

Den trefasede AC-motor Kortslutningsmotoren

Den asynkrone motor er en kompakt og robust motor der fås i mange udgaver for både påbygning ved hjælp af flange, monteret direkte på maskiner

eller som vist på billedet her til højre hvor den ses i en kappekølet udgave som fodmotor.



Motorens opbygning:

Indvendig i kappen er statorviklingen anbragt, denne vikling består i en sådanne trefaset motor af et antal viklinger pr. fase. Enderne af disse viklinger er ført ud til et klembræt der er anbragt i en klemkasse udvendig på motoren, således at kobling og tilslutning af motoren kan ske i denne.



Rotoren der er vist her til højre, anbringes ved hjælp af lejer således at den befinder sig inde i statoren på motoren. Rotoren er en kortslutningsrotor (deraf navnet "kortslutningsmotor") med en vikling af kobber- stave eller siluminstave der er kortsluttet med en ring uden for noterne. Ringen kan være udformet som en ventilator. Rotoren er udført med skrå noter således at flere noter befinder sig samtidigt under drejefeltets pol.

Rotoren bæres af lejeskjalde og lejerne er oftest kuglelejer, som vist på snittegningen.



Det roterende magnetfelt

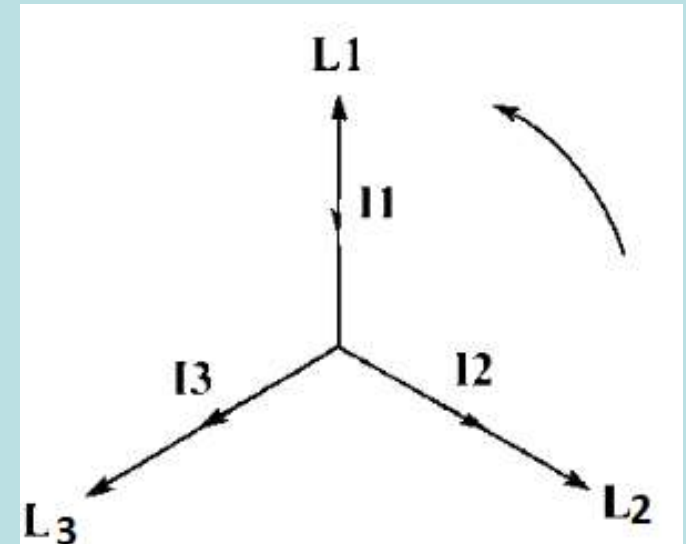
Fordelen ved at benytte trefaset vekselstrøm (L1 , L2 , L3) er at man let kan få frembragt et drejefelt (et roterende magnetfelt) som kan benyttes til at drive eksempelvis kortslutningsmotorer.

De tre faser frembringes således at der er 120° mellem faserne. Dette kan vises ved hjælp af et vektordiagram som her til højre.

På vektordiagrammet er faserne vist som pile med en forskydning mellem dem på 120° .

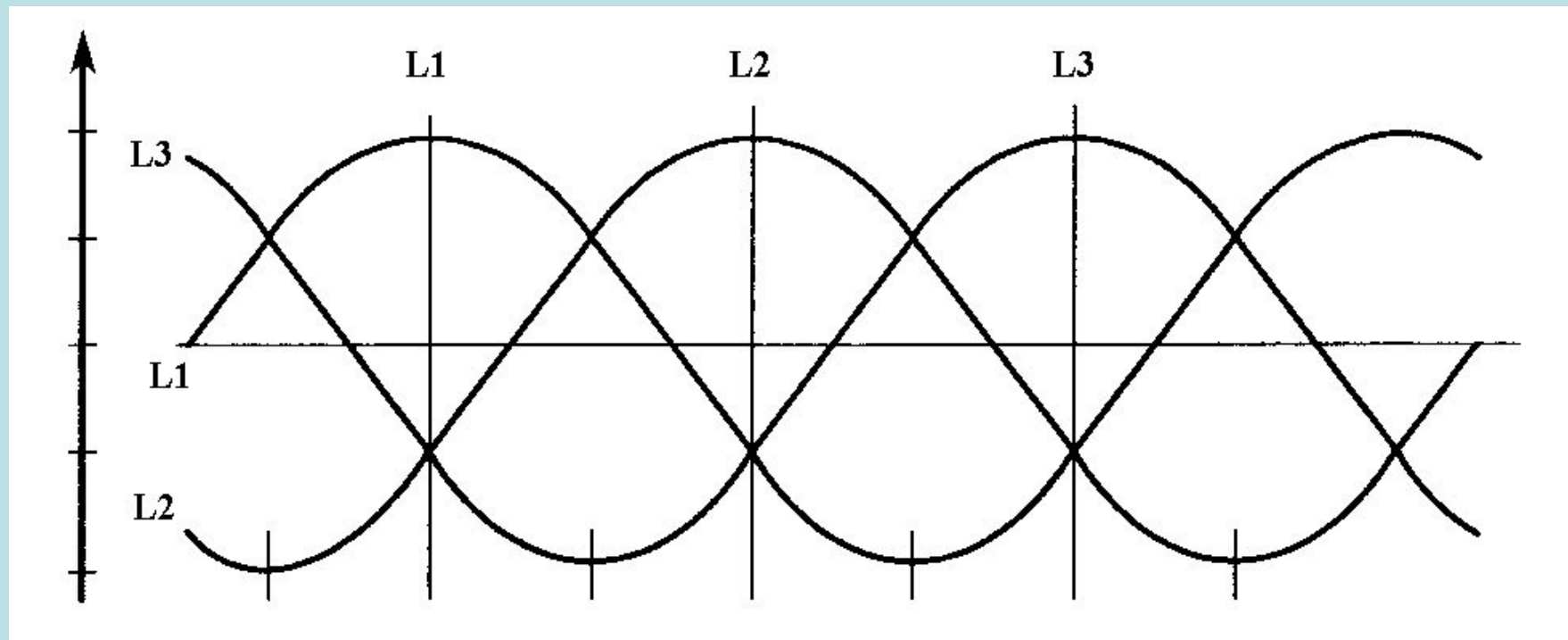
Hele vektordiagrammet drejer, som pilen viser, mod uret.

Strømmene er i dette tilfælde vist på det tidspunkt, da strømmen i L1 er maksimum i negativ retning og derfor er lige stor i de to andre faser (L2 og L3) men i positiv retning.



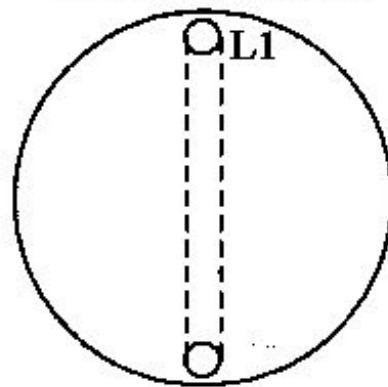
Man kan også vise de tre fasers indenbyrdes forhold ved hjælp af en sinuskurve som vist herunder.

På sinuskurven kan det tydeligt ses hvorledes strømmen der løber ud gennem de enkelte faser, hele tiden løber retur via de to andre.



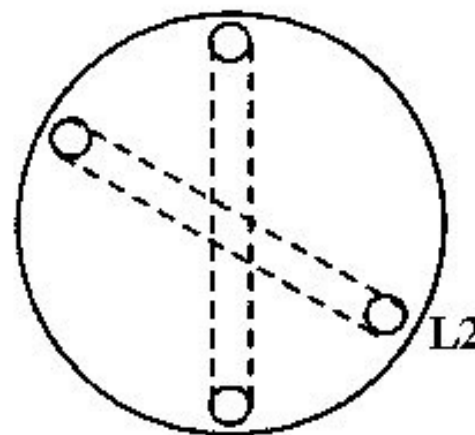
Når spolerne i statoren på den trefasede motor skal lægges ind, placeres de med en indenbyrdes vinkel på 120° . På tegningerne herunder er det vist hvorledes de enkelte spoler lægges ind.

Begyndelsesende

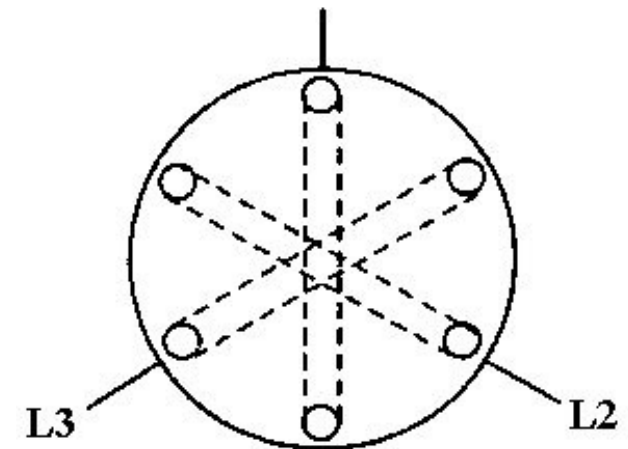


Slutende

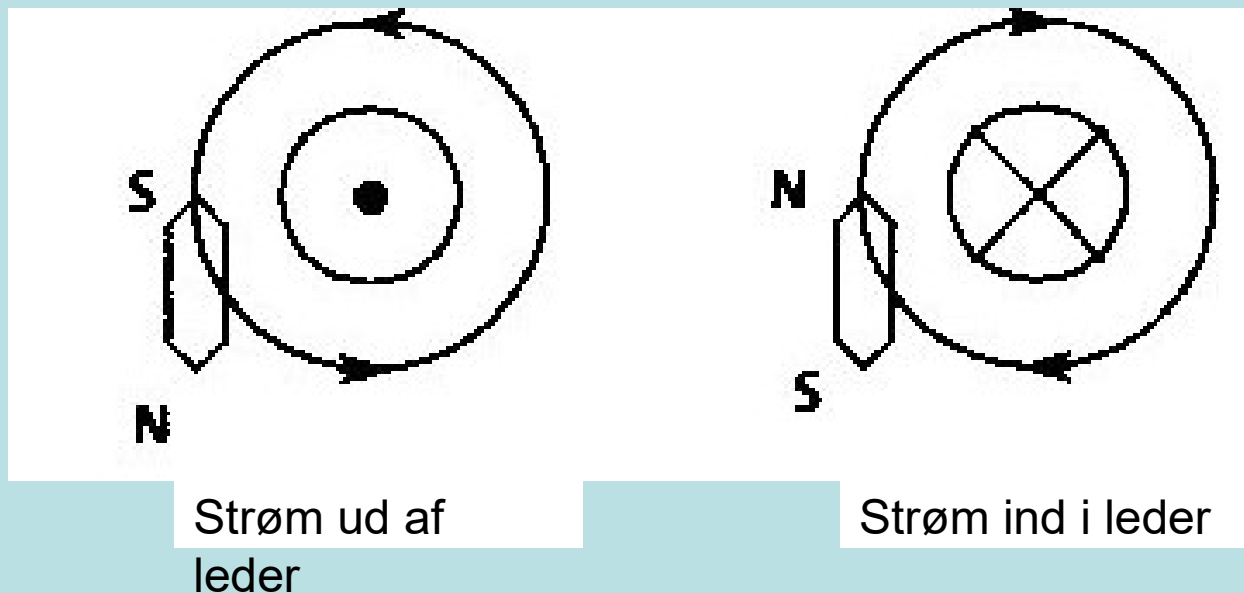
L1



L1



Proptrækkerregel.



Omkring enhver leder hvori der går en strøm vil der danne sig et magnetfelt

Hvis man tænker sig at man skruer en højreskåret proptrækker ind i ledningen i strømmens retning vil der danne sig et magnetfelt med en retning svarende til proptrækkerens omdrejningsretning.

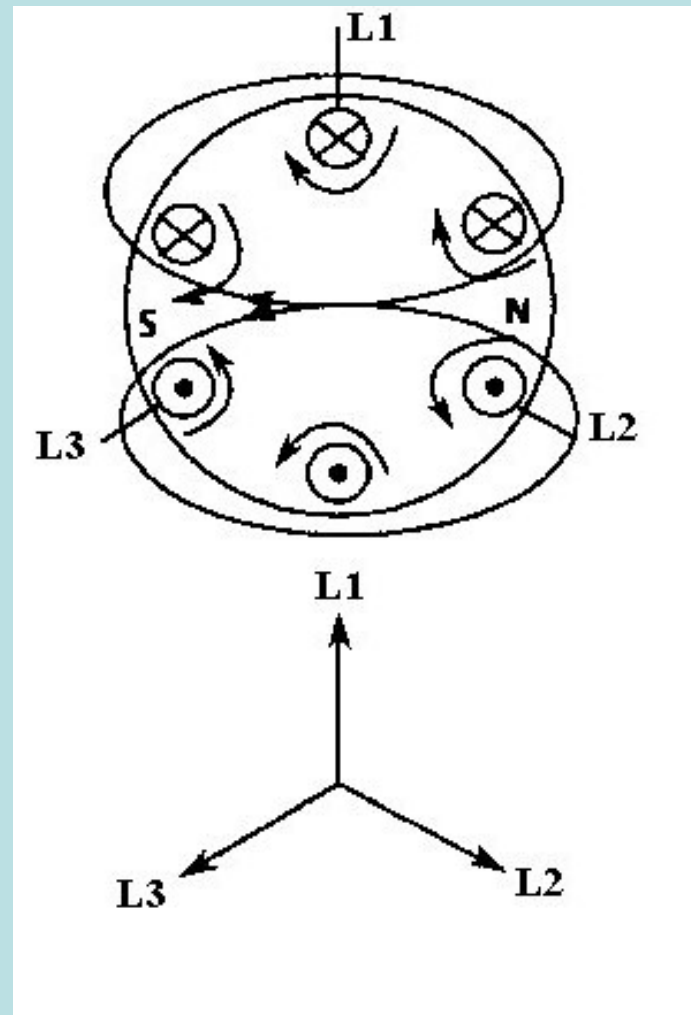
Således opstår der en nord- henholdsvis en sydpol .

Situation 1:

Der tilføres strøm ind gennem L1 (der er positiv) hvilket medfører at der dannes et magnetfelt omkring viklingen L1 med uret foroven og mod uret forneden.

Strømmen løber retur gennem L2 og L3 (der er negative) hvilket danner tilsvarende magnetfelter omkring disse.

Dette giver tilsammen et magnetfelt der er rettet således at der opstår nord og sydpol som vist på tegningen.



Situation 2:

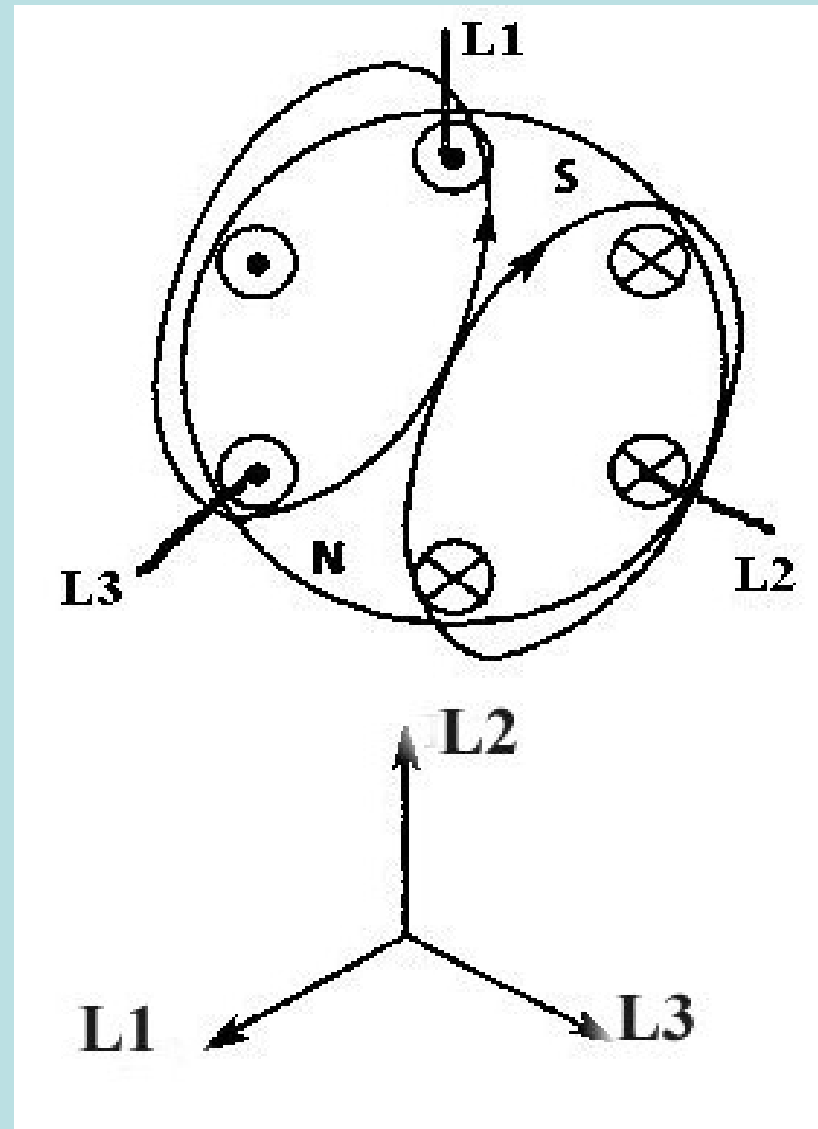
Nu er det L2 der er blevet positiv.

Strømmen går derfor ind gennem denne.

De to andre faser er imidlertid blevet negative og det er gennem disse at strømmen går retur.

Magnetfelterne omkring de enkelte ledere vil nu skabe et magnetfelt med nord og sydpol som vist på tegningen.

Bemærk at magnetfeltet har flyttet sig 120° i forhold til foregående situation i urets retning.



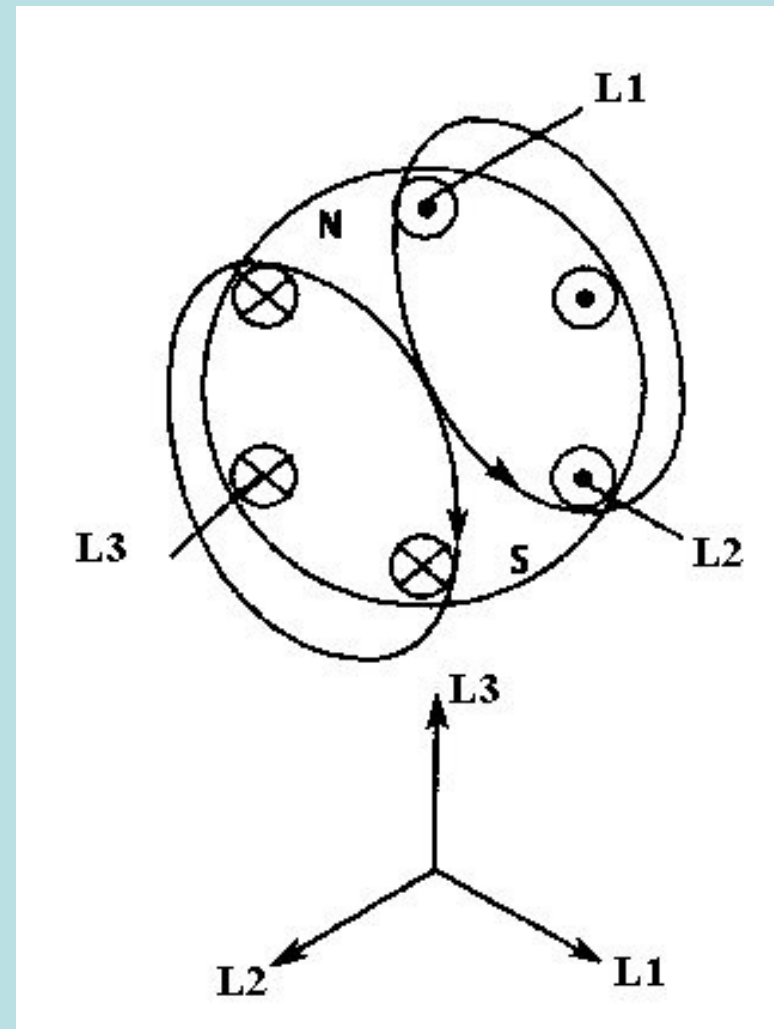
Situation 3:

I den tredje og sidste situation er det L3 som er positiv, hvilket medfører at strømmen tilføres gennem denne vikling.

Strømmen løber retur gennem de to andre faser og tilsammen dannes der et magnetfelt der er drejet i alt 240° (eller 120° siden sidste situation).

Den næste situation vil nu være situation 1 igen o.s.v.

Ønske det at motoren skal løbe den anden vej, bytter man blot om på to af tilgangsledningerne, hvilket vil medføre at magnetfeltet bevæger sig omvendt rundt i statoren.



Det magnetiske felt trækker rotoren, hvorpå motorens aksel er monteret rundt.

Dette foregår med en hastighed der kan beregnes ud fra motorens konstruktion og den frekvens som den er tilsluttet ved.

Motorens omdrejningstal kan beregnes med følgende formel:

$$n = \frac{f \times 60}{p}$$

I formelen står bogstaverne for følgende:

n er motorens omdrejningshastighed pr. minut. f er frekvensen i Hertz (Hz)

p er motorens antal polpar. I det gennemgåede eksempel er der tale om et polpar men der kan sagtens være monteret mange flere polpar i en maskine. På formelen kan man se at jo flere polpar maskinen monteres med jo langsommere vil den løbe rundt. Den eneste anden måde at regulere hastigheden på denne type motor er at ændre på frekvensen, hvilket kan gøres med en frekvensomformer.

Eksempel:

En motor med et polpar vil ved 50 Hz. løbe med en hastighed som følger:

$$n = \frac{50 \times 60}{1} = 3000 \text{ omdrejninger / min.}$$

Hvis frekvensen ændres til 60 Hz. vil ændre hastighed til ca. 3600 omdr./min.

De beregnede hastigheder vil dog ikke kunne opleves, idet hastighederne er dem som magnetfeltet bevæger sig med, men der vil være en del slip (tab) grundet de mekaniske dele der skal overføre hastigheden.

Disse udgør typisk ca. 5 % af hastigheden. En motor der er beregnet til 3000 omdrejninger løber derfor typisk ca. 2700 – 2800 omdrejninger.

Tilslutning af den trefasede motor

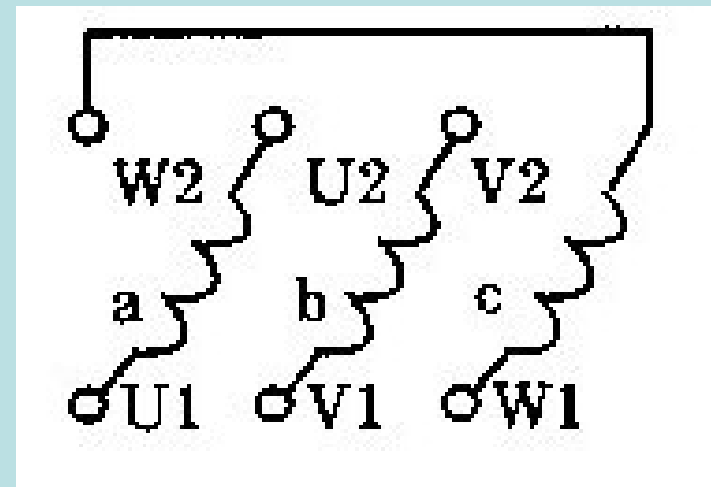
Begge ender på de tre viklinger i den trefasede motor er normalt ført helt ud på klembrættet .

På klembrættet ender de seks ledninger på hver deres klemme, disse klemmer er ordnet således at man kan se hvilke der hører sammen.

Viklingen der er mærket "a" ender i U1 og U2

Viklingen der er mærket "b" ender i V1 og V2

Viklingen der er mærket "c" ender i W1 og W2



Motoren skal være forsynet med et typeskilt der mindst giver oplysning om følgende:

Spænding pr. vikling

Type

Fuldlaststrøm

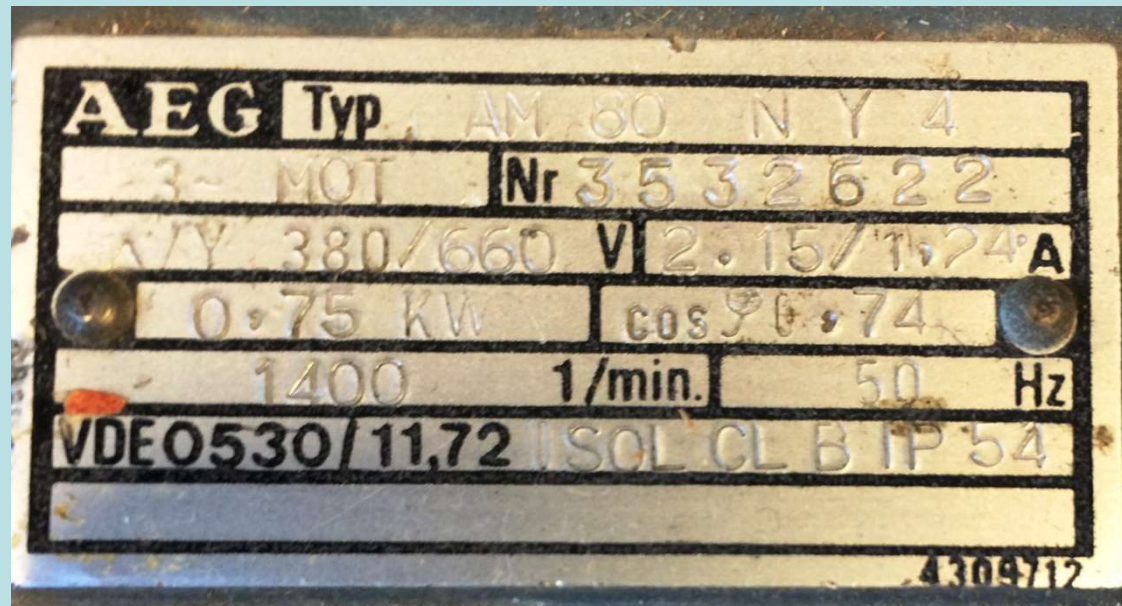
Fabrikat

Størrelse

Omdrejninger

Cos ϕ

Frekvens

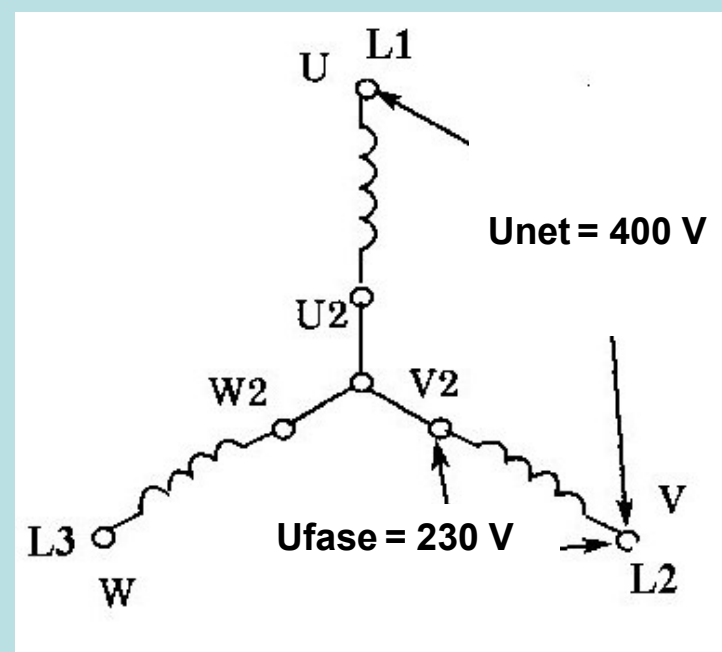
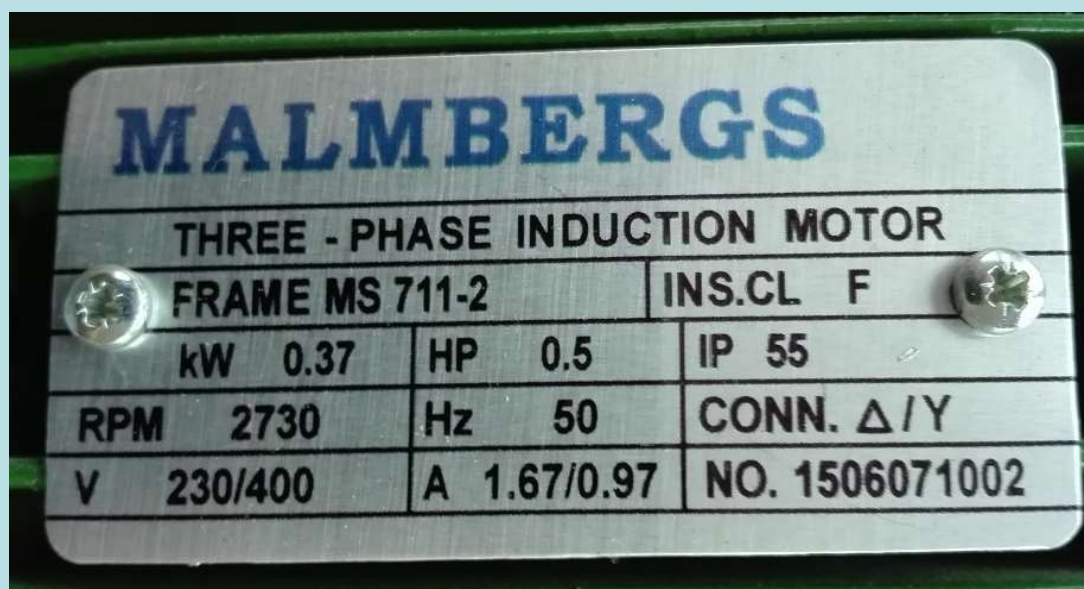


På motorens mærkeskilt står 230 / 400 V. Spændingen over hver vikling må ikke overstige den mindste af spændingerne, her 230 V.

Dette gøres ved at forbinde motoren i **"stjerne"**.

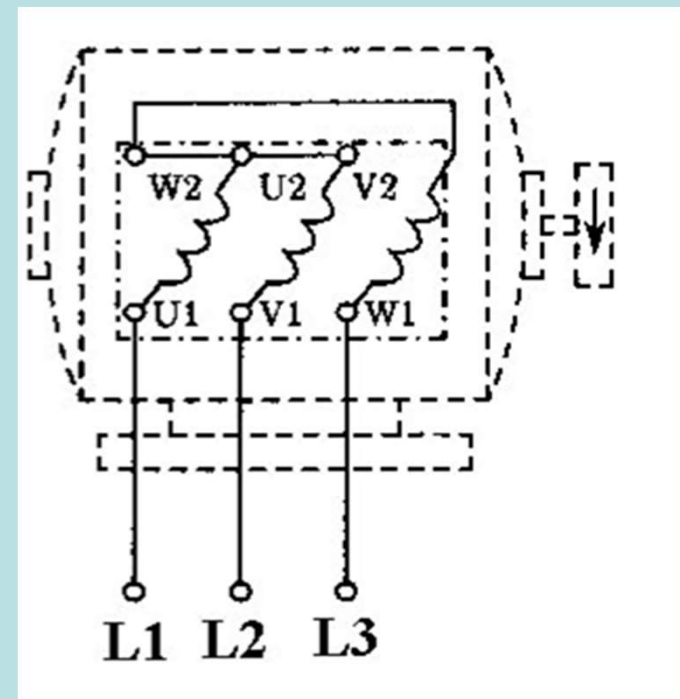
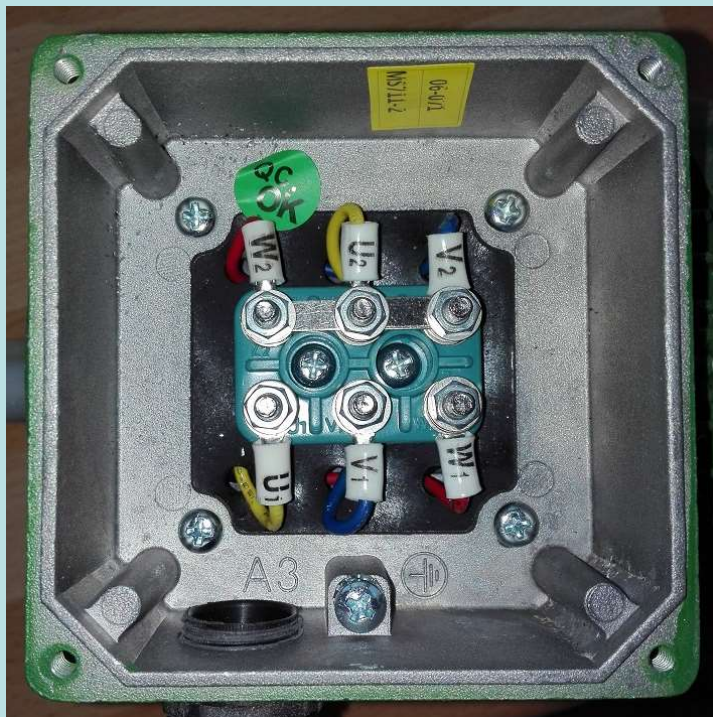
Følger man forbindelsen fra f.eks. U gennem viklingen U2 der er forbundet sammen med bl.a. V2 videre gennem dennes vikling til V, vil man se at de to viklinger til sammen er tilsluttet mellem to faser og dermed deler de 400 V (U_{net})

Da der i stjernepunktet (U2, V2, W2) opstår et nulpunkt er de enkelte viklinger tilsluttet til 230 V (U_{fase})



Motorer der er mærket 230/ 400 V skal ved tilslutning forbindes i stjerne
Hver vikling kan maksimalt tåle en spænding på 230 V og der er 400 V mellem faserne i Danmark.

På både tegningen og billedet forneden er der lagt en forbindelse mellem W2, U2 og V2 (danne stjernepunktet). Tre faser tilsluttes til U1, V1 og W1.
Ændring af omdrejningsretning sker ved at bytte om på to (**og kun to**) af faserne.



Motoren er på sit typeskilt mærket med 400 / 690 V.

I så tilfælde kan den enkelte vikling tåle en spænding på 400 V.

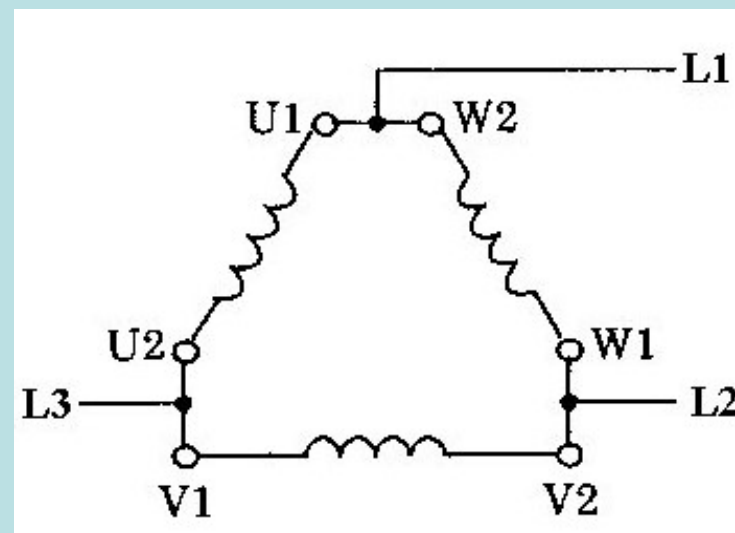
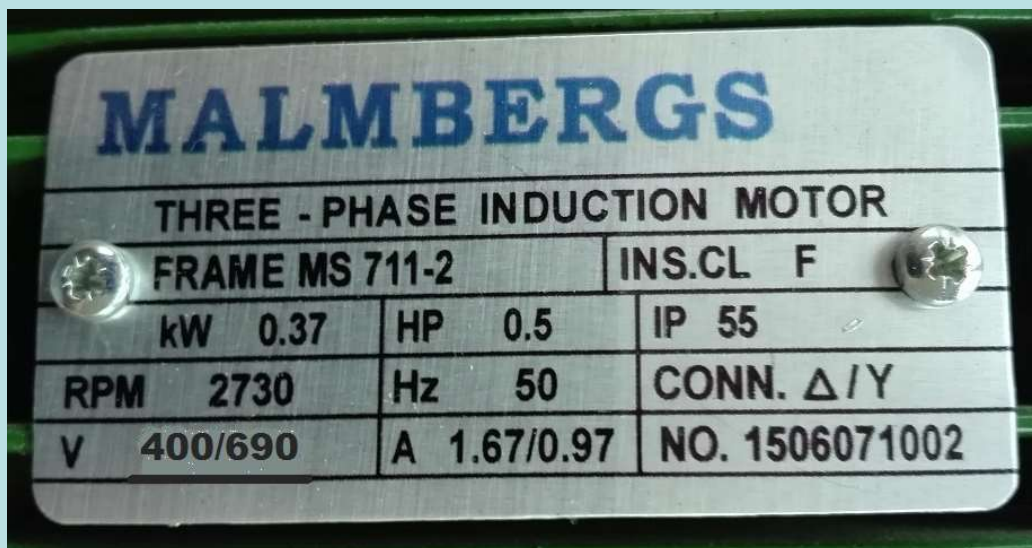
En sådan motor forbindes normalt i **"trekant"**.

På tegningen ses det at viklingen U1 / U2 er tilsluttet L1 og L3 (400 V)

V1 / V2 er tilsluttet L3 og L2 (400 V)

W1 / W2 er tilsluttet L2 og L1 (400 V)

Viklingerne er indebyrdes forbundet i **"trekant"**.



Motorer der er mærket 400/ 690 V tilsluttes normalt i **"trekant"**.

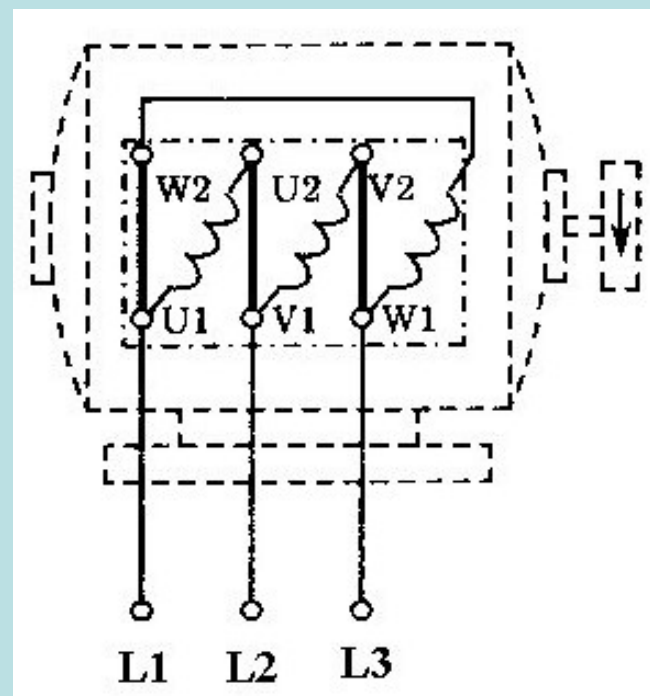
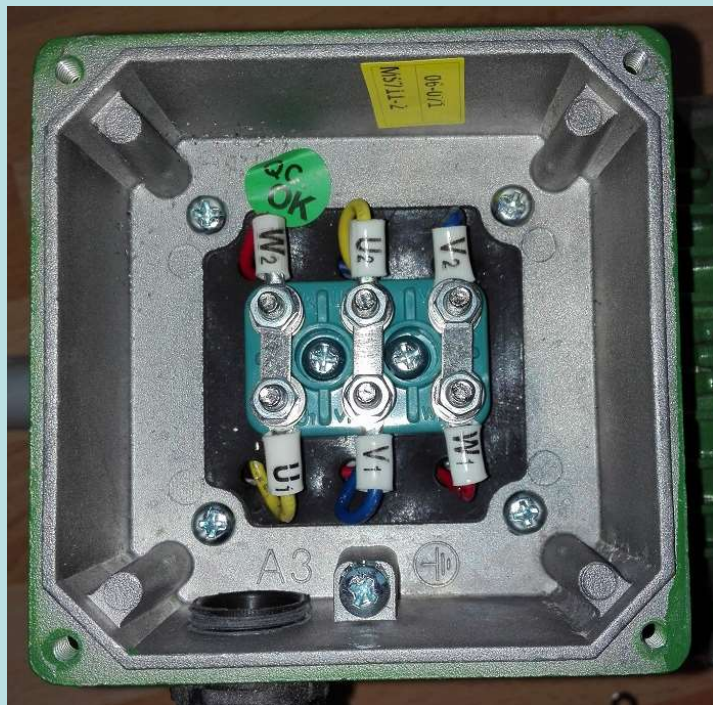
For at etablere trekantforbindelsen er der lagt forbindelser som følger:

Mellem U1 og W2

Mellem V1 og U2

Mellem W1 og V2.

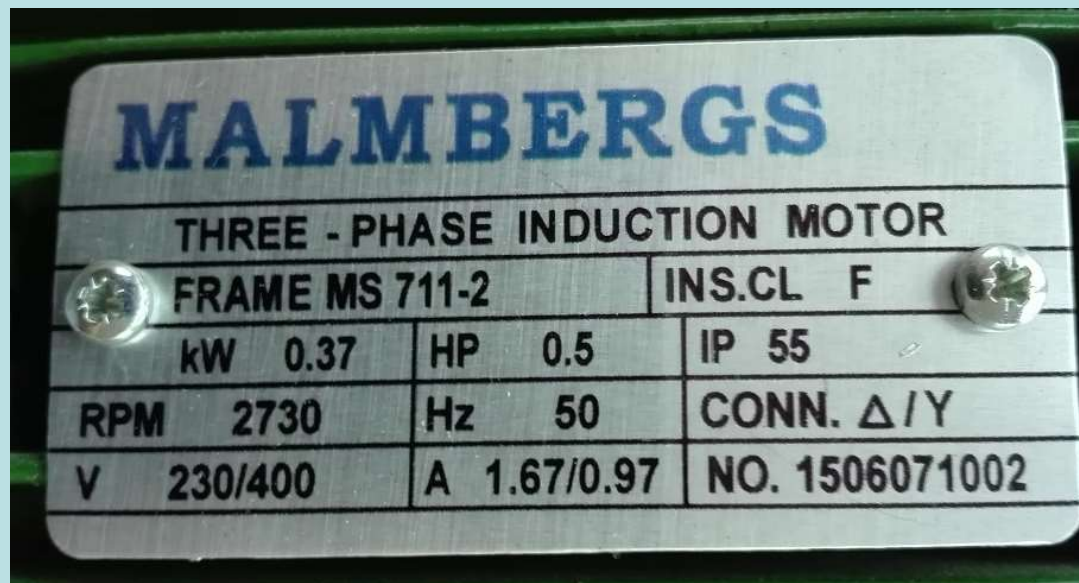
Ændring af omdrejningsretningen kan foretages ved at bytte to (kun to) af faserne.



Overstrømsbeskyttelse af motorer

Motorer må ikke optage mere strøm end den mærke-strøm de er mærket med. Mærke-strømmen kaldes til tider også Fuldlast-strømmen, idet der er tale om den strøm motoren optager når den er maksimalt belastet.

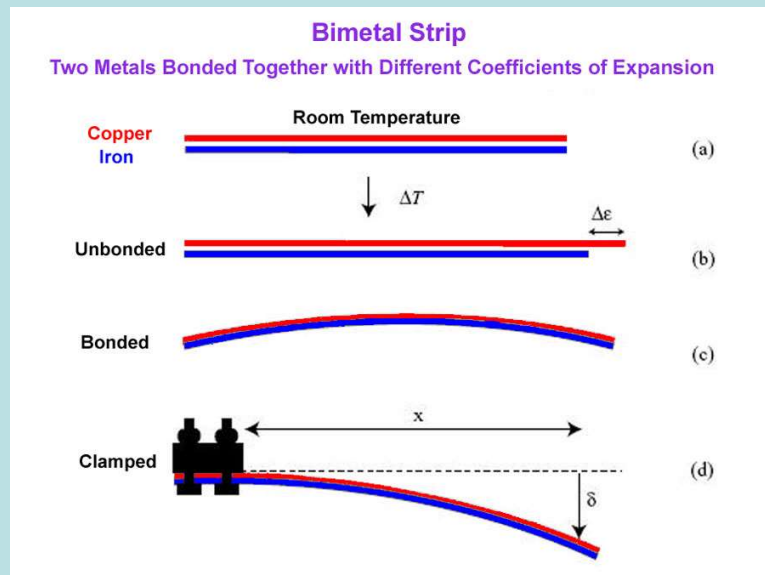
Hvis motoren bliver overbelastet vil den efter kort tid brænde sammen og er dermed ødelagt. På typeskiltet nedenfor kan der aflæses at motorens mærkestrøm ved tilslutning til en spænding på 3 x 400 V vil være 0,97 A



Overstrømsbeskyttelse ved brug af Termorelæ

Motoren beskyttes mod overstrøm og dermed overbelastning ved hjælp af et Termorelæ der indskydes i de tre faser. I termorelæet passerer strømmen gennem tre viklinger der er lagt omkring tre plader der er lavet af bi-metal.

Et bi-metal består af to metalliske plader med forskellig varmeudvidelses-koefficient, som er valset sammen således at de ikke kan bevæge sig i forhold til hinanden, hvis det opvarmes vil det derfor bukke og denne egenskab benyttes i termorelæet til at påvirke kontaktmekanismen således at den afbryder.



Skitse der viser princip for bi-metal



Et kik ind i termorelæet, hvor man kan se de tre bi-metaller med viklinger omkring.

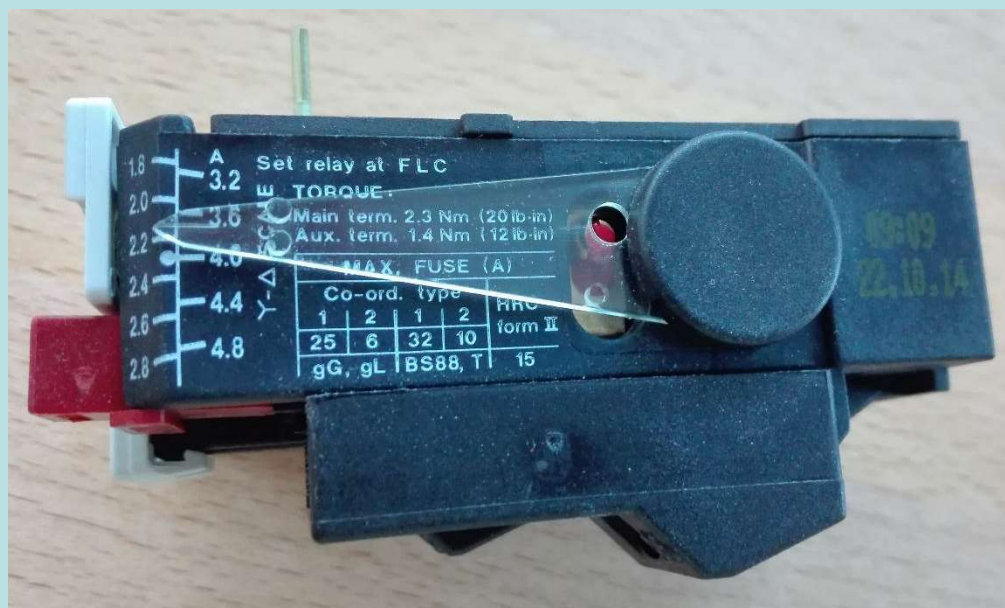
Overstrømsbeskyttelse ved brug af Termorelæ

Termorelæet skal vælges og indstilles således at det sikre at der ikke kan gå en større strøm end motorens mærkestrøm (fuldlaststrøm).

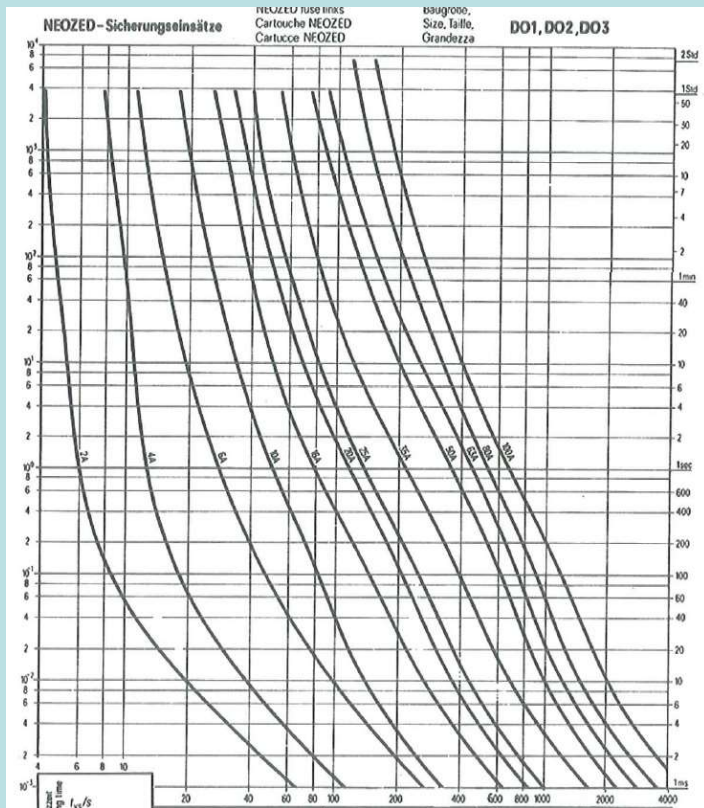
Termorelæer fås i mange størrelser og med skalaer som kan indstilles på en knap (viser) som på det viste termorelæ sidder på siden af termorelæet.

Termorelæet på billedet har en skala (den venstre) på 1,8 – 2,8 A og er i øjeblikket indstillet på 2,15 A.

(Den højre skala benyttes specielt når man bruger stjerne/trekant-starter)



Start af trefaset kortslutningsmotor



Motorer der startes direkte vil i startøjeblikket optage 6 gange sin normale mærkestrøm.

Eksempel: En motor med en mærkestrøm på 5 A, vil ved start optage $6 \times 5 \text{ A} = 30 \text{ A}$

Det er derfor nødvendigt at sikre sig at sikringen foran installationen kan holde længe nok til denne strøm. Ifølge sikringskurven kan en 6 A sikring holde til 30 A i 1 sek. Mens en 10 A sikring kan holde til 30 A i 40 sec. Her vælges en 10 A sikring, men nu er det vigtigt at kontrollere at termorelæet må forsikres med 10 A. Installationskablet kan vælges ud fra motorens mærkestrøm, da termorelæet sikre at strømmen ikke bliver højere. Dog er det vigtigt at kablet må kortslutningsbeskyttes med den 10 A sikring.

Planlægning af installation til Motor

Ud fra gennemgangen på foregående side, kan følgende planlægges:

- Der benyttes en gruppeafbryder 3polet (+ evt. nul) med 10 A sikring
- Gruppeledningen udføres med 1,5 mm² ledninger (evt. som kabel), idet en 1,5 mm² kan føre en strøm på mere end 5 A under alle forhold (tabel A2).
At ledningen ikke vælges lavere skyldes at installationsledninger ikke må være mindre end 1,5 mm².
- Der benyttes i styringen en kontaktor der minimum kan slutte en strøm på 5 A (f.eks. Danfoss CI 9 der måde slutte 9 A) samt et termorelæ 4,0 – 6,2 der indstilles på 5 A.
- Tilledning til maskinen skal kunne føre 5 A og skal kunne kortslutningsbeskyttes med en sikring på 10 A.
En ledning på 0,75 mm² må under særlig gode varmeafledningsforhold føre en strøm på 10 A og den må kortslutningsbeskyttes med max. 20 A, så 0,75 mm² er OK.