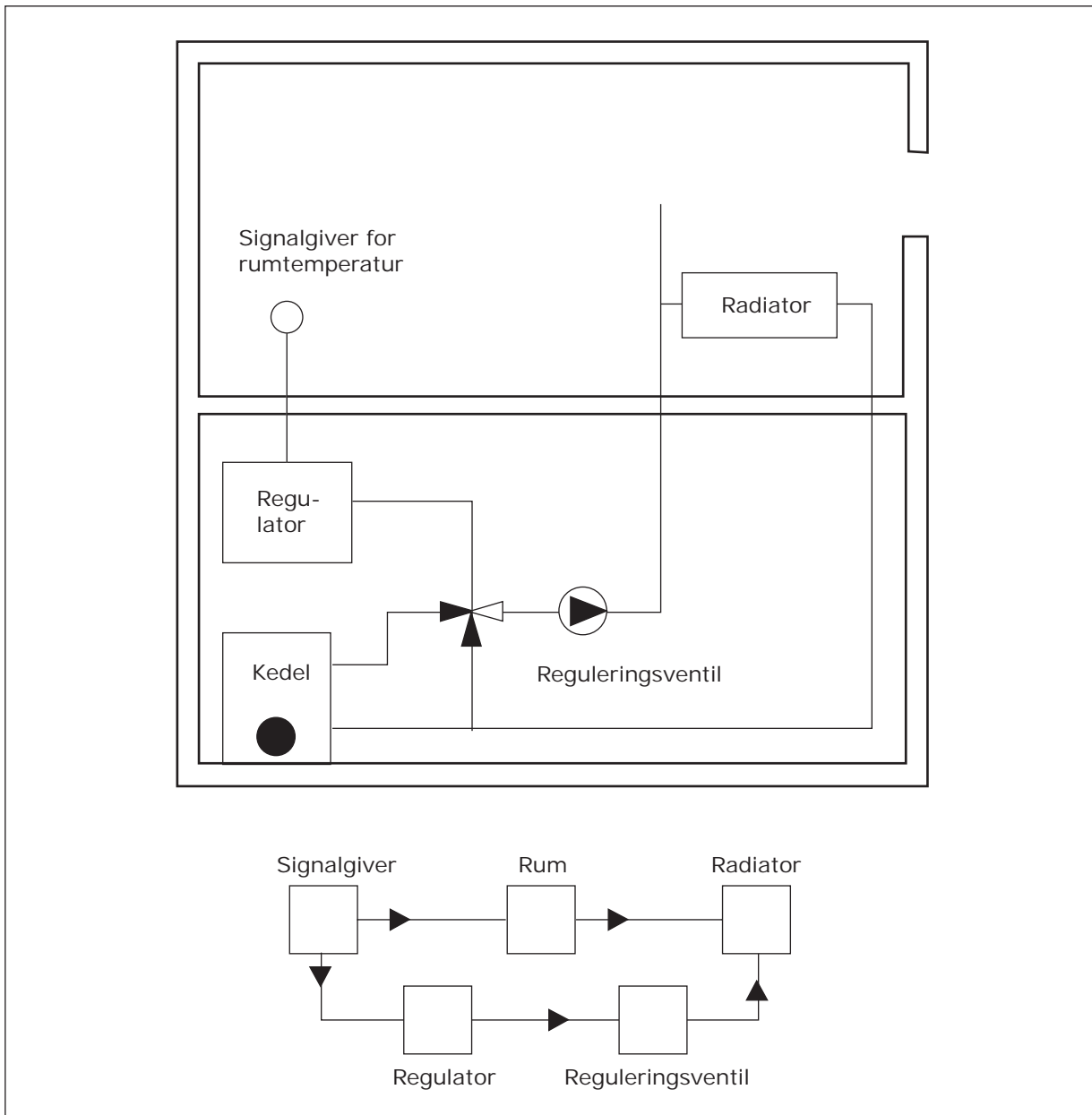


Reguleringsløjfer

Lukket sløjfe - regulering

Figuren herunder viser principielt en anden løsning. Der er nu sat en rumføler ind i et rum, således at rumtemperaturen kan reguleres. Informationsgangen bliver nu: Rumføleren sender sit signal til regulatoren, denne sender besked om eventuel afvigelse fra ønsket værdi til reguleringsventilen, som ændrer sin stilling tilsvarende.

Fremløbstemperaturen til radiatoren forandres. Dette giver en forandring i varmeafgivelsen fra radiatoren, som forplanter sig gennem luften tilbage til signalgiveren. På denne måde vil informationen hele tiden gennemløbe samme lukkede sløjfe. Dette er en regulering.





Reguleringsløjfer

Nat- og weekendsækning

Besparelsens størrelse afhænger af, i hvor lang tid temperatursækningen kan ske og til hvilken temperatur samt af hvor stor varmeakkumuleringsevnen bygningen har.

For etageboliger afhænger besparelsen for hele bygningen af, hvorvidt der er tale om en generel natsækning for alle lejligheder eller om der kun er tale om en enkelt lejlighed.

For boliger kan der være tale om natsækning i ca. 50 timer af ugens 168 timer. I enfamiliehuse, hvor beboerne har udearbejde, kan der endvidere tænkes en sækning i visse dagtimer.

For f.eks. kontorbygninger med en brugstid på ca. 40 timer pr. uge, kan temperaturen sænkes 128 timer af ugens 168 timer.

	Brugstid	Sænkes i % af samlet tid
Boliger	6 - 22	33 %
Plejhjem		
Værelser	Hele døgnet	0 %
Spisesal	8 - 10, 12 - 14, 17 - 19	55 %
Skoler	8 - 15 og 19 - 22 på hverdage, ikke lørdag og søndag	65 %
Kontorbygninger	8 - 16 på hverdage, ikke lørdag og søndag	75 %

Man bør imidlertid ikke lade rumtemperaturen komme under ca. 16 - 17 °C, da man så kan risikere fugtpletter, mugdannelse mm.

Bemærk: temperaturen bør aldrig sænkes mere end 5 °C.

Weekendsækning

Anlægget kan bringes til at arbejde med en lavere fremløbstemperatur fra f.eks. fredag aften til mandag morgen. Bruges fortrinsvis ved anlæg i skoler, institutioner mm., som ikke er i brug alle ugens dage.

For besparelsens størrelse er det afgørende, at der ikke startes op før nødvendigt om morgenen. Der findes i dag reguleringsudstyr, der automatisk kan bestemme det rigtige opstartstidspunkt.

Det må skønnes, at den nat- og weekend-sækning på 15 - 20 °C sækning af frem-

løbstemperaturen, der i dag finder sted i mange bygninger er alt for lille til, at der opnås nogen egentlig besparelse, især i tunge bygninger med stor varmeakkumuleringsevne.

Det må derfor anbefales, at man ved målinger i de enkelte bygninger kontrollerer, hvilken rumtemperatursækning, der opnås i virkeligheden og så afpasse fremløbstemperatursækningen herefter.



Reguleringsløjfer

Automatikkens opgave

Automatikkens primære opgave er at holde en eller flere fysiske størrelser (vand, varme, luft etc.) indenfor nogle forud fastsatte rammer eller specifikationer f.eks.:

- Opretholdelse af en indendørstemperatur på +/- 1 °C.
- Sikre tilstrækkelig luftskifte.
- Kompensere for variationer i udeklimaet.
- Opnå størst mulig udnyttelse af basisvarmen.
- Sænkning af indendørstemperaturen udenfor brugstiden.

Enhver energiomsætning skal styres/reguleres således, at der opnås en energiøkonomisk optimal drift, samtidig med at der sikres et tilfredsstillende indeklima.

Systemer for regulering

I det følgende er angivet en kort omtale af de almindeligste reguleringsystemer der anvendes.

Radiatortermostater

Monteres på alle radiatorer.

Regulerer den enkelte radiators varmeafgivelse - det vil sige tager hensyn til udeforhold og basisvarme.

Da radiatorventilen er en P-regulator skal dens indstilling ændres ved overgang fra efterår til vinter og fra vinter til forår.

Kan ikke sænke rumtemperaturen udenfor brugstiden uden manuel betjening eller ved en central sænkning af fremløbstemperaturen eller ved en central sænkning af fremløbstemperaturen eller ved start/stop af cirkulationspumpe f.eks. ved hjælp af et kontakturn.

Vejrkompcncering

Består i hovedtræk af udeføler, placeret på ydervæg, fremløbsføler i fremløbsledningen/kedel/veksler, blandeventil/ventil, rumføler/referenceføler placeret i et repræsentativt rum og kontrolpanel.

Styrer fremløbstemperaturen i takt med udetemperaturen, forholdet kan indstilles på kontrolpanelet. Udeføleren er vindfølsom og i nogen grad solfølsom. Særlig vindføler og solføler kan leveres. Sænker automatisk fremløbstemperaturen udenfor brugstiden.

Dette indstilles på et ur i kontrolpanelet.

For større bygninger som f.eks. skoler, kontorbygninger og lignende opdeles varmeanlægget med fordel i to eller flere zoner svarende til facadeorientering, hver styret af et kontrolpanel med udeføler på den respektive facade.

Tager hensyn til udeforhold og sænkning af rumtemperaturen udenfor brugstiden, men ikke til basisvarmen. Hvis anlægget er facadeopdelt og med solføler vil der dog opnås en god udnyttelse af basisvarmen fra solindfald.

Der findes endvidere reguleringsudstyr, anlæg for optimal startprogrammering, der beregner, hvornår anlægget skal startes efter nat og weekendsænkning, afhængig af udetemperatur og bygningens konstruktion. Optimal startprogrammering er kun relevant ved større anlæg.

Urstyring

I de sidste par år er der kommet flere systemer på markedet, der specielt er tænkt anvendt ved enfamiliehuse og lignende.

Systemet består af rumføler med kontakturn, der monteres i opholdsstuen og regulerer varmeudvekslingen f.eks. ved regulering af en motorventil (blandeventil) der så sænker fremløbstemperaturen eller ved start/stop af cirkulationspumpe.

Tager hensyn til udeforhold, basisvarme og kan sænke rumtemperaturen udenfor brugstiden. Men det skal bemærkes, at det er belastningsvariationerne i opholdsstuen (sol, personer mm.), der reguleres efter og resten af huset må så »acceptere« dette.



P- og PI-regulering

Automatik

Ordet automatik eller automatisk har en tendens til at kunne udnyttes både positivt og negativt.

Positivt opfatter vi det, når vi i vor dagligdag udtrykker ønske om, at det ville være rart, hvis en eller anden proces forløb automatisk - f.eks. at kaffen var færdig, når vi stod op om morgenen.

Det er imidlertid negativt, hvis en hændelse forløber automatisk på en sådan måde, at vi føler os overflødige eller at vi ikke kan gennemskue, hvad det er som sker!

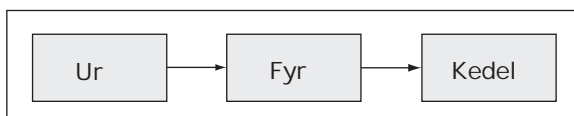
Styring og regulering

Det mest grundlæggende indenfor automatik er forskellen mellem en styring og en reguleringskreds.

- Styring er en automatisk funktion til at opfylde nogle forudbestemte mål. Et ur som starter og stopper et fyr foretager en styring af temperaturen, uden at den ønskede temperatur behøver at være rigtig.

eller:

- Ved styring forstås et automatisk anlæg eller system, som er i stand til at udføre en given ordre - men hvor systemet ikke selv er i stand til at kontrollere om ordren er udført.
- Dette defineres som en åbne sløjfe.



- Ved en regulering foretages en styring, men med den ændring, at man (regulatoren) får en tilbagemelding om, at den ønskede temperatur er til stede.

eller:

- Ved regulering forstås et automatisk anlæg eller system, som er i stand til at udføre en given ordre og som automatisk kontrollerer om, at ordren bliver udført og som tillige sørger for at korrigere for eventuelle fejl.
- Dette defineres som en lukket sløjfe.

Der er normalt tale om tre former for regulering:

- ON/OFF-/ diskontinuert regulering
 - Analog regulering
 - Digital regulering
- Flydende regulering

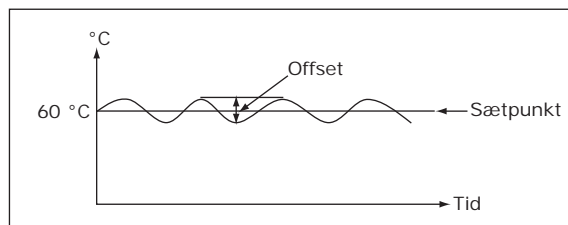
On/off-/diskontinuert regulering

Den almindeligste form for regulering af en temperatur er en termostat, der slutter eller bryder en elektrisk proces, som enten kan være en kedel eller en varmeovn.

Kedeltermostaten er en on/off-regulering. Temperaturen måles og på baggrund af den ønskede temperatur - som kaldes »SÆTPUNKTET« - starter eller stopper fyret.

Denne regulering, som er on/off-regulering vil altid give en temperatur, på den ene eller anden side af »SÆTPUNKTET« (den ønskede temperaturværdi).

Denne afvigelse fra den ønskede temperatur kaldes »offset«.



Fejlen kan gøres mindre ved at starte og stoppe oftere, men dette er ikke altid hensigtsmæssigt.

Diskontinuert regulering foregår, når en regulering vil stille sin udgang på nogle bestemte værdier mellem 0 - 100 %.

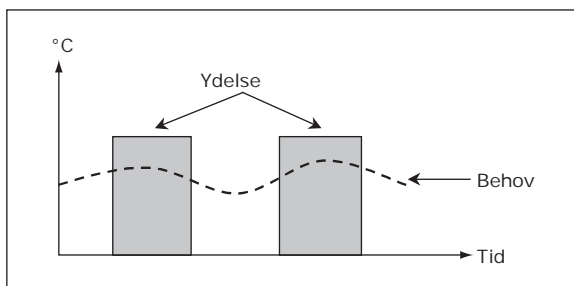
Eksempel på diskontinuert regulering (on/off-regulering) er en regulator, f.eks. en almindelig termostat for en el-radiator eller en kedeltermostat.

Termostaten kan ikke sikre, at el-radiatoren eller kedlen får tilført nøjagtigt den energi, der er nødvendig for at opretholde den rette temperaturbalance.



P- og PI-regulering

Den vil med jævne mellemrum koble effekten til (100 %) og fra (0 %).

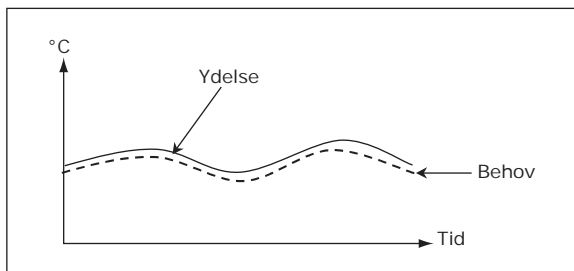


Flydende regulering

Ved en flydende regulering må man medtage ord som »modulerende«, »analog«, osv.

Den i reguleringskredsen mest anvendte sprogbrug er en analogregulering.

Modulerende er en høj koblingsfrekvensen (få sekunder) vekslede imellem 0 og 100 %.



Analogregulering kan være pneumatisk eller elektrisk, men det er vigtigt, at man ikke blander begrebet »digital« sammen med noget analogt.

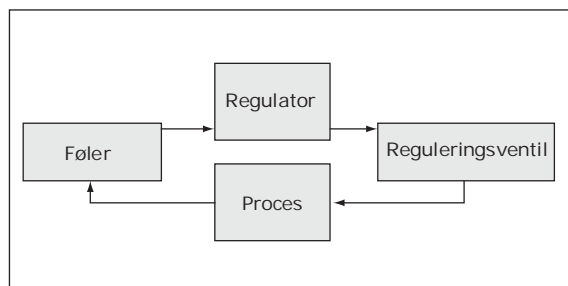
Forskellen er netop den, at analoge signaler er flydende, hvorimod digitale foregår i trin.

Tænk på forskellen mellem et kviksølvtermometer og et termometer koblet til et elektrisk måleapparat - sidstnævnte vil ofte vise temperaturen i spring altså digitalt.

Reguleringsmæssigt - uanset om det er digitalt eller analogt - er der tale om en lukket sløjfe.

- Den lukkede sløjfe er en tilbagemelding om, hvordan den proces, som man vil styre befinder sig i forhold til det ønskede, »SÆTPUNKTET«.

På figuren nedenfor er vist et eksempel på en reguleringskreds.



Sætpunktet er den værdi, som vi ønsker - det vil sige stuetemperatur, fremløbstemperatur, etc.

Regulatoren er det apparatur, som skal bearbejde de informationer, som kommer fra måleren - det vil sige sammenholde den målte værdi med den ønskede.

Føleren er det instrument som registrerer, hvordan en proces forløber - det vil sige temperaturmåling, flowmåling, trykmåling osv.

Reguleringsventilen kan være elektrisk eller pneumatisk styret. Det er væsentligt, at man opfatter alle »blokke« i reguleringskredsen, som værende lige betydningsfulde!

Reguleringsmæssigt er der nogle væsentlige forskelle, som skal nævnes:

- On/off-regulering, som vi har nævnt.
- Flydende regulering, som forklares ved en proportional regulering og som kan forbedres ved en »I« og »D« virkning. Dette vender vi tilbage til.
- Reguleringsløjfen, har det problem, at der ved ren P-regulering (proportionalregulering) altid vil opstå en fejl fra den ønskede værdi, når en forstyrrelse forekommer.

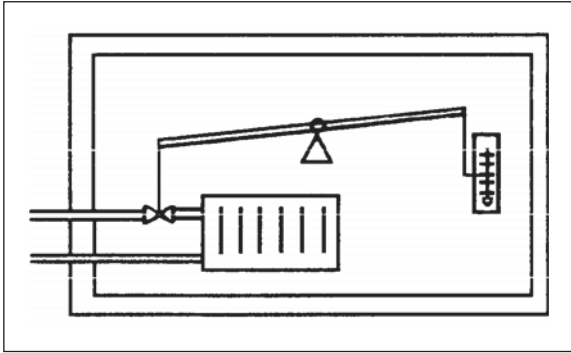


P- og PI-regulering

P-regulering

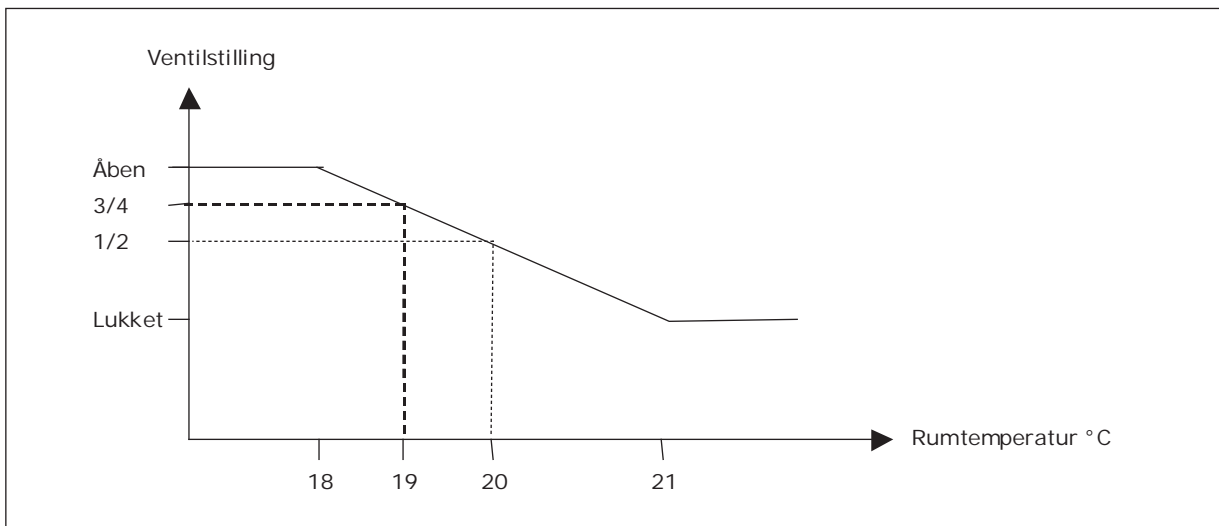
For at forklare P-regulatorens funktion begynder vi med følgende enkle eksempel:

Det gælder her om at holde konstant rumtemperatur uafhængig af belastningsvariationer i og uden for rummet.



Reguleringsanordningen består af en temperaturføler, som via en vægtstang påvirker radiatorventilen og dermed varmetilførslen. Af konstruktionen fremgår det, at vi får et proportionalt forhold mellem rummets temperatur og ventilspindlens stilling.

Det kan beskrives i følgende diagram:



Af diagrammet ser vi, at der kræves en temperaturændring på 4 °C for at ventilen skal gå fra sin ene yderstilling til den anden.

Dette temperaturområde kaldes regulatorens P-bånd.

Oftest udtrykkes P-båndet i den faktiske værdis enhed (f.eks. °C, %), men det kan ligeledes udtrykkes i % af regulatorens måleområde.

Hvis vores regulator har måleområdet 10-30 °C, modsvares da 4 °C.

$$P = \frac{4}{30 - 10} = \frac{4}{20} = 20 \%$$

Ønskeværdien, det vil sige den ønskede temperatur, ligger normalt midt i arbejdsområdet. Hvis temperaturen er på ønskeværdien, er ventilen halvt åben.



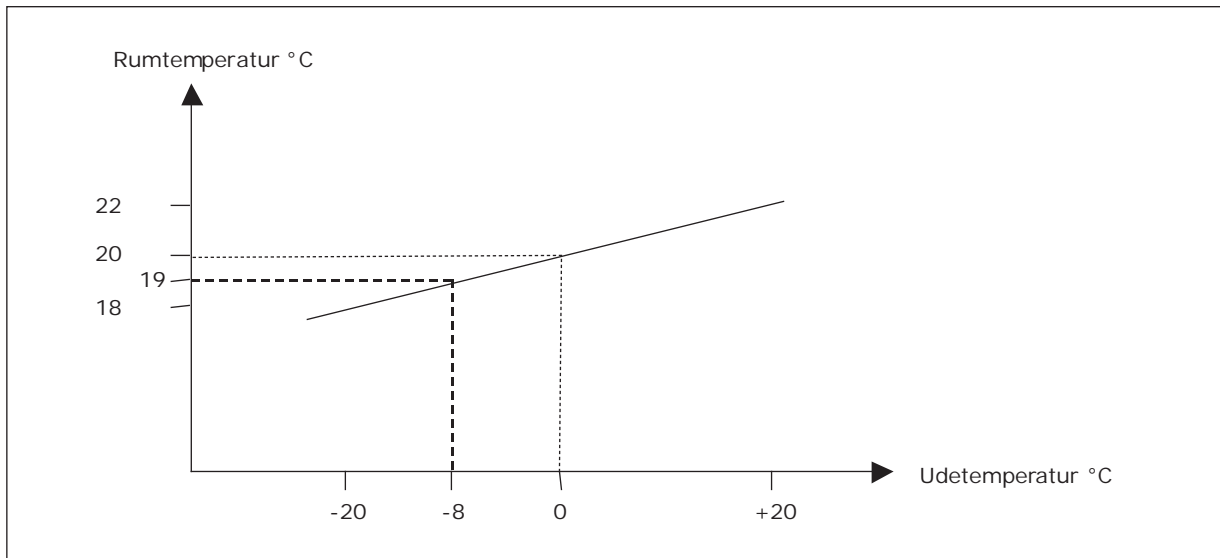
P- og PI-regulering

Den åbnes mere, hvis temperaturen synker og mindre, hvis temperaturen stiger. Temperaturændringerne vil således modvirkes af regulatoren.

Der er dog en hage ved dette arrangement. Vi må forudsætte, at rumtemperaturen virkelig bliver 20 °C, når ventilen er halvt åben. Dette vil i virkeligheden kun ske ved en vis udetemperatur, det vil sige ved en vis belastning.

Hvad sker der, hvis det bliver koldere udenfor, så ventilen skal være 3/4 åben, for at rumtemperaturen skal holdes? Ja, som vi ser i figuren på forrige side, så er den eneste mulighed for at få ventilen 3/4 åben, at rumtemperaturen sænkes til 19 °C. Regulatoren kan ikke få temperaturen op til 20 °C, hvilket medfører en afvigelse fra ønskeværdien.

Med andre ord: Forstyrrelser i systemet (f.eks. varierende udetemperatur) medfører, at den regulerede temperatur vil afvige fra ønskeværdien. Dette er en karakteristisk egenskab ved P-regulering.



Figuren herover viser, hvordan rumtemperaturen kan variere ved en P-regulator med P-båndet 4 °C.

Vi ser, at rumtemperaturen er korrekt ved 0 °C udetemperatur, men vi får afvigelse ved alle andre belastninger. Vi må således acceptere, at den ønskeværdiskalaen kun stemmer ved en bestemt udetemperatur.

Naturligvis kan man kalibrere regulatoren, så skalaen stemmer ved anden belastning, men variationerne i rumtemperaturen er stadig lige store.



P- og PI-regulering

P-regulatorens dynamik

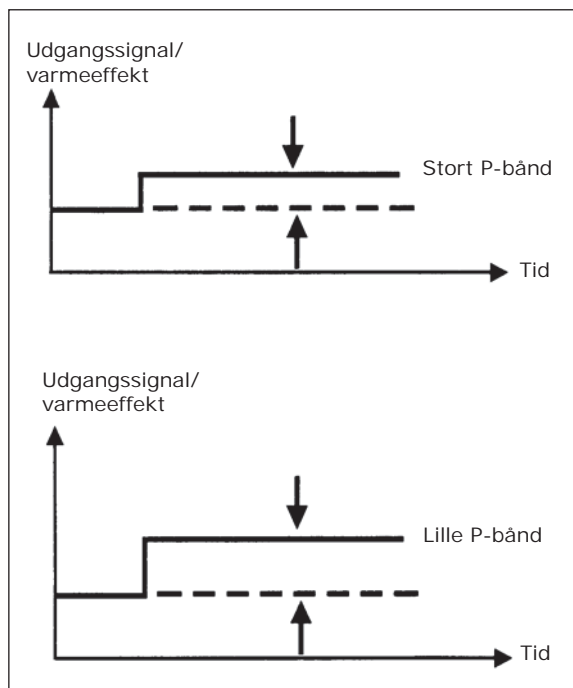
Da der hele tiden findes et fast forhold mellem indgangs- og udgangssignal, har P-regulatoren stor dynamik.

En indgangssignalændring påvirker udgangssignalet direkte uden tidsforsinkelse.

De dynamiske egenskaber plejer man at vise i en springfunktion. Den viser hvorledes udgangssignalet varierer, når indgangssignalet pludselig ændres fra en værdi til en anden, se figuren herunder.

Udgangssignalets ændring beror på P-båndet og indgangssignalets ændring.

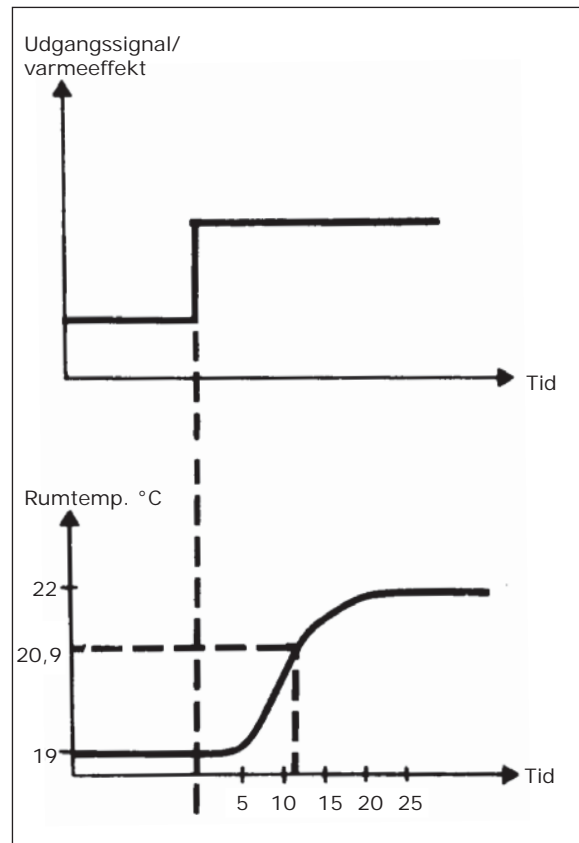
Et stort P-bånd giver en mindre ændring (mindre forstærkning) end et lille P-bånd ved samme indgangssignalændring.



I virkeligheden kan udgangssignalet ikke ændres omgående. Oftest bliver det motoren, som bestemmer den maksimale ændringshastighed.

P-regulatorens virkelige springfunktion bliver da som i figuren herunder.

Hvis motorens gangtid er lille i forhold til det regulerede objekts tidskonstant, har denne tidsforsinkelse dog ingen praktisk betydning.



Af disse kurver får vi en række informationer. For det første øges temperaturen, når varmetilførslen øges.

Videre ser man, at det varer ca. 5 min. før udgangssignalet/varmeeffekten - det vil sige at rumtemperaturen begynder at ændres.

Derefter varer det yderlig ca. 20 min. inden rumtemperaturen har stabiliseret sig ved sin nye værdi.

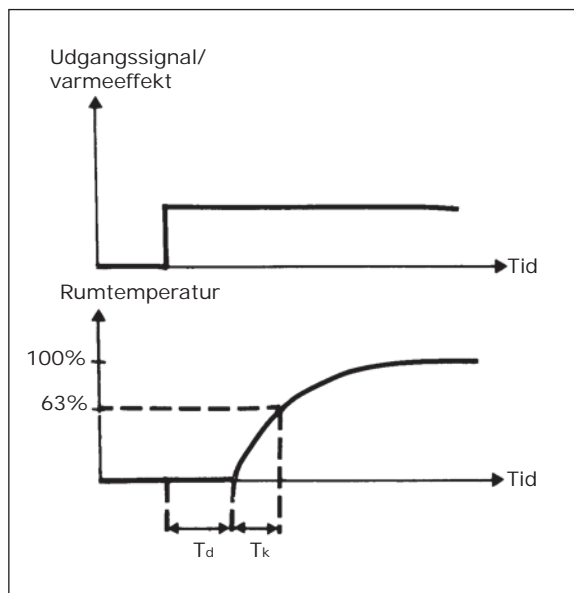
- De første 5 min. kaldes dødtid T_d .
- De næste 7 min. kaldes tidskonstanten T_k .

I visse tilfælde er det ønskeligt med en væsentlig langsommere P-virkning.



P- og PI-regulering

Den kaldes da dæmpet P-virkning og har så en indstillelig tidskonstant T_k , som angiver ændringshastigheden, se figuren på næste side.



Tidskonstanten er den tid der angiver hvor hurtig temperaturen stiger når temperaturstigningen er sat i gang.

Tidskonstanten defineres som den tid, det tager for temperaturen at nå op på 63 % af slutværdien.

I eksemplet ovenfor er tidskonstanten ca. 7 min. (63 % af forskellen mellem 22 og 19 °C er 1,9 °C. $19 + 1,9 = 20,9$ °C).

Indregulering af P-regulatoren

Indregulering af P-regulatoren er nem - idet det normalt kun er P-båndet, der kan indstilles.

Valget af passende P-bånd bestemmes af to modsatte krav.

For at holde reguleringsafvigelsen så lille som muligt, bør der vælges et lille P-bånd. Der kræves så blot en lille temperaturændring, for at regulatoren skal ændre udgangssignalet til passende størrelse.

P-båndet kan dog ikke formindskes ubegrænset.

Er P-båndet for lille, vil en pludselig sænkning af rumtemperaturen give en så kraftig forøgelse af varmetilførslen, at rumtemperaturen stiger op over den ønskede værdi.

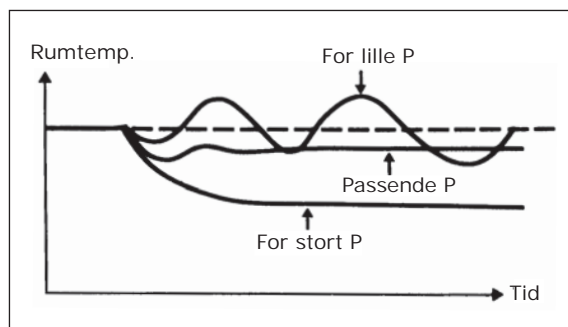
Da der altid findes tidsforsinkelser i systemet, tager det en vis tid inden føleren mærker denne ændring, så varmetilførelsen kan mindskes.

På grund af tidsforsinkelsen når rumtemperaturen nu at synke til under den ønskede værdi, før føleren reagerer og igen forøger varmetilførslen.

Temperaturen vil derfor svinge omkring den ønskede værdi et antal gange, før den bliver stabil.

Hvis P-båndet i stedet øges kraftigt, får vi en god stabilitet, men også en stor reguleringsafvigelse og langsommere virkning.

Figuren herunder viser, hvorledes temperaturen varierer ved forskellige indstillinger af P-båndet ved en vis belastningsændring.



Indstillingen af P-båndet bliver således et kompromis mellem stabilitet og lille reguleringsfejl.



P- og PI-regulering

Omregning fra proportionalbånd til forstærkning - og omvendt

I en standardregulator er der altid mulighed for at indstille forstærkning.

Forstærkningen er en fast størrelse - og det er altid signalet fra en transmitter, der forstærkes ud til udgangen (husk at der ikke kan forstærkes over signalets max. niveau).

Afhængig af fabrikat, opgives forstærkningen i to former:

1. Forstærkning, gain, osv. Der er tale om en direkte størrelse - f.eks. multipliceres transmittersignalet med 2,5 til udgangen.
2. Proportionalbånd. Forstærkningen bliver opgivet i procent. 100 % svarer til 1 gang forstærkning. Et proportionalbånd på 200 %, svarer til 0,5 gang forstærkning. Et proportionalbånd på 50 %, svarer til 2 gange forstærkning. Der benævnes også et smalt proportionalbånd og et bredt proportionalbånd. Smalt = større forstærkning. Bredt = mindre forstærkning.

Omregningsformler

X_p = proportionalbånd i procent K_p = forstærkning - direkte

$$X_p = 1/K_p \times 100$$

$$K_p = 1 / X_p \times 100$$

Eksempel

En forstærkning på 4,5 skal omregnes til P-bånd:

$$X_p = 1 / 4,5 \times 100 = 22,22.$$

Et proportionalbånd på 22,22 % skal omregnes til forstærkning:

$$K_p = 1 / 22,22 \times 100 = 4,444.$$

Resumé af P-regulatoren

- Udgangssignalet er proportionalt med indgangssignalet.
- P-regulatoren er belastningsafhængig. Den giver en blivende afvigelse afhængig af belastningen.
- Forøgelse af P-båndet giver bedre stabilitet og større reguleringsfejl.
- Mindskning af P-båndet giver dårligere stabilitet og mindre reguleringsfejl.



P- og PI-regulering

PI-regulering

Det store problem med P-regulering er altså den reguleringsfejl, der opstår ved belastningsændringer. Når P-båndet mindskes, vil fejlen mindskes men systemet bliver i stedet mindre stabilt. Proportional Integral regulering (PI) fjerner helt en blivende reguleringsfejl.

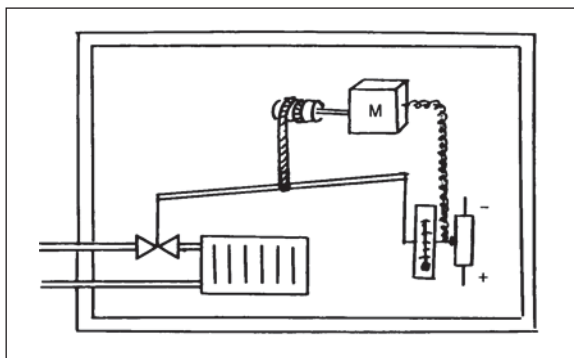
Som navnet antyder, er PI-regulering en supplerende af P-regulering med en ekstra funktion, som kaldes integrering. Navnet stammer fra den matematiske definition, men den foregår vi og kommer i stedet ind på, hvorledes det hele fungerer.

Vi går tilbage til vor proportionale rumregulering og supplerer den med I-funktion. I princippet kan det gøres på følgende måde: I stedet for at have et fast ophængningspunkt for vægtstangen, kan det forskydes lodret med en motor, hvis aksel roterer langsomt.

Motorens hastighed bestemmes af potentiometer, hvis glidekontakt styres af den faktiske værdi, det vil sige af rumtemperaturen.

Når den faktiske værdi er lig med ønskeværdien, står potentiometret i midtstilling, hvilket medfører at motoren står stille. Hvis temperaturen stiger, begynder motoren at gå så vægtstangen langsomt flyttes nedad. Jo større afvigelsen er, des hurtigere går motoren.

Når temperaturen kommer under ønskeværdien, går motoren tilsvarende den anden vej med en hastighed, som afhænger af reguleringsafvigelsen.



Ventilens stilling bestemmes nu dels af den faktiske værdi via vægtstangen (P-funktion), dels af hvor længe motoren har flyttet vægtstangens ophængningspunkt funktion.

I en PI-regulator bestemmes således udgangssignalet af summen af P-funktion og I-funktion.

Reaktionen ved en belastningsændring bliver følgende: Fra starten antager vi, at rumtemperaturen ligger på ønskeværdien og at ventilen er i midtstilling. Da potentiometret er i midtstilling, står motoren stille.

Lad os nu antage, at rumtemperaturen synker på grund af en belastningsforandring. P-funktionen træder omgående til og åbner ventilen. Hvor meget den åbner afhænger af temperaturafvigelsen og P-båndet.

Samtidig flyttes potentiometerkontakten og motoren begynder langsomt at hæve vægtstangen, hvilket medfører at ventilen åbner yderligere.

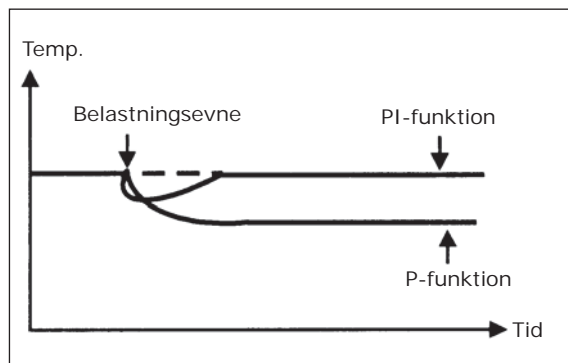
Som vi ved, giver P-reguleringen en blivende fejl. Ventilstillingen skal derfor korrigeres for at vi kan opretholde temperaturen.

Denne korrektion udføres nu af I-funktionen. Motoren fortsætter jo langsomt med at hæve vægtstangen og åbner derved ventilen, så længe der er en reguleringsafvigelse. Rumtemperaturen kommer derfor efterhånden op til ønskeværdien, uafhængigt af hvor stor belastningsændringen er.

En belastningsændring modvirkes således hurtigt af P-funktionen på samme måde som med en P-regulator. I-funktionen fører derpå den faktiske værdi tilbage til ønskeværdien. Dette foregår, indtil der er helt korrigeret for reguleringsafvigelsen.

Ændringshastigheden afhænger af den tilbageværende afvigelse. Den mindskes derfor, jo nærmere vi kommer til ønskeværdien og den standser helt, når temperaturen er korrekt.

Figuren herunder viser, hvorledes PI-regulatoren arbejder, sammenlignet med P-regulatoren.

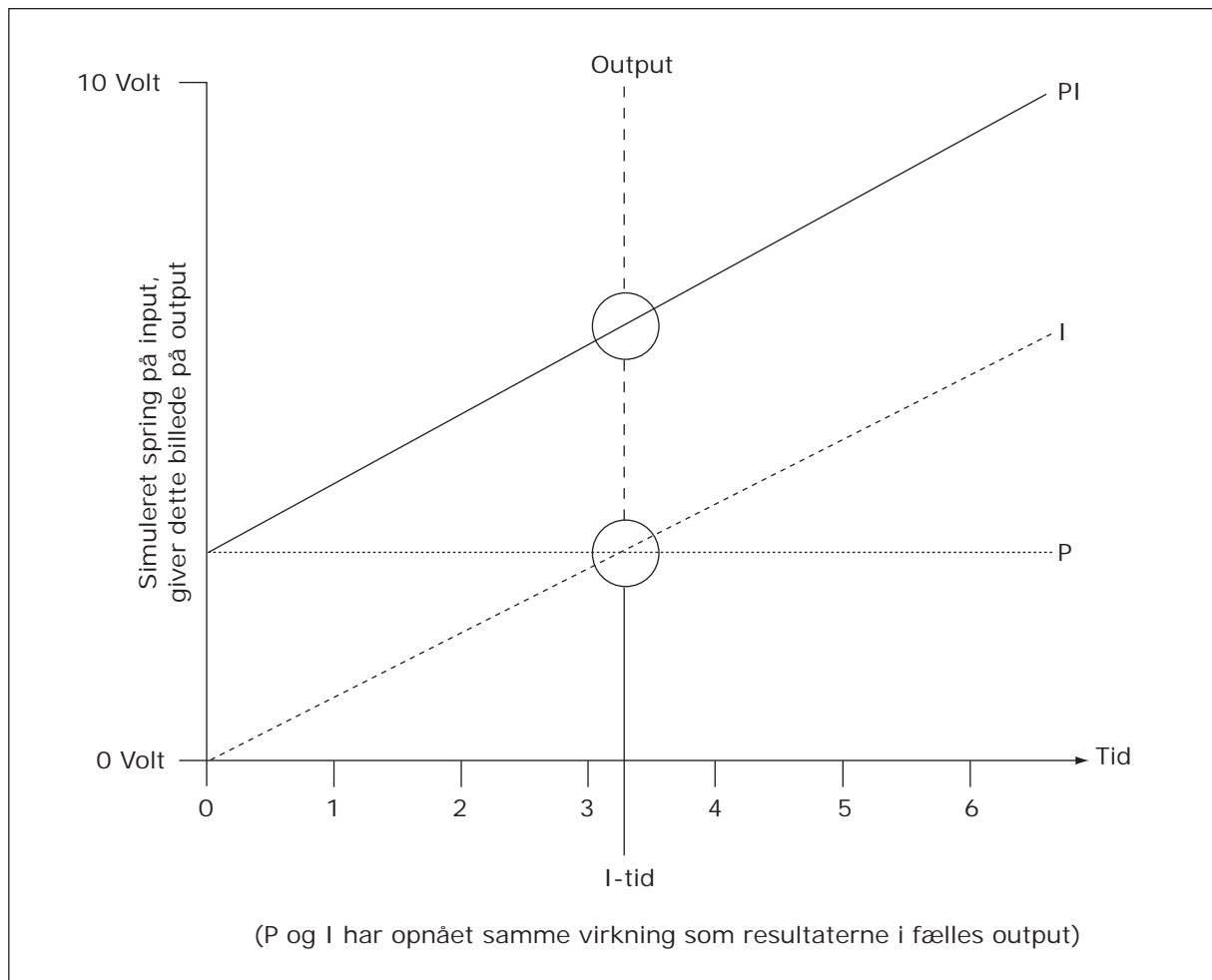




P- og PI-regulering

PI-regulatorens dynamik

PI-regulatorens svar på en springfunktion er vist i figuren herunder.



Den viser udgangssignalet ved en trinformat ændring af indgangssignalet (den såkaldte overføringsfunktion).

P-funktionen giver først en trinformat ændring på samme måde som P-regulatoren. I-funktionen fortsætter derefter med at ændre på udgangssignalet med en konstant hastighed, så længe reguleringsafvigelsen består.

For at give I-funktionens størrelse anvender man normalt integrationstiden til. Det er den tid, som udgangssignalet behøver for at opnå den samme værdi af den ændring, som gives af P-funktionen.

En lang integrationstid giver langsom ændring af udgangssignalet og dermed lille I-funktion.

I PI-regulatoren er udgangssignalet således ikke blot beroende på det nuværende ind-

gangssignal, men også på hvor lang tid en vis afvigelse er forekommet.

Dette er noget, man må tænke på, hvis regulatoren af en eller anden grund kobles fra eller ikke kan påvirke objektet.

Hvis man f.eks. ved regulering af en luftvarmeblæse standser ventilatoren, vil indblæsningsføleren melde en forkert temperatur til regulatoren.

Da integreringen ændrer udgangssignalet, så længe der er en afvigelse, vil udgangssignalet efterhånden gå til yderposition.

Når så ventilatoren starter, er udgangssignalet stadig i sin yderposition og proportionalfunktionen kan ikke føre udgangssignalet tilbage.



P- og PI-regulering

Man må så vente til integreringen er tilbage til sin normale tid, hvilket tager lang tid hvis integrationstiden er lang.

PI-regulatoren er derfor normalt forsynet med en funktion, som automatisk låser udgangssignalet i en fast stilling, så længe reguleringskredsen ikke er i funktion.

Regulatoren starter så altid i en bestemt stilling og kan straks begynde at regulere efter indkobling.

En PI-regulator med indstilleligt P-bånd og I-tid kan anvendes til et stort antal forskellige objekter og den klarer praktisk alle reguleringsopgaver inden for VVS.

Ofte har man kun indstillingsknap for P-båndet og en omkobler for I-tiden, hvormed man kan vælge mellem 2 - 3 forskellige integreringstider.

P-båndsindstillingen er den vigtigste, da den påvirker regulatorens hurtighed og egenskaber ved store ændringer.

I-tiden vælges derefter med hensyntagen til objektets tidskonstant. En lang tidskonstant kræver lang integrationstid og omvendt.

For at holde samme stabilitet på en PI-regulator må P-båndet vælges noget større end på P-regulatoren.

PI-regulatoren kan blive noget langsommere end P-regulatoren ved hurtige belastningsændringer.

Vedr. en nøjagtig indregulering se afsnittet Indregulering af regulatorer.

Resumé af PI-regulering

- PI-regulatoren er belastningsuafhængig.
- Ved PI-regulering sørger P-funktionen for grovreguleringen og I-funktionen for finreguleringen. Indstillingen af P-båndet bestemmer regulatorens hurtighed.
- Indstillingen af I-tiden vælges under hensyntagen til objektets træghed (tidskonstant).



Eksempler på reguleringsautomatik

Automatik til styring af varmeanlæg

Begrebet automatik omfatter i princippet alle former for udstyr, der på den ene eller anden måde indgår i det samlede varmeanlægs funktion og som forsøger at tilpasse varmeanlæggets varmeafgivelse til det aktuelle varmebehov.

Der kan vælges mellem følgende systemer:

- Radiatortermostater
- Rumtermostater (m/u natsænkning)
- Klimastatanlæg (m/u natsænkning)
- eller en kombination heraf.

Rumtermostat og klimastyret fremløbstemperaturregulator kan enten indvirke direkte på kedlen (brænderstyring) eller på et fra kedlen adskilt reguleringsorgan (shuntstyring).

En simpel tidsstyring med et tænd/slukur vil som sådan ikke være at opfatte af begrebet automatik.

For forbrugeren vil investering i varmeautomatik altid være ensbetydende med en forventning om energibesparelse, evt. suppleret med krav om højere komfort.

Montering af automatik ses dog af og til anvendt som tilpasningsled mellem kedel og varmeanlæg i tilfælde, hvor der af den ene eller anden grund optræder driftsforhold, der enten ikke svarer til brugerens forventninger eller som direkte virker generende, f.eks.:

- Hyppig start og stop af brænder
- Støj i varmeanlæg
- Susen i radiatorventiler

Kedler med stort vandindhold (termisk tunge kedler) - er relative lette at styre, da den store træghed i disse systemer betyder, at kedlen kan holdes på en jævn temperatur på f.eks. +/- 5 °C, hvorefter kun fremløbstemperaturen skal styres via en shunt- eller blandedventil.

Kedler med lille vandindhold (termisk lette kedler) kan derimod give anledning til for mange start/stop og svingende temperaturer ved anvendelse af forkert styring.

Samtidig skal man være opmærksom på at Bygningsreglement for Småhuse har krav til energioekonomisk foranstaltning, som skal opfyldes.

Derudover skal man være opmærksom på normen DS 469 »varmeanlæg med vand som varmebærende medium« af 1. februar 1991.

Som tommelfingerregel:

Termisk lette kedler har et vandindhold på under 1 liter vand/kW.

Termisk tunge kedler har et vandindhold på over 1 liter vand/kW.

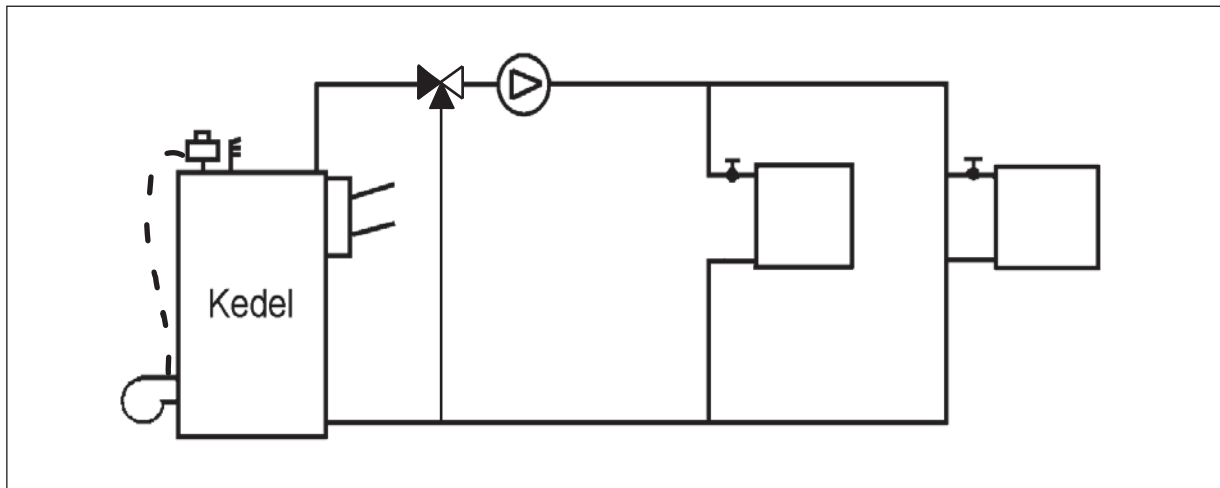


Kedler med olie- eller gasblæseluftbrændere

A. Styring med kedeltermostat

Den enkleste form for temperaturstyring af en kedel er regulering af fremløbstemperaturen ved hjælp af anlægsshunt.

Styring af shuntventil kan ske.



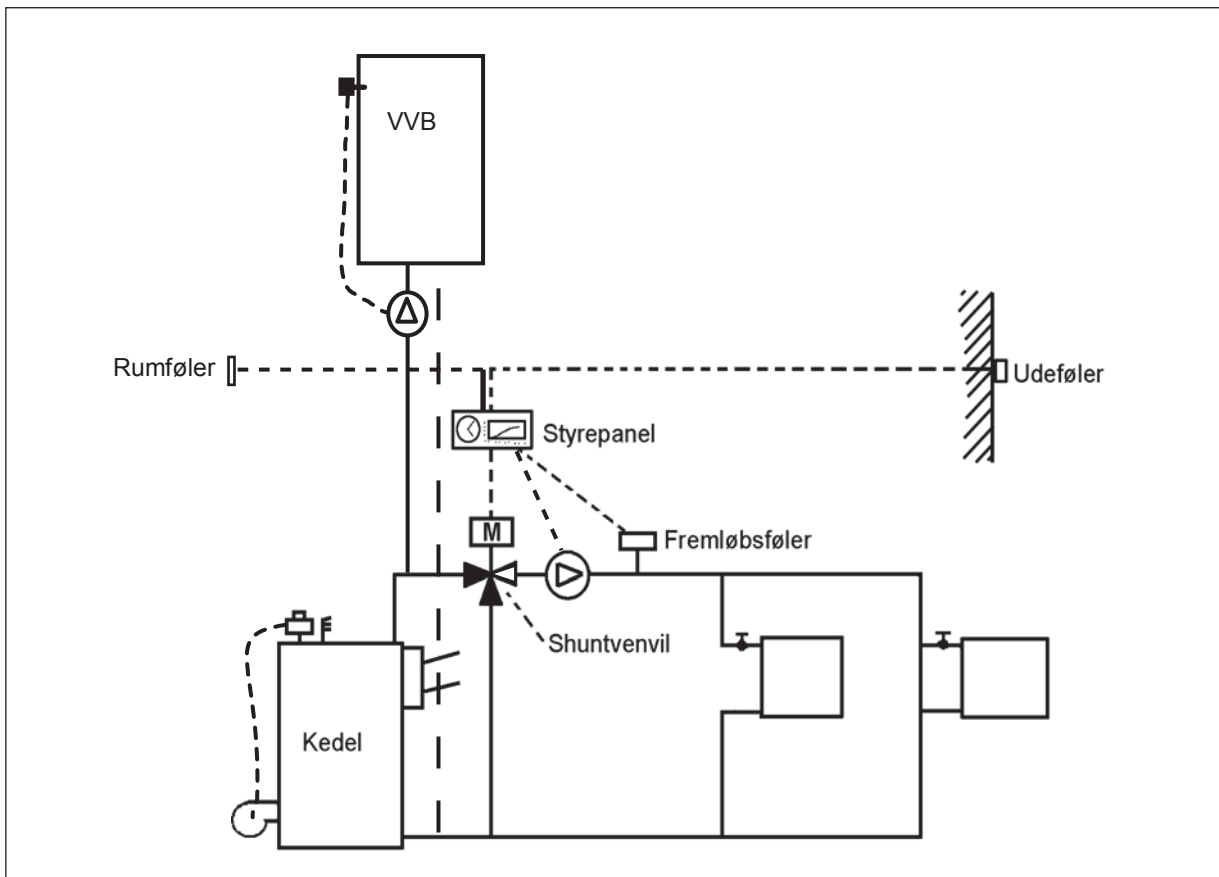


Eksempler på reguleringsautomatik

B. Styring med anlægsshunt

En anden form for temperaturstyring kan være regulering af fremløbstemperaturen ved hjælp af en motorstyret anlægsshunt og vejerkompensator.

Ved denne type regulering reguleres det varme brugsvand af en termostat i varmtvandsbeholderen der starter og stopper pumpen. Det kan også være styrepanelet der regulerer det varme brugsvand.



Denne styring fungerer således

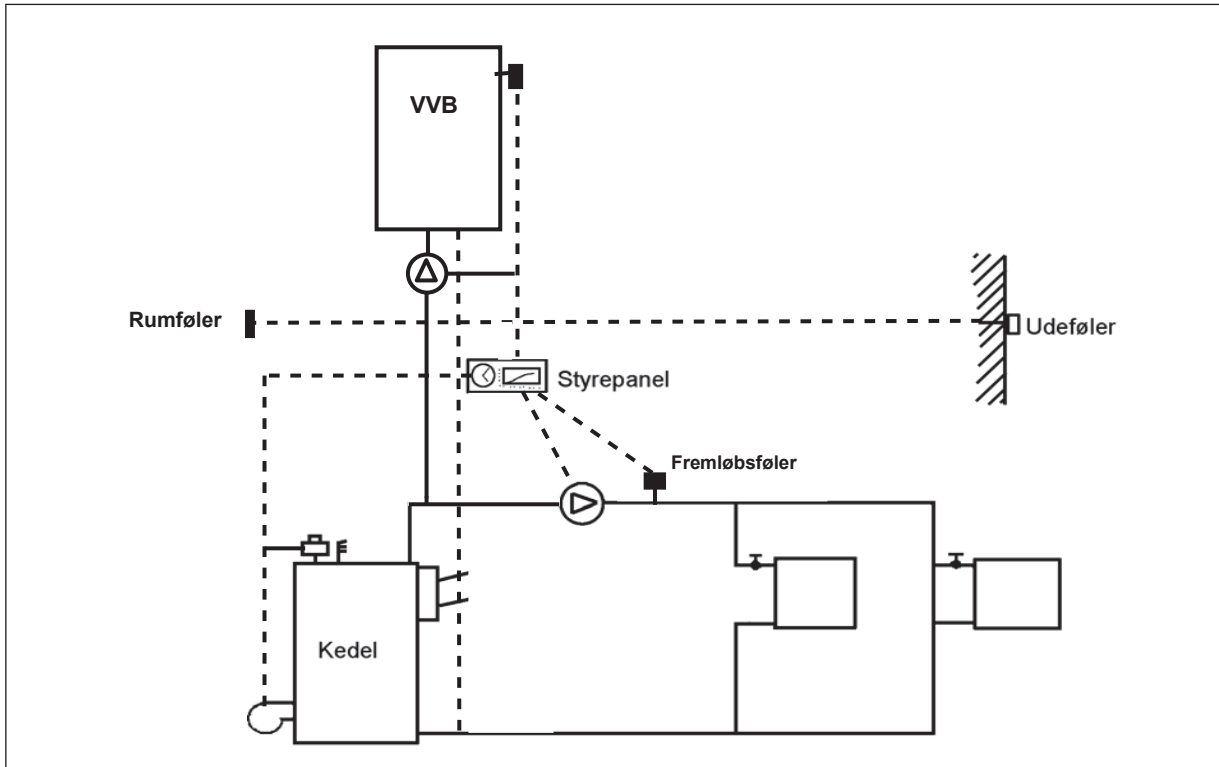
- Kedeltemperaturen holdes konstant på f.eks. 65°C, fremløbstemperaturen styret af regulatoren der åbner og lukker ventilen efter varmekurvens indstilling og kontrolleres af fremløbsføleren.
- Når termostaten i varmtvandsbeholderen »kalder« på varme, starter pumpen til varmtvandsbeholderen.
- Når varmtvandsbeholderen er opvarmet til den ønskede temperatur, stanser pumpen til varmtvandsbeholderen.



Eksempler på reguleringsautomatik

C. Brænderstyring

Mere moderne og energiøkonomiske styringsformer ses dog ofte i forbindelse med nyere kedler hvor det er kedeltemperaturen der bestemmer fremløbstemperaturen og varmtvandsbeholderens temperatur styres enten af sin egen termostat eller af regulatoren.



Denne styring fungerer således

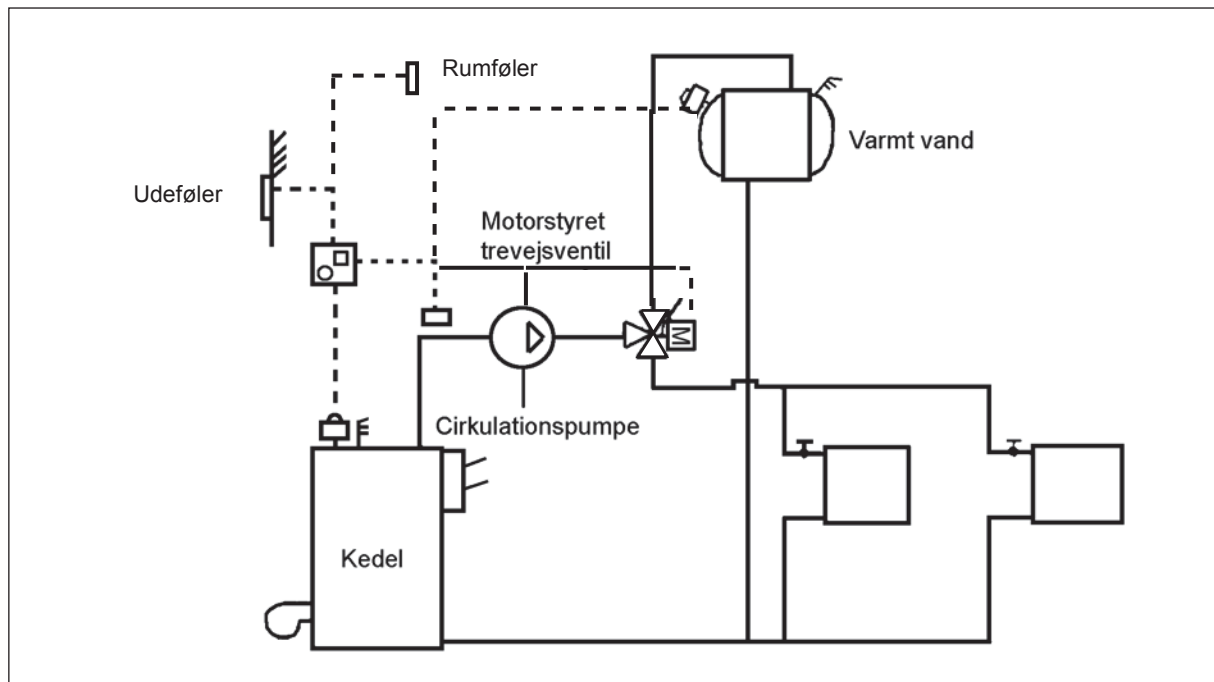
- Kedeltemperaturen holdes på niveau med fremløbstemperaturen, styret af regulatoren der starter og stopper brænderen efter varmekurvens indstilling og kontrolleres af fremløbsføleren eller af en føler i kedlen.
- Når termostaten i varmtvandsbeholderen »kalder« på varme, starter pumpen til varmtvandsbeholderen.
- I de tilfælde hvor kedeltemperaturen, iflg. varmekurven, er lavere end varmtvandstemperaturen overstyres varmekurven til en kedeltemperatur der er afpasset efter varmtvandstemperaturen
- Når varmtvandsbeholderen er opvarmet til den ønskede temperatur, standser pumpen til varmtvandsbeholderen.



Eksempler på reguleringsautomatik

D. Styring med 3-vejsventil

I nyere units anvendes der ofte et 3-vejs ventilsystem til varmtvandsprioritering, så varmtvandsbeholderens temperatur styres enten af sin egen termostat eller af regulatoren.



Denne styring fungerer således

- Kedeltemperaturen holdes på niveau med fremløbstemperaturen styret enten af en rumtermostat eller en udeføler.
- Når termostaten i varmtvandsbeholderen »kalder« på varme, omstyres cirkulationsvandet fra radiatorsystemet til varmtvandsbeholderen, ved omskiftning af 3-vejsventilen.
- I de tilfælde hvor kedeltemperaturen, iflg. varmekurven, er lavere end varmtvandstemperaturen overstyres varmekurven til en kedeltemperatur der er afpasset efter varmtvandstemperaturen
- Når varmtvandsbeholderen er opvarmet til den ønskede temperatur, omstyres cirkulationsvandet igen til radiatorerne og kedeltemperaturen sænkes.

Reguleringsautomatik

Eksempler på reguleringsautomatik





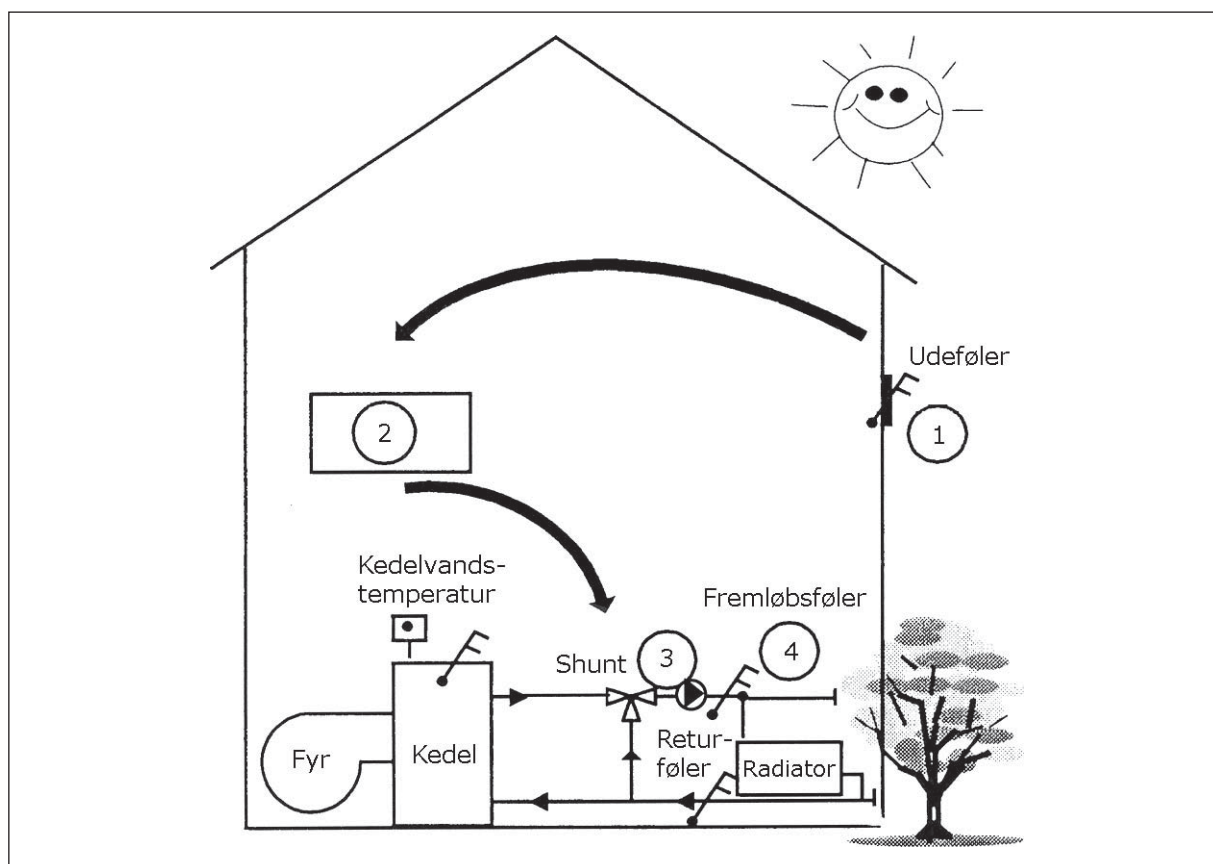
Varmekurveprincippet

Princippet i fremløbsstyringen

Uden på husmuren sidder udeføleren (1). Når den mærker ændringer i udetemperaturen (f.eks. temperaturstigning), meddeles dette til styrepanelet (2), som giver beskeden videre til blandeventilen (3).

Denne sørger så for at få blandet noget af det koldere returvand op i det varmere fremløb fra kedlen, så dette får en passende lav temperatur.

Føleren (4) kontrollerer fremløbstemperaturen til radiatorerne.





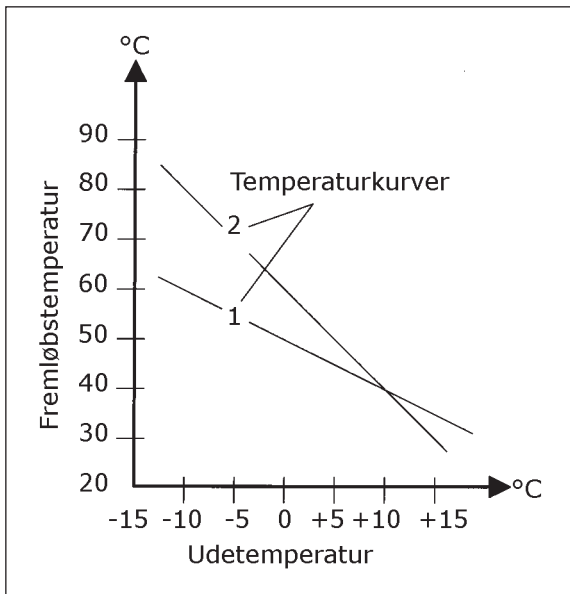
Varmekurveprincippet

Hvordan holdes styr på temperaturerne?

Styrepanelet (2) skal hele tiden sørge for at hæve fremløbstemperaturen af vandet til radiatorerne, når udetemperaturen falder og sænker fremløbstemperaturen, når udetemperaturen stiger. For at kunne klare denne opgave, er styrepanelerne udstyrede med temperaturkurver.

I temperaturkurverne fastholdes forholdet mellem udetemperatur og fremløbstemperatur - alt efter kurvens placering i diagrammet.

Nogle paneler er udstyret med en bevægelig kurve således, at man selv kan placere denne hvor man finder det bedst. I andre paneler er der indtegnet et antal forskellige kurver således, at man kan vælge den kurve, hvis placering passer bedst.



Som eksempel på temperaturkurver er vist ovenstående diagram, hvori der er indlagt to forskellige temperaturkurver med benævnelsen 1 og 2.

Kurvernes benævnelser 1 og 2 har direkte noget med kurvernes forskellige funktioner at gøre.

Såfremt anlægget køres efter kurve 1 vil man opnå, at fremløbstemperaturen hæves 1 °C, når udetemperaturen falder 1 °C (se diagrammet).

Når udetemperaturen er +10 °C vil fremløbstemperaturen blive 40 °C. Når udetemperaturen falder 20 °C til 10 °C vil fremløbstemperaturen blive hævet 20 °C nemlig fra 40 °C til 60 °C.

Køres anlægget efter kurve 2 (se diagrammet), vil fremløbstemperaturen blive hævet fra 40 °C ved +10 °C til 80 °C ved -10 °C. Dette svarer til at fremløbstemperaturen hæves 2 °C, når udetemperaturen falder 1 °C.



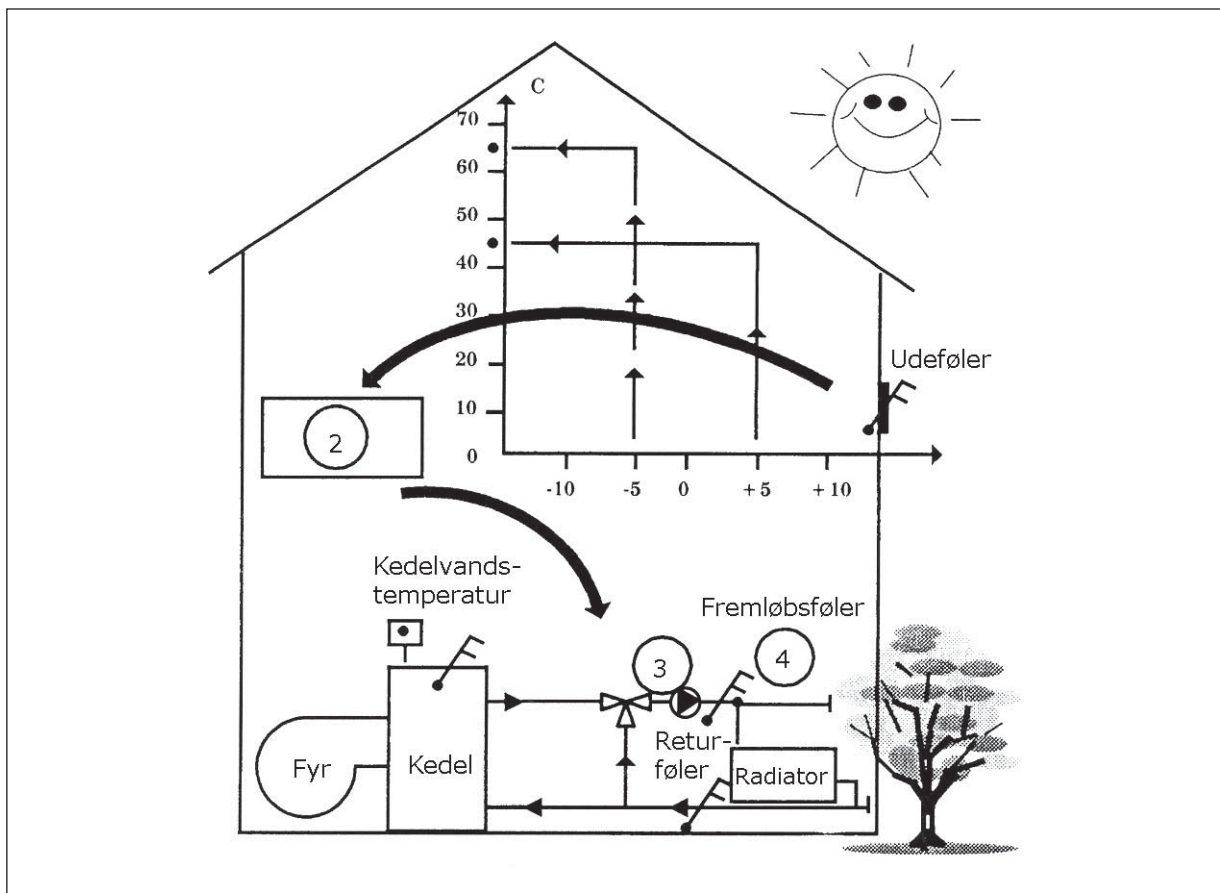
Varmekurveprincippet

Temperaturstyring og varmeregulering i praksis

Her har vi indlagt en tilfældig kurve i diagrammet i styrepanelet - og vil så se, hvad der sker.

Når udeføleren (1) har registreret en udetemperatur på f.eks. $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, giver den omgående beskeden videre til styrepanelet, som herefter automatisk regulerer fremløbstemperaturen af vandet til radiatorerne til $64\text{ }^{\circ}\text{C}$ jævnfør temperaturkurven. Dette kontrolleres af føleren på fremløbet.

Hvis udetemperaturen nu stiger til f.eks. $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, vil styrepanelet (2) sørge for, at fremløbstemperaturen bliver $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ (se diagrammet).



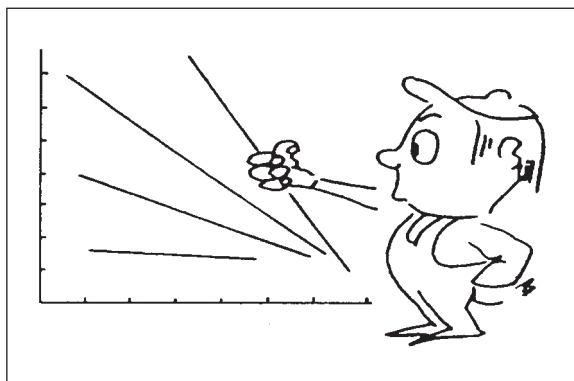
Spørgsmålet er nu blot, om det er de rigtige fremløbstemperaturer vi får.



Varmekurveprincippet

Hvordan får man nu lagt temperaturkurven rigtigt eller får valgt netop den temperaturkurve, som giver de ønskede driftsforhold:

- MAKSIMAL varmekomfort ved
- MINIMALT energiforbrug



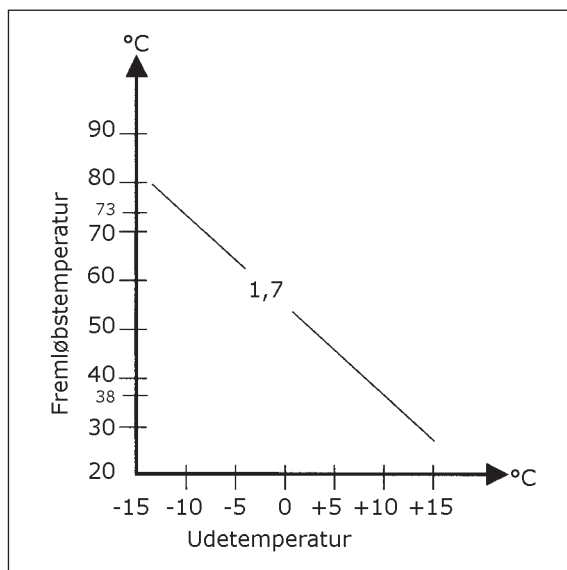
Eller sagt med andre ord: Vi skal året rundt køre anlægget med så lav fremløbstemperatur som muligt uden at beboerne i ejendommen kommer til at fryse.

Som bekendt er såvel ejendommens beskaffenhed som beboernes varmebehov så varierende, at man ikke på forhånd kan vide hvor lav fremløbstemperatur man tør lade anlægget arbejde med. Vi må derfor prøve os frem.

Man kan eventuelt bruge nedenstående erfaringstal som udgangstemperatur. Tabellen viser forholdet mellem udetemperatur og tilhørende fremløbstemperaturer under jævn blæst.

Udetemperatur °C	Fremløbstemperatur °C
- 16	83
- 14	79
- 12	76
* - 10	73
- 8	69
- 6	66
- 4	62
- 2	59
0	55
+ 2	51
+ 4	47
+ 6	43
+ 8	40
* + 10	38
+ 12	36

Under »vindstille« forhold vil fremløbstemperaturen kunne vælges lidt lavere – og under »stærk blæst« må den vælges lidt højere.



Som eksempel har vi ovenstående indtegnet en udgangstemperaturkurve baseret på f.eks. +10/38 °C som det ene punkt og -10/73 °C som det andet punkt.

Kører vi efter denne kurve vil fremløbstemperaturen blive hævet 1,7 når udetemperaturen falder 1 °C - og den sænkes automatisk 1,7°C, når udetemperaturen stiger 1 °C.

Ved styrepaneler med kurvevalg skal her vælges den kurve, som er mærket »1,7« eller den kurve, som ligger nærmest.

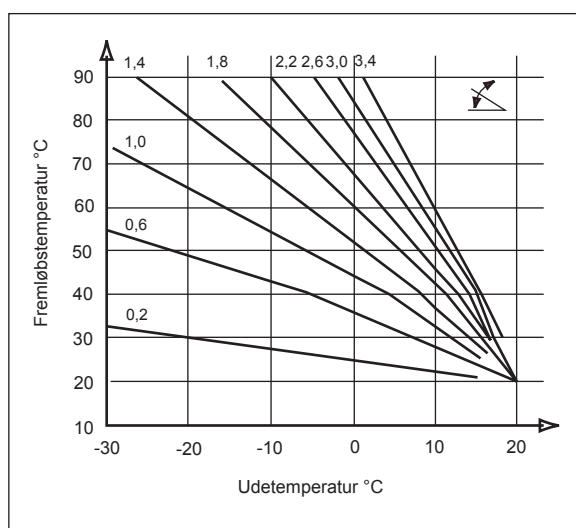


Varmekurveprincippet

Indstilling af kurven

Støjheden indstilles efter følgende retningslinier:

1. Den lavest forekommende udetemperatur (i Danmark dimensioneres der efter -12°C).
2. Den maksimale fremløbstemperatur, der er nødvendig af hensyn til rumtemperaturen. f.eks. 65°C (fjernvarme 70°C i følge norm DS 469, gulvvarme 45°C - dog i følge aftale med gulvvarmefabrikanten).
3. Snitpunktet, hvor de to linier skærer hinanden, angiver en talværdi kurvens hældning.



Eksempel

-12°C findes på den vandrette linie og 65°C findes på den lodrette linie. Fra -12°C går man lodret op, til man skærer den vandrette fra de 65°C .

Rammer man ikke en kurve beregner man talværdien - i dette eksempel lidt over midt mellem 1,0 og 1,4, svarende til ca. 1,25.

Temperaturstyring og varmeregulering i praksis

Her har vi indlagt en tilfældig kurve i diagrammet i regulatoren og vil så se, hvad der sker.

Når udeføleren har registreret en udetemperatur på f.eks. -5°C , giver den omgående beskeden videre til styrepanelet, som herefter automatisk regulerer fremløbstemperaturen af vandet til radiatorerne til 55°C jævnfør temperaturkurven.

Dette kontrolleres af føleren på fremløbet.

Hvis udetemperaturen nu stiger til f.eks. $+5^{\circ}\text{C}$, så vil styrepanelet sørge for, at fremløbstemperaturen bliver 42°C (se diagrammet).

Bemærk

Såfremt anlægget har fået lov til at køre efter ovennævnte indstilling - uden at beboerne har ladet høre fra sig - er der noget galt. Der sendes for megen varme ud til beboerne fordi fremløbstemperaturen er for høj og det må der gøres noget ved.

Først når beboerne begynder at beklage sig over, at de får for lidt varme, har vi fundet den rette kurveplacering eller den rette kurve.

Vi må derfor begynde at arbejde med kurveplacering eller kurvevalget.

Vi ønsker at anlægget skal arbejde med en lavere fremløbstemperatur.

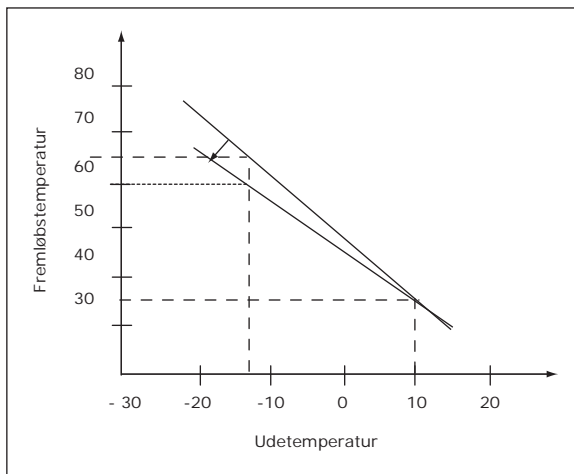


Varmekurveprincippet

Kurvejustering

Kurven vippes

Kurven vippes som vist. Herved kan fremløbs-temperaturen f.eks. sænkes 5 °C - fra 65 °C til 60 °C ved en udetemperatur på -12 °C.

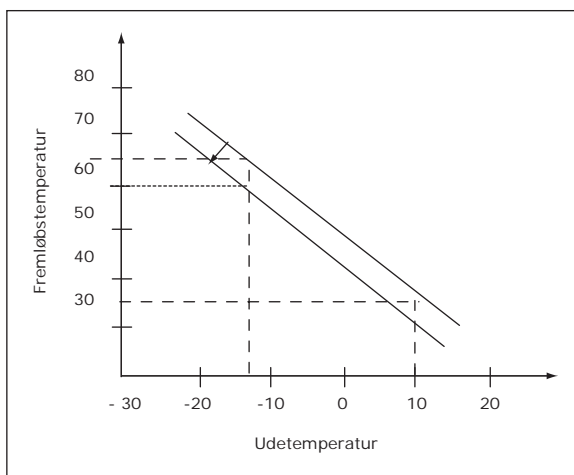


Ved en udetemperatur på 10 °C vil fremløbs-temperaturen være den samme nemlig 35 °C når temperaturkurven vippes som vist.

Kurven vil som regel kunne vippes til at stå i mange andre stillinger end den viste, såfremt dette viser sig mere hensigtsmæssigt.

Kurven parallelforskydes

Herved kan man også få sænket fremløbs-temperaturen de 5 °C fra 65 til 60 °C ved en udetemperatur på -12 °C.



Når temperaturkurven parallelforskydes vil man også få sat fremløbstemperaturen ved f.eks. + 10 °C ned.

Denne vil gå ned fra ca. 36 til ca. 29 °C.

Ved fornuftig placering af kurven kan man opnå de helt rigtige fremløbstemperaturer året rundt.

Hvilken metode der skal bruges er afhængig af bl.a. bygningernes beskaffenhed, isolering mm.

Hvis fremløbstemperaturen ændres 4 - 5 °C svarer det til ca. 1 °C i rummet.

Når beboerne begynder at klage over manglende varme

Det er aldrig morsomt at blive skældt ud - og da slet ikke når man oven i købet mener, at man har gjort sit bedste.

Når man gør en indsats for at få bragt energiforbruget ned ved at sænke fremløbstemperaturen, vil der på et eller andet tidspunkt komme klager fra visse beboere, som mener at de får for lidt varme. De siger at de fryser.

Det forhold, at forbrugerne siger at de fryser, er imidlertid ikke altid ensbetydende med, at de får for lidt varme.

Ved hjælp af et godt termometer vil man ret enkelt kunne afgøre om rumtemperaturen hos de pågældende er blevet for lav fordi vi satte fremløbstemperaturen ned. Såfremt rumtemperaturen er i orden, må »varmemanglen« betragtes som noget følelsesbetonet og beboerne må så blot tage noget lunere tøj på.

Skulle det imidlertid vise sig, at rumtemperaturen målt hos de beboere som klager over varmemangel, virkelig er noget lavere end hos øvrige beboere, må forholdene undersøges nærmere.

Den mest almindelige årsag hertil er, at centralvarmeanlægget er ude af balance - det vil sige at centralvarmevandet ikke sendes ud til diverse forbrugssteder, radiatorerne etc., i de rigtige mængder. Nogle radiatorer får for meget vand mens andre får for lidt vand.

De beboere som får for lidt vand tilført deres radiatorer, vil naturligvis først mærke at vi sænker fremløbstemperaturen.



Varmekurveprincippet

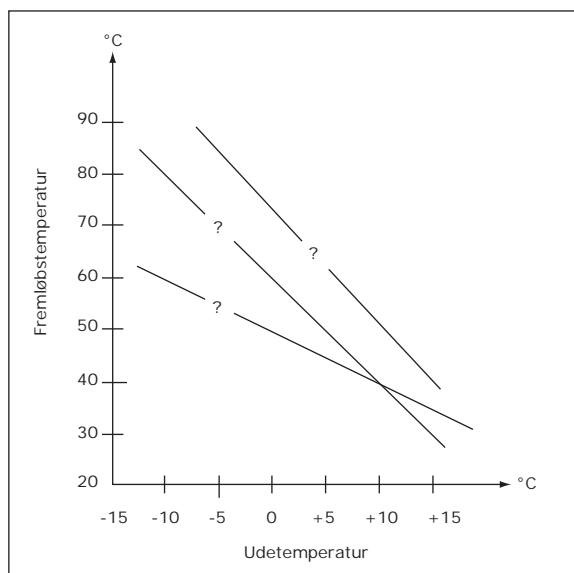
Sagt med andre ord

En forudsætning for, at man kan få fuld udnyttelse af det vejrkompenserede varmereguleringsudstyr er, at centralvarmeanlægget er bragt i bedst mulige balance ved brug af diverse reguleringsventiler og haner.

Der skal altså arbejdes med temperaturkurven såfremt man vil opnå de bedst mulige driftsforhold med:

- MAKSIMAL varmekomfort ved et
- MINIMALT energiforbrug.

Desværre efterlades der en del moderne og avanceret varmereguleringsudstyr med temperaturkurven »hængende« i en eller anden position, som man har fundet frem til efter at have skubbet dem lidt op og ned i den første tid efter at anlægget blev installeret.



Det tager tid at få lagt temperaturkurverne så de ligger helt rigtigt. Der kan faktisk gå det meste af en fyringssæson før man har fået lagt eller valgt temperaturkurverne så de ligger helt rigtigt. Driftsforholdene skal jo kontrolleres såvel i de rigtige kolde vintermåneder som i de mere tempererede overgangsperioder. Det tager tid, men det er tiden værd.

Den endelige temperaturkurve skal naturligvis ligge sådan, at samtlige beboere netop får den nødvendige varmemængde og dermed rumtemperatur, men heller ikke mere.

Som det er fremgået ved gennemlæsning af afsnittene om temperaturkurvernes funktion, så udgør disse en meget værdifuld del af centralvarmeanlæggenes automatiske varme-

reguleringsudstyr. Dette kan imidlertid gøres endnu mere effektivt og energibesparende ved udbygning med f.eks. nedenstående funktioner:

Natsenkning

Anlægget kan bringes til at arbejde med en lavere fremløbstemperatur i et vist antal nat-timer som f.eks. fra kl. 22.00 aften til kl. 6.00 morgen.

Hvor meget man tør sænke fremløbstemperaturen og hvor mange timer man kan tillade at anlægget arbejder med nedsat fremløbstemperatur, vil afhænge af bl.a. bygningens beskaffenhed, isolering mm.

Hvordan man i praksis får etableret natsenkning vil fremgå af diverse fabrikanter's vejledninger.

For at opnå en lavere temperatur er det nødvendigt med langvarig afbrydelse af varmesforsyningen, f.eks. 8 timer, hvis man ønsker 1 °C middeltemperatur.

For at opnå den ønskede temperatur igen, vil det medføre en højere fremløbstemperatur i resten af døgnets timer og kan betyde en dårlig nyttevirkning af den kondenserende kedel.

Periodisk ændring af fremløbstemperaturen

Under kortvarige kraftige ændringer i vejrliget kan man få hævet eller sænket fremløbstemperaturen ved aktivering af en indstillingsknap, uden at man flytter på temperaturkurven.

Når vejret atter er normalt, nulstilles knappen igen og anlægget arbejder atter efter temperaturkurven. Indstillingsknappen kaldes ofte »varmemesterknappen«. Betjenes jf. fabrikantens vejledning.



Varmekurveprincippet

Men - hvad sker der, hvis el-tilførslen svigter

Hvis varmeautomatikken er udstyret med ur og arbejder med nat- og eventuel weekend-sækning af fremløbstemperaturen til radiatorerne, så vil uret standse når el-tilførslen svigter og først gå i gang igen, når strømmen vender tilbage.

Varer strømsvigtet f.eks. 5 timer, vil styringsprogrammet være 5 timer bagud, når strømmen vender tilbage. Dette vil eventuelt betyde, at natsækningen nu vil fortsætte til langt op på formiddagen. Uret må genindstilles med håndkraft.

Anlæg med gangreserve

For at undgå ovennævnte uheldige handlingsforløb, leveres visse fabrikater varmereguleringsudstyr med såkaldt gangreserve.

Dette bevirker, at uret ved egen kraft fortsætter selvom el-tilførslen svigter.

Bemærk:

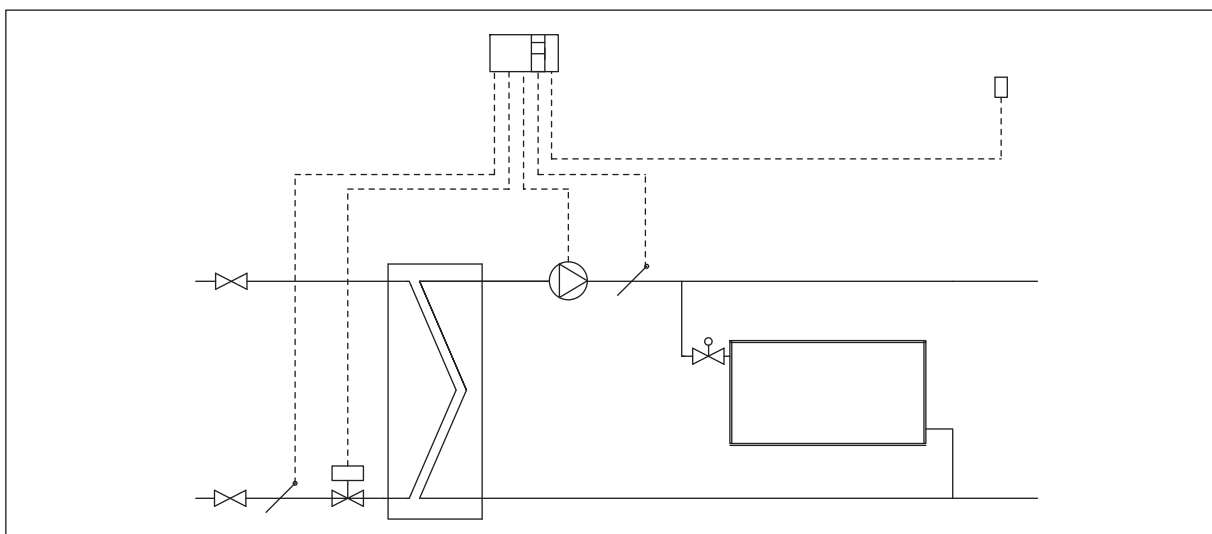
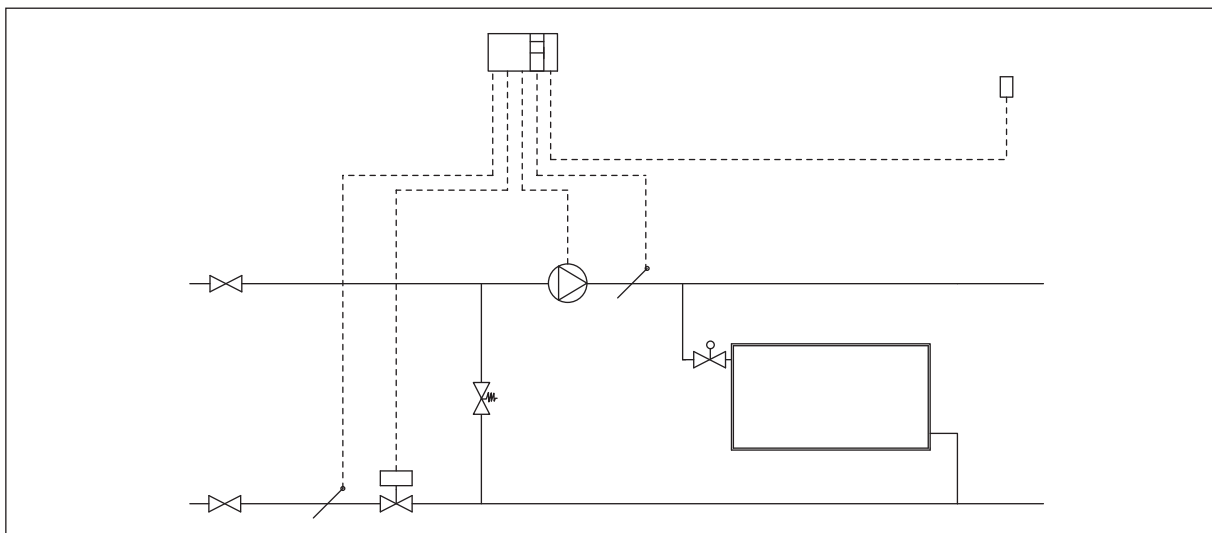
Udover de her omtalte funktioner, findes der fabrikater, som omfatter endnu flere funktioner som f.eks.:

- Temperaturbegrænser.
- Morgenforcering.
- Kompensation for sol og blæst.
- Tvangsstyring af blandeventil mm.
- Oplysninger herom må indhentes hos diverse fabrikater.



Fjernvarmestyring

Ved fjernvarme, enten med blandesløjfe eller veksler reguleres fremløbstemperaturen af en 2-vejs ventil (aldrig en 3-vejs) monteret i returen på primærsiden. Styringen af ventilen klares af regulatoren, fremløbstemperaturen styres af en føler placeret i toppen af veksleren eller på fremløbet efter shunten.



Denne styring fungerer således

- A. Fremløbstemperaturen styret af regulatoren der åbner og lukker ventilen efter varmekurvens indstilling og kontrolleres af fremløbsføleren.
- B. For at sikre en optimal afkøling af retur vandet til fjernvarmeværket kontrolleres returtemperaturen af en føler placeret enten på returen på sekundærsiden eller i bunden af veksleren på primærsiden. Returtemperaturen er afhængig af fjernvarmeværkets krav til afkøling.
- C. Varmtvandsproduktionen er for det meste en gennemstrømningsbeholder placeret på primærsiden og styret separat, enten med en temperaturventil eller elektronisk.

Regularingsautomatik

Reguleringsautomatik i forbindelse med fjernvarme





Fejlfindingsprincipper

Fejlfinding

Ved fejlfinding er intet så praktisk som god teori.

Fejlfinding er et el-tværfagligt felt, hvor man får brug for så at sige alle grene af el-faglæren samt erfaring, systematik, orden og - ikke mindst - fantasi.

Disposition

Ved fejlfindingsopgaver vil man i de fleste tilfælde kunne anvende følgende disposition:

1. Fejlomfang
2. Hjælpemidler
3. Fejlsøgning
4. Fejlart
5. Fejlårsag
6. Fejlretning
7. Afprøvning
8. Forebyggelse

1. Fejlomfang

Man indleder fejlfindingsopgaven med at fastslå fejlomfanget, det vil sige vurdere hvilke områder, der er fejlramte. Er hele anlægget ude af drift - eller er det kun dele heraf, der ikke fungerer?

Endvidere vurderer man, hvilken øjeblikkelig betydning fejlsøgningen opståen driftsmæssig har for vedkommende virksomhed.

Endelig må man i det indledende stadium bedømme, om der bør opsættes advarselskilte, f.eks. »afbrudt - må ikke indkobles« ved afbryder.

2. Hjælpemidler

Til fejlfinding kan der anvendes forskellige hjælpemidler til opsporing af fejlen, såsom tegninger, nøgleskema, isolationsprøveapparat, instrumenter og værktøj. Efter en vurdering af fejlomfang må man skønne hvilke hjælpemidler, der vil være brug for i første omgang til opsporing af fejlen.

3. Fejlsøgning

Ud fra fejlomfang og ved hjælp af nøgleskemaer lægger man en plan for en systematisk fejlfinding, følger planen under hele proceduren.

4. Fejlarter

Under fejlsøgningen finder man frem til en eller flere slags fejl. Af fejlarter kan nævnes; afledning, brud, kortslutning, »brændte« kontakter og defekte motorlejer, samt kombination af flere fejl.

5. Fejlårsager

Når fejlen er fundet, bør man på stedet foretage et »detektivarbejde« i form af en analyse for at fastlægge den mulige årsag til fejlens opståen.

For at undgå, at fejlen gentager sig, er det vigtigt at få fastslået fejlårsagen. Der er mange fejlårsager, her kan nævnes; slitage, materialeældning, kondensvand, uønskede vibrationer.

6. Fejlretning

Fejlretningen afhænger naturligvis af fejlomfang og den fundne fejl. Fejlen udbedres enten ved en interimistisk reparation (hvis drift- og produktionsforholdene kræver det) eller ved en reparation med de »rigtige« reservedele.

Endelig kan fejlretning bestå af en simpel justering eller i en fastspænding af en løs forbindelse.

7. Afprøvning

Efter endt reparation foretages en sikkerhedsmæssig og en funktionsmæssig afprøvning af anlægget, evt. ved hjælp af nøgleskema.

Afprøvning af start- og stopkontakter kan foretages f.eks. sådan:

1. Start alle startkontakter efter tur.
2. Stop alle stopkontakter efter tur (husk også evt. nødstop).
3. Hold en stopkontakter inde - alle stopkontakter efter tur - og tryk på en startkontakt.



Fejlfindingsprincipper

Fejlarter

Når et elektrisk anlæg eller dele deraf fejlmeldes, kan årsagen til at installationen ikke virker, være en eller flere af følgende fejl:

1. Forsyningssvigt
2. Fejlforbindelse
3. Brud
4. Afledning
5. Jordslutning
6. Overgang
7. Kortslutning
8. Periodiske fejl

1. Forsyningssvigt

Strømsvigt fra forsynings siden er sjældne, men også elværker og forsynings-/distributivonsselskaber bliver ramt af de efterstående fejl.

2. Fejlforbindelser

Fejlagtig forbindelse af en eller flere ledninger forekommer under installationsarbejdet. De viser sig i de fleste tilfælde ved afprøvningen af anlægget og rettes inden afleveringen.

3. Brud

Brud er »permanente«, uønskede afbrydelser i et eller flere af de elektriske kredsløb eller komponenter og findes i de fleste tilfælde lettest ved en systematisk spændingsmåling.

4. Afledning

Afledning er en uønsket strømvej fra en spændingsførende ledning eller terminal til stel og/eller jord.

Afledningsfejl kan medføre berøringsfare.

Ved afledning forstås normalt, at isolationsmodstanden er mindre end foreskrevet.

En afledningsfejl kan, når den opstår, have en modstand på omkring 100.000 ohm. Denne fejl kan derefter gradvis forøges, det vil sige afledningsmodstanden falder til nul.

I anlæg, hvor styrespændingen er 380 volt, kan en afledningsfejl forårsage, at relæerne aktiverer i utide.

5. Jordslutning

En »afledningsfejl« med en afledningsmodstand på 0 ohm til jord (direkte eller til jordforbundet stel) benævnes en jordslutning.

6. Overgang

Overgangfejl er en uønsket strømvej mellem to forskellige ledninger, kredsløb eller terminaler i et elektrisk anlæg.

7. Kortslutning

Udvikler en overgangsfejl sig og opnår tilstrækkelig lille overgangsmodstand, benævnes fejlen kortslutning.

Ved kortslutning forstås normalt en uønsket, direkte forbindelse mellem to eller flere ledninger.

Fejlen viser sig f.eks. ved, at gruppesikringen smelter eller en eventuel kortslutningsudløser kobler ud.

Kortslutningsfejl i automatiske anlæg findes hurtigst og lettest. Normalt benytter man et nøgleskema og følger systematisk dels hovedstrømskema, dels manøvrestrømkredsløbet.

8. Periodiske fejl

De mest besværlige af alle fejl er periodiske fejl. De viser sig på den måde, at anlægget i perioder tilsyneladende er i orden, men ind imellem brænder sikringer over. Afledning opstår eller en del af anlægget bliver spændingsløst.

Fejlen kan skyldes fugt, isolationsfejl, porefejl, vibrationer, kontaktfejl mv.

Periodiske fejl er ofte vanskelige at lokalisere.

Metoden med at skifte bundskrue og sætte en større sikring i den foranstående gruppetavle, således at fejlen hurtigere »slår igennem« er ikke alene forbudt i følge Stærkstrømsreglementet på grund af forøget brandfare, men må også betragtes som noget af en faglig »falliterklæring«.

Hvis der i et apparatskab eller i en styretavle er mulighed for (inden for Stærkstrømsreglementets rammer) at foretage en midlertidig »opdeling« med ekstra sikringselementer (almindelig sikring, styresikring eller finsikring) i interne afgreninger og lignende kan man dels afgrænse fejllens omfang, dels lettere finde fejlen.



Fejlfindingsprincipper

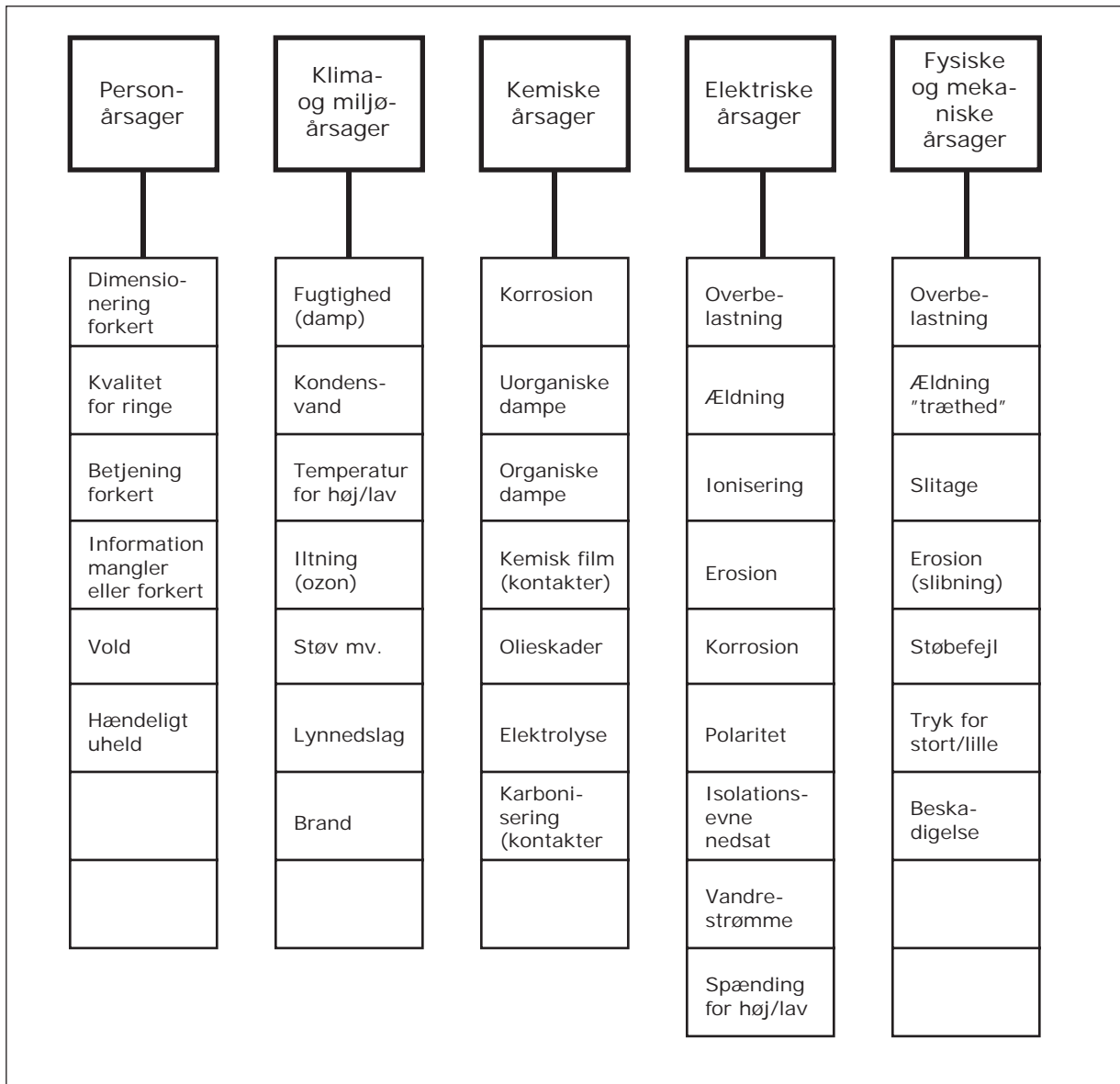
Årsager

Fejlårsager

Som anført under dispositionen til fejlfinding mm. bør man fastlægge årsagen til fejllens opståen for at forebygge eventuelle tilbagevendende fejl.

Blokdiagram over fejlårsager

Som oversigt over klassificering af de hyppigst forekommende fejlårsager er efterfølgende blokdiagram tegnet.

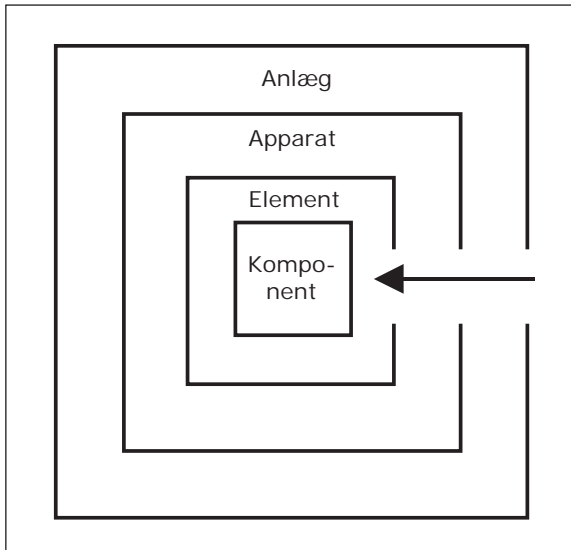




Fejlfindingsprincipper

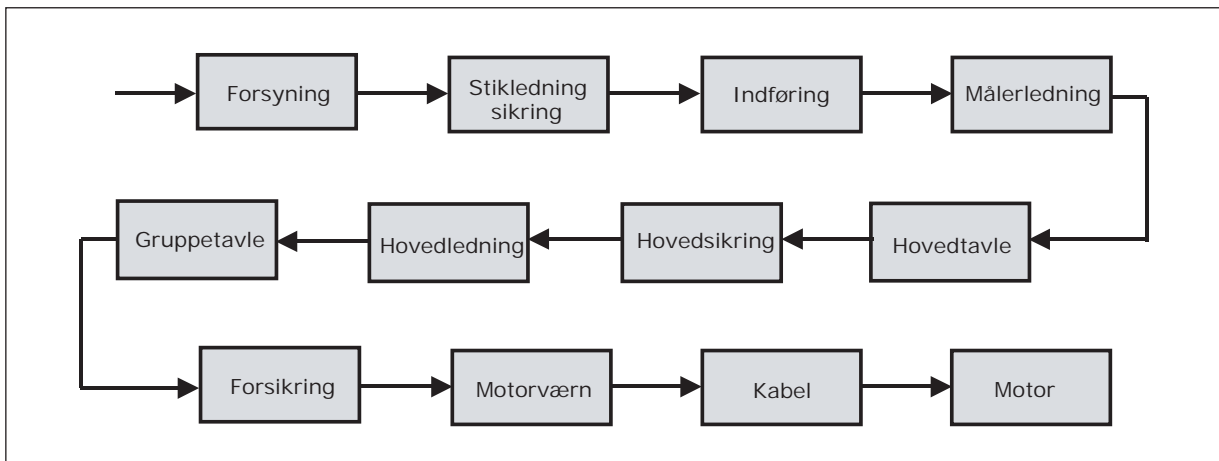
Æskesystemet

En metode (anskuelsesmetode), man kan tage i anvendelse, er den at betragte opgaven som et sæt »kinesiske æsker«- eller »russiske dukker«. Fejlmulighed efter fejlmulighed (æske efter æske) undersøges, og man arbejder »indefra« til sidste mulighed.



Kædesystem

En anden metode, som kan benyttes til anskueliggørelse af opgaven, er »kædesystemet«. Kædens led undersøges ét for ét, indtil »det svage led« er fundet.



Det skal i den forbindelse huskes, at et elanlægs sikringer er ønskede »svage led«, som danner et selektivt sikringsystem, det vil sige er i stand til at adskille et anlægs delsektioner.



Fejlfindingsprincipper

Ja/nej-systemet

De udviklede maskiner, som al moderne data-behandling (EDB) er baseret på, indeholder bl.a. en mængde »informationsenheder«, der kaldes bits. En bit er en binær enhed (bi = to), det vil sige den kan vælge mellem en af to mulige tilstande, svarende til en afbryderfunktion: tændt eller slukket. De to koblings-tilstande betegnes 1/0 eller »ja/nej«.

Dette grundprincip kan overføres og benyttes til fejlfinding. Ved at dele det aktuelle anlæg op i »elementer« kan man under fejlfindings-proceduren gå logisk frem - og man kan ved hvert element »spørge«, om det er i orden.

Efter f.eks. en spændingsmåling kan der så ved hvert element svares »Ja« (elementet er i orden) eller »Nej« (elementet er ikke i orden).

Ja/nej rutediagram

Metoden kan også anvendes i forbindelse med såkaldt rute- eller strukturdiagram.

Et sådant diagram er et konstrueret informationssystem, der kortlægger de logiske tankebaner, som den menneskelige hjerne følger ved en ide- eller tankeproces.

Det kræver noget forhåndsarbejde at konstruere et sådant fejlfindingsrutediagram, men er diagrammet først tegnet, er det en meget stor hjælp ved fremtidige fejlfindingsopgaver på vedkommende anlæg.

Tabelsystem

I forbindelse med de manualer, der almindeligvis følger med leveringen af maskiner og apparater, er der i nogle tilfælde også angivet en tabel eller et skema med oversigt over de almindeligste fejl og deres afhjælpning.

Dette system er i øvrigt også ofte benyttet i forbindelse med den instruktionsbog, der udleveres ved køb af bil og lignende.

Skemasystemet kan varieres, men er for det meste udført i lighed med følgende uddrag af et skema for fejlfinding på vekselstrømsmotorer.

<i>Fejlfinding på vekselstrømsmotor</i>		
Fejlen viser sig ved:	Fejlen kan være:	Afhjælpes således:
Motoren løber ikke op	Afbrydelse i en tilledning	Undersøg tilledninger og klemmer
Motoren brummer og stator bliver hurtig varm	En fase er afbrudt i stator Kortslutning i en del af viklingen	Sikringer, afbryder, klemkasseforbindelse efterses - evt. omvikling
Motoren "slår" sikringerne	Kortslutning i vikling, klemkasse eller tilledninger	Undersøg alle forbindelser evt. reparation



Fejlfindingsprincipper

Checksysteem

I forbindelse med systematisk fejlfinding kan nævnes de checksystemer, der benyttes f.eks. både ved kontrol af en flyvemaskines tekniske installationer inden hver start og ved de rutinemæssige eftersyn.

Udarbejdelsen af sådanne checklister kræver et stort forarbejde og bliver udarbejdet dels efter flyfabrikkens rekommendationslister, dels ud fra egne erfaringer.

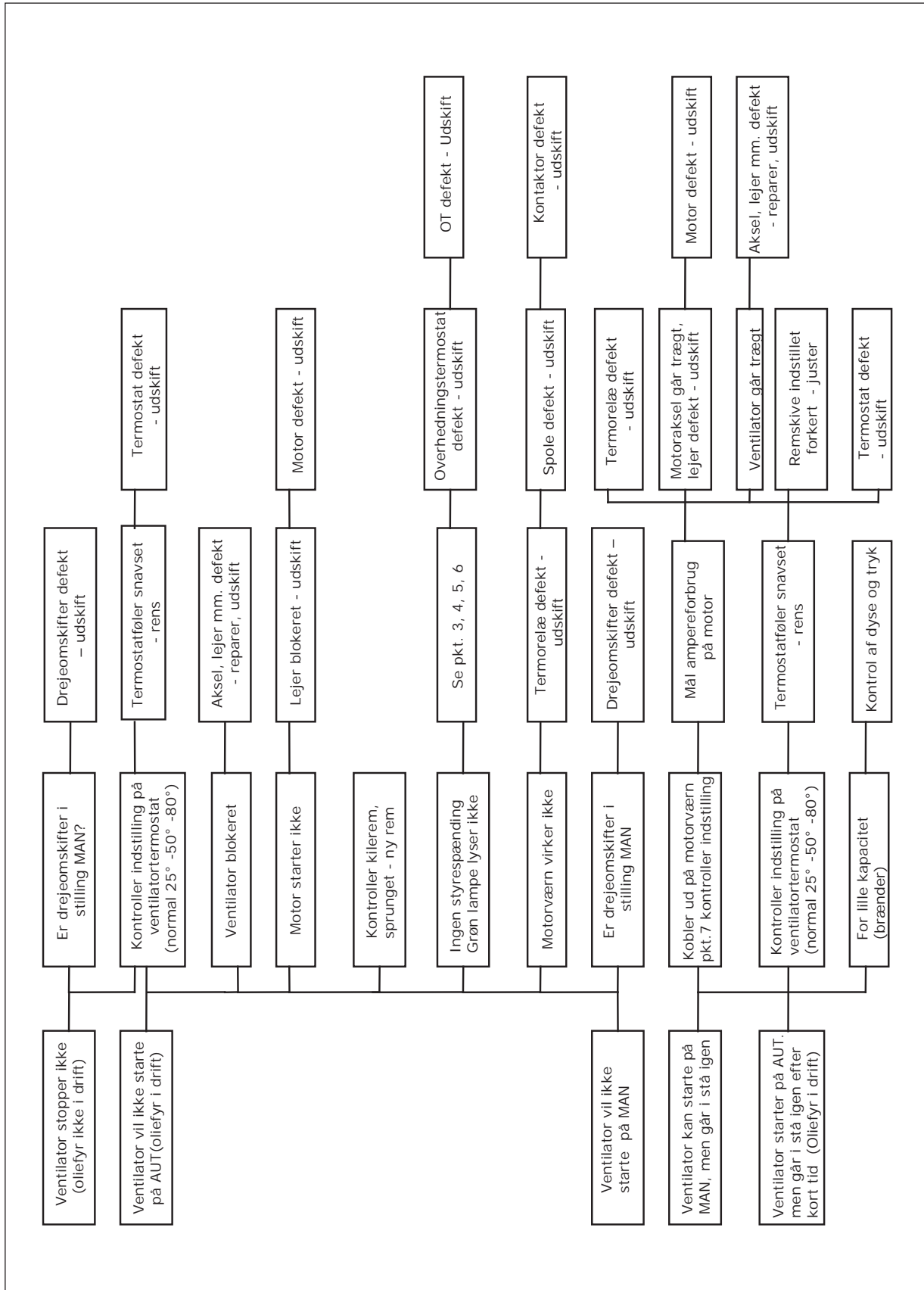
Eksempel

Nedenfor er vist et eksempel på checkkontrol (fejlfinding) af en almindelig batteridreven hånd- og blinklygte.

Hånd- og blinklygte		
Enkeltdele og funktioner	Check	Bemærkninger
Batterispænding	✓	5 x 1,5 V
Kontaktfjedre	✓	
Polaritet	✓	Plus op
Pære til klart lys	✓	
Pære til blinklys	✓	
Omskifter / afbryder	✓	
Blinkrelæ	✓	



Fejlfindingsskema





Fejlfindingsprincipper

Modstandsfølere

Inden for dette område vil vi dele modstandstermometrene i to områder:

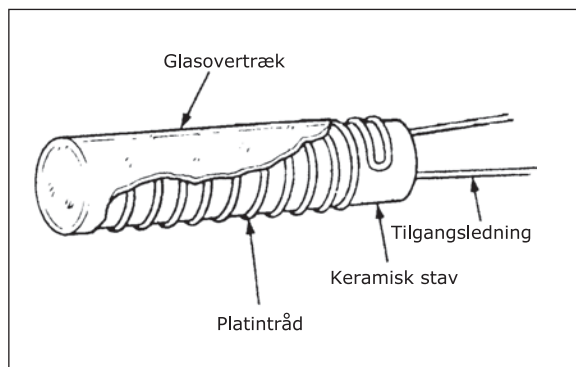
- Metaltrådsfølere
- Termistorer

Metaltrådsfølere

Den elektriske modstand i en metallisk leder afhænger af temperaturen.

Denne type temperaturfølere kaldes et PT-element og benævnes normalt PT 1000, PT 500 eller PT 100.

Størst udbredelse har platinmålemodstande udformet som vist på tegningen.

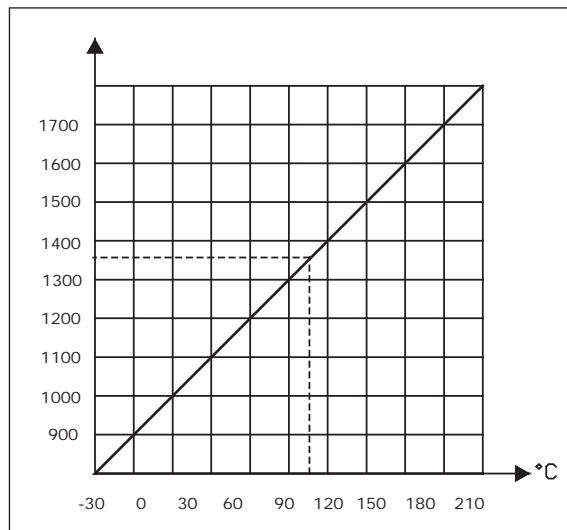


Modstandsværdiernes afhængighed af temperaturen er normeret efter den tyske standard DIN 43760 og for en PT 1000 føler er modstanden 1000 ohm ved 0 °C.

Modstandsændringen er 3,85 ohm pr. °C, hvilket altså betyder at modstanden ved 100 °C er 1.386,00 ohm.

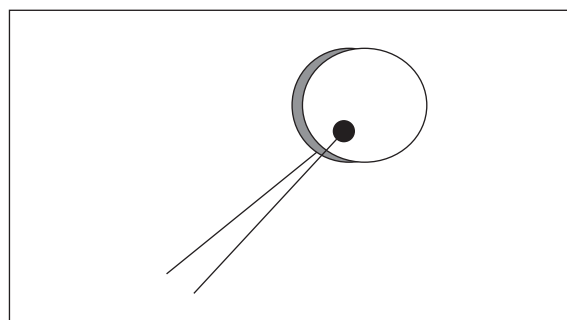
Øverst til højre er vist en karakteristisk for en PT-1000 målemodstand som f.eks. benyttes i forskellige temperaturfølere fra Danfoss.

Den lodrette akse på figuren herunder viser ohm (Ω).



Termistorer

Termistorer er typisk ti gange mere følsomme end PT 1000 målemodstande. Fremstillingsmetoden muliggør lav pris og små ydre dimensioner. Desværre er termistorer karakteristikkene stærkt ulineær og temperaturområdet stærkt begrænset. Desuden er det vanskeligt, at opnå så gode tolerancer på modstandsværdierne, at følerskift er mulige uden omkalibrering.



Billigere masseproducerede termistorer anvendes uhyre meget til enkle reguleringskredsløb i energianlæg og til forskellige former for temperaturkompensation i måleinstrumenter.

Det skal bemærkes, at brud på en termistor af den mest udbredte type, NTC-termistorer af den tilsluttede elektronik opfattes som en meget lav temperatur. Det vil sige at en temperaturregulator for termistorer, hvis der ikke er truffet særlige forholdsregler - i tilfælde af følerbrud - vil reagere ved at kalde på fuld varme. Af sikkerhedsmæssige grund ville det



Fejlfindingsprincipper

være bedre, at der blev lukket ned for varmeeffekten, undtagen hvor der er risiko for frost.

Til følere for egentlig temperaturmåling benyttes præcisionstermistorer, der af visse amerikanske producenter kan fremstilles med tolerance på modstandsvariationen ned til $\frac{1}{2}$ % eller $0,1$ °C.

Fejlfinding

Er man på fejlfinding og har man mistanke om at temperaturføleren er defekt, vil man i praksis med et termometer finde omgivelsestemperaturen, måle modstanden fra føleren og ved hjælp af en tabel eller kurve checke om føleren virker.

Mange målefejl skyldes en uheldig placering af føleren og ved lille turbulens i det målte medie en for kort føler.

Hvis en føler er afbrudt vil regulatoren (f.eks. L&G) reagere ved at kalde på fuld varme

Virkemåde

Ved at kombinere to termistorer i samme hus, kan en lineær sammenhæng mellem modstand og temperatur opnås med en tolerance på $0,15$ °C. Disse præcisionstermistorer har vist sig også at have en meget fin langtidsstabilitet.

For at få en flydende temperaturregulering kræves der foruden en føler, også et svar tilbage fra reguleringsobjektet.

Den flydende regulering kan sjældent foregå direkte, men må gå over en forstærker (se principskitse).

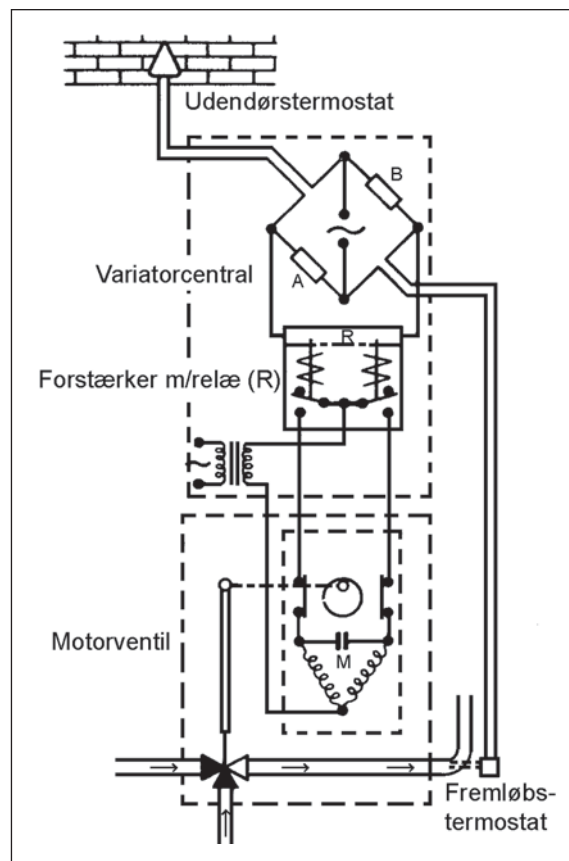
Flydende regulering af en motorventil til et varmeanlæg.

De to termostaters føleorganer består af termistorer (PTC eller NTC), det vil sige modstande, som ændrer modstand ved temperaturændringer.

I opstillingen er A og B faste bromodstande.

Udeføleren og fremløbsfølerens udgør de to andre modstande i målebroen.

En uligevægt i broen, forårsaget af enten udetemperaturen eller fremløbstemperaturen ændrer sig, giver et fejlsignal, der efter forstærkning påvirker det ene relæ.



Elektrisk regulering af kedel

Motoren går nu i gang i den dertil svarende omløbsretning og forsætter med at køre, til der er opnået balance i målebroen.

Balancen opnås ved, at ventilen ændrer blandingsforholdet så meget, at fremløbstermostaten mærker en ændret fremløbstemperatur, som svarer til den øjeblikkelige udetemperatur.

Reguleringsautomatik

Fejlfindingsprincipper

