

Snabbguide elektromotorer.

Inkoppling och startalternativ.

©2015 Paul Wargenstahm

*Detta dokument får fritt användas
inom Lernia Utbildning samt av Fluxio.se's användare*



Innehåll:

1. Inledning
2. Den kortslutna 3-fas asynkronmotorn.
3. Inkopplingsalternativ
4. Startalternativ
 - 4.1 Direktstart
 - 4.2 Y/D start
 - 4.3 Mjukstart
 - 4.4 Frekvensstyrning
5. Kontakter
6. Överlastskydd
7. Rotationsriktning och Monteringssätt
8. Andra motortyper

Inledning.

Ibland uppstår problematiken att man inte kommer ihåg exakt hur man kopplar in en elmotor i specifika fall. Den här guiden tar upp den enklare delen av inkoppling och olika startalternativ, utan att för den skull gå allt för djupt in på motorkonstruktion, beräkningar, och programmering av styrsystemen som används.

Vi kommer att gå igenom saker som hur man läser en typskylt på en elmotor, Y- och D-koppling, olika startapparater och deras för- och nackdelar, samt på slutet lite grann om andra typer av motorer än den vanligaste, den kortslutna 3-fas asynkronmotorn.

Vi utgår från att vi har det vanliga, standardiserade matningssystemet med 400 V huvudspänning och 230 V fasspänning. Det finns elmotorer för andra spänningar, både högre och lägre, men det ligger (förutom något litet undantag) utanför den här guidens område.

Den kortslutna 3-fas asynkronmotorn.

Den kortslutna 3-fas asynkronmotorn, som härafter kommer att förkortas asynkronmotorn, består av i princip två huvuddelar, nämligen "statorn" som är de stillastående lindningarna som ansluts till elnätet, och "rotorn" som är den roterande delen i asynkronmotorn.

Asynkronmotorns varvtal bestäms av tre parametrar, elnätets frekvens, motorns poltal, och motorns eftersläpning.

Poltalet är helt enkelt antalet statorlindningar *per fas* i motorn.

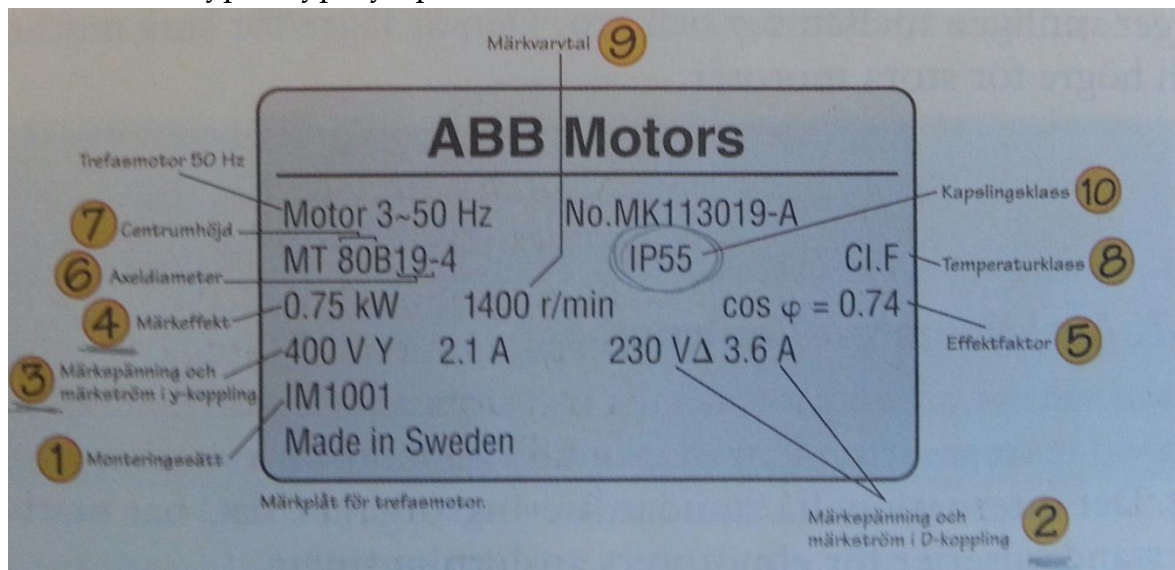
Eftersläpningen varierar lite från motor till motor, men ligger oftast någonstans mellan 1 och 10%.

För att räkna fram en motors synkrona varvtal används formeln:

$$n_s = 120 \frac{f}{p} \text{ där } f \text{ är nätets frekvens och } p \text{ motorns poltal.}$$

Det asynkrona varvtalet är alltid något lägre än det synkrona, och det är detta som anges på motorns typskylt

En typisk typskylt på en motor kan se ut så här:



De viktigaste punkterna i bilden ovan när det gäller inkoppling är punkterna 2 och 3. De anger vad motorn tåler vid D (punkt 2) respektive Y (punkt 3) koppling.

Utseendet, och innehållet, på typskylten kan variera ganska kraftigt, bland annat kan det förekomma data för både 50Hz och 60Hz.

Inkopplingsalternativ.

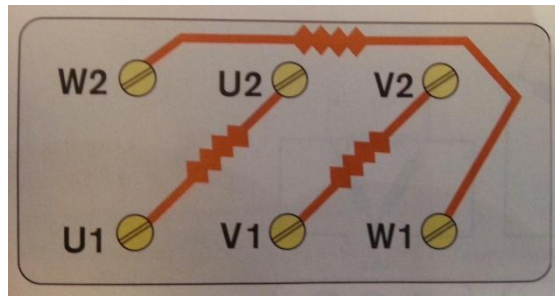
De olika inkopplingsalternativen för en 3-fas asynkronmotor är Y-koppling (stjärnkoppling), D-koppling (triangelkoppling), och inkoppling för 1-fasdrift med driftkondensator.

Det viktigaste vid val av inkopplingssätt är att titta på motorns märkskylt och se för vilken spänning motorns lindningar är avsedda. På märkskylten ovan står det "400 V Y" och "230 V Δ ". Med tanke på att huvudspänningen vi har är 400 V så skall motorn ovan Y-kopplas.

Om det hade stått "690 V Y" och "400 V Δ ", så skulle vi D-kopplat motorn istället.

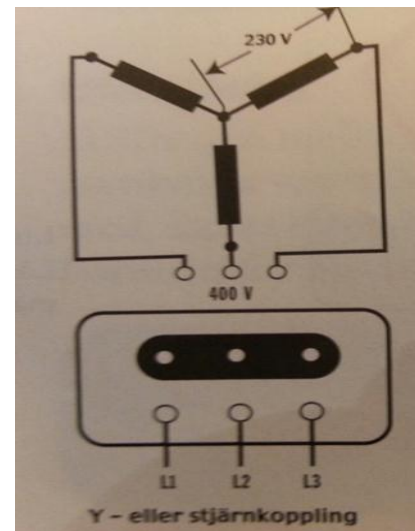
Lägg märke till att den högsta spänningen som står på skylten alltid är spänningen för Y-koppling.

Nedan visas en bild på hur en motors anslutningsplint ser ut, och hur motorns lindningar är utlagda på plinten.



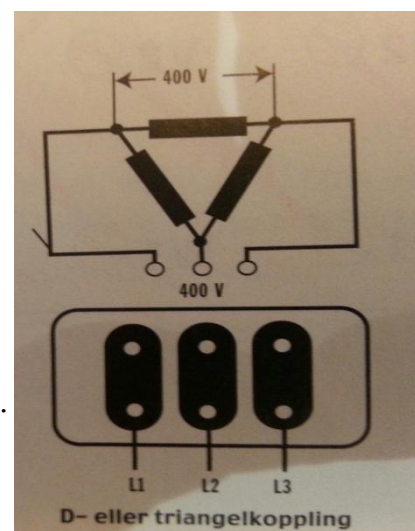
Om vi lägger in faserna L1, L2, och L3 på respektive U1, V1, och W1, och kortslutningsblecken över U2, V2, och W2 så får vi följande bild för en Y-koppling:

Som synes så får vi huvudspänningen 400 V över två lindningar, vilket ger 230 V över varje motorlindning, och en virtuell nollpunkt i mitten där kortslutningsblecken kopplar ihop lindningarnas andra ände.

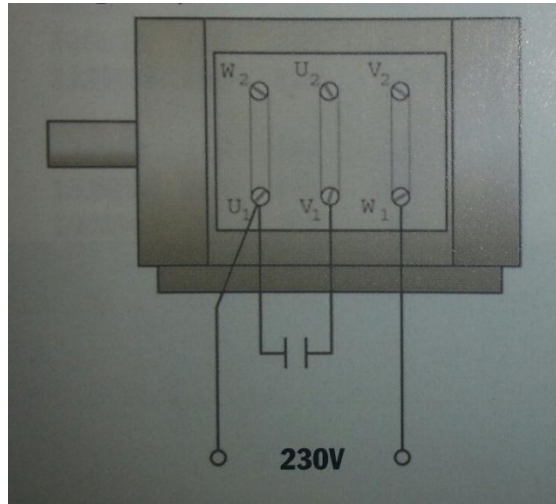


Om vi istället lägger kortslutningsblecken U1-W2, V1-U2, och W1-V2 så får vi en D-koppling enligt bilden nedan:

I D-kopplingen får vi huvudspänningen 400 V över en enda motorlindning, vilket innebär att lindningen måste vara dimensionerad för denna spänning. Detta ger också att om den Y-kopplas så skall huvudspänningen vara $400 \cdot \sqrt{3} = 690 \text{ V}$ för att få full effekt.



Enfasdrift av 3-fasmotorer är möjligt att uppnå med hjälp av en driftskondensator vid låga till måttliga motoreffekter. Kondensatorn kopplas in enligt bilden nedan och bör ha en kapacitans på ungefär 75 μF per kilowatt motoreffekt.



Eftersom en kondensator bara ger 90° fasförskjutning så kommer motorn att få en något ojämn gång, jämfört med en 3-fasininstallation med 120° fasförskjutning.

För att få fram ett mer exakt värde på kondensatorn får man provköra motorn med full belastning och mäta strömmen i lindningarna. Cirka 5-7% skillnad mellan lindningarna är acceptabelt för att undvika skador på lindningarna.

Startalternativ.

Direktstart.

Detta var det vanligaste alternativet för start av mindre motorer under lång tid. Man använder sig av någon form av startapparat som kan vara direktverkande eller kontaktorstyrd, och som innehåller någon form av överlastskydd samt nollspänningsutlösning.

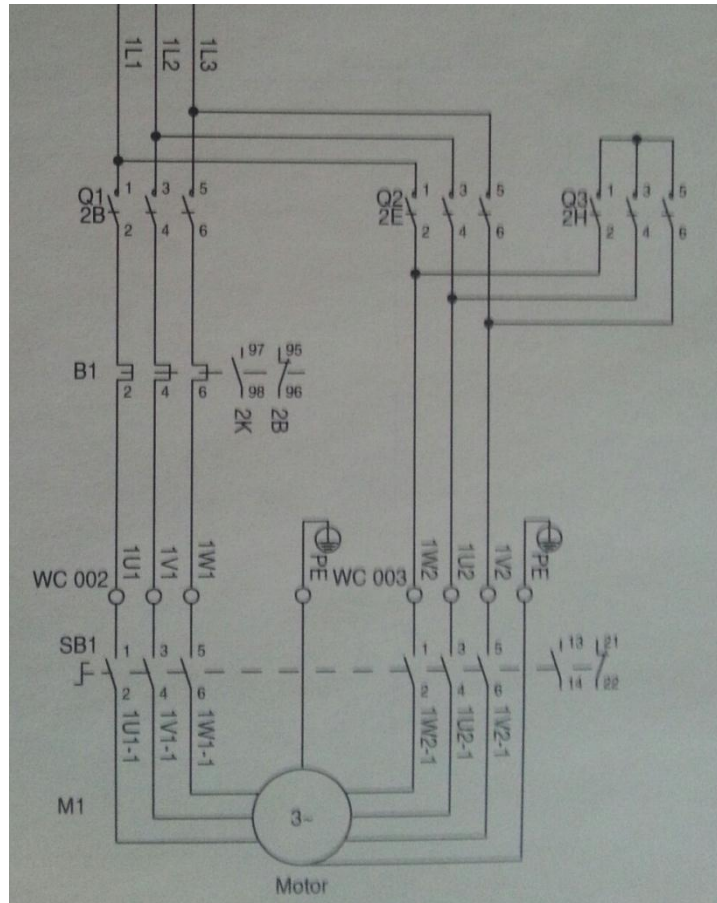
Överlastskyddet kan vara termiskt ("vanligt motorskydd"), eller statiskt (elektroniskt överlastskydd).

Detta är det mest kostnadseffektiva sättet att starta mindre motorer. Effektgränsen för direktstart beror på hur starkt det matande nätet är, och bestäms av nätägaren. Vanligtvis ligger den runt 4 kilowatt motoreffekt (5.5 Hk).

Startströmmen blir 5-7 gånger motorns märkström.

Y/D-start.

Till större motorer var det vanligt att man använde en startapparat som kopplade om motorn mellan Y-koppling vid start och D-koppling för drift. Två olika varianter förekommer, en manuell variant och en automatisk som med hjälp av ett tidrelé sköter omkopplingen. Nedan visas ett huvudkretsschema för en Y/D start.



Y/D-starten består av tre stycken kontaktorer, Q1, Q2, och Q3.

Q1 benämns huvudkontaktör och denna är dragen i både Y- och D-läge. På denna sitter också det mekaniska tidblocket i de fall man inte använder ett elektroniskt tidrelä.

Q2 är kontaktorn för D-läge och denna aktiveras efter att tidblockets timer löpt ut och Q3 har släppts.

Q3 är kontaktorn för Y-läge och aktiveras vid start samtidigt som huvudkontaktorn Q1. När timern i tidblocket löpt ut släpper Q3 innan D-kontaktorn Q2 aktiveras.

Det är viktigt att korsvis förregla Q2 och Q3 med hjälp av NC kontakter, om båda råkar dra samtidigt kommer alla tre faser att kortslutas med förödande resultat.

Observera att det är mycket viktigt att motoranslutningskablarna kopplas rätt.

Startströmmen minskar till $\frac{1}{3}$ jämfört med en direktstartad motor. Om överlastskyddet kopplas i serie med lindningarna, som det är gjort i schemat på föregående sida så skall det ställas in på motorns märkström $/\sqrt{3}$. Om överlastskyddet ligger i matningen skall det ställas in på motorns märkström.

Mjukstart.

Mjukstarten blir ett allt vanligare startalternativ för både små och stora elmotorer. De finns i många olika utföranden och fabrikat, och kan ofta ha inbyggda funktioner för by-passkontakter, hållkrets och överlastskydd mm.

Vilka funktioner som återfinns i en specifik mjukstart får man kontrollera i manualen för den.

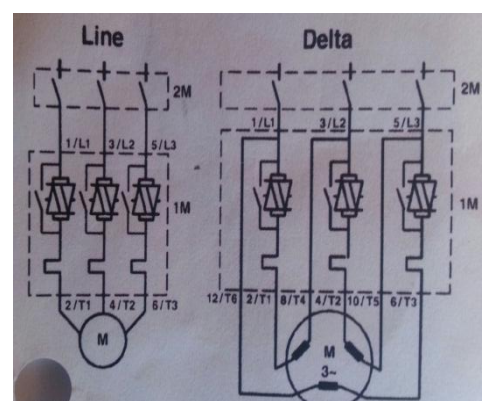
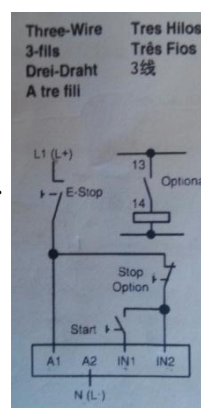
Mjukstarten fungerar genom att succesivt öka spänningen till motorn under en viss, inställbar, tid (upprampningstid). Vid stopp av motorn kan även detta ske genom att succesivt minska spänningen över en specifik tidsperiod (nedrampningstid). Ofta finns det också en justerbar "kick-start" funktion som ger motorn en extra spänningskick för att få igång den innan upprampningen påbörjas. Detta är speciellt användbart i "tunga" starter.



En annan ofta förekommande funktion är en utgång för att styra en by-passkontaktor. Funktionen för denna är att när mjukstarten fått motorn att komma upp i full drift så aktiverar utgången en kontaktor som förbikopplar mjukstarten, så att faserna har direkt kontakt med motorn. Denna funktion är speciellt viktig om man har en starkt varierande belastning kopplad till motorn, till exempel en högtrycks pump med tryckavlastning.

Startströmmen med en mjukstart blir cirka 3 gånger motorns märkström.

Inkoppling av mjukstart enligt tretrådsmodellen, med återfjädrande knappar. Kraftinkoppling för både Y (Line) och D kopplade motorer.



Fördelarna med att använda en mjukstartare i förhållande till mer traditionella startmetoder är bland annat:

- Minskat slitage och mindre belastning på motor och kraftöverföring vilket leder till lägre underhållskostnader.
- Lägre energiförbrukning.
- Låg investeringskostnad då mjukstartare är förvånansvärt billiga i inköp.
- Ökad livslängd på motorerna då påfrestningar och motorslitage minskar med minskad startström.

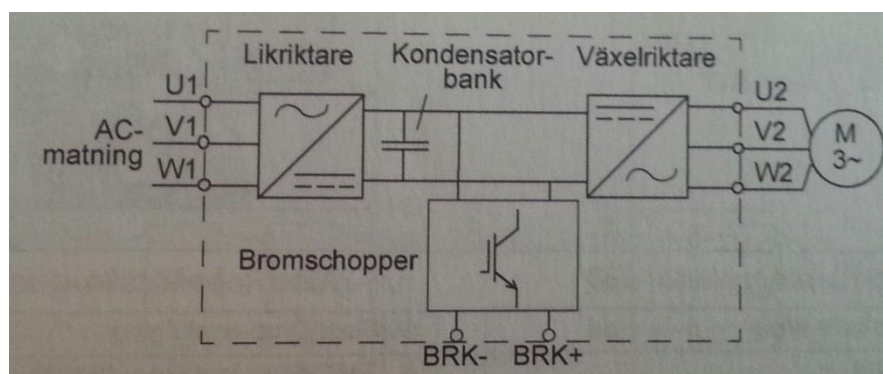
Frekvensomriktare.

Med en frekvensomriktare så får man bort asynkronmotorns enda egentliga nackdel, nämligen att den bara har en hastighet. Som vi såg tidigare så styrs asynkronmotorns varvtal av uttrycket $n_s = 120 \frac{f}{p}$ och om vi då kan variera frekvensen istället för att använda nätets fasta frekvens på 50 Hz, så har vi löst det problemet.

Precis som med mjukstarten så finns det ett stort antal utföranden och fabrikat på frekvensomriktare, så för specifika funktioner och inkopplingsanvisningar så hänvisar jag till manualen för den aktuella apparaten.

Rent allmänt kan man dock säga att frekvensomriktaren fungerar enligt principen att nätets växelspanning likriktas, buffras, och sedan växelriktas igen men med en variabel frekvens.

Blockschema enligt nedan:



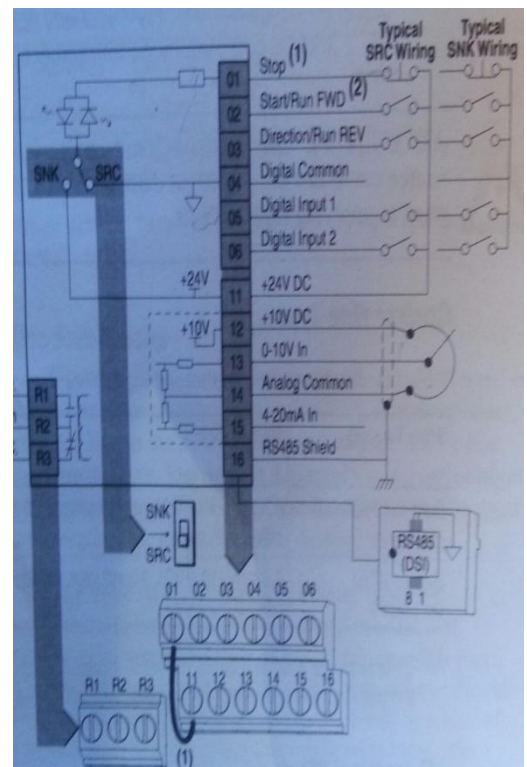
Frekvensomriktare finns för både enfas och trefas inkommande matning. Det man måste lägga märke till här är att om frekvensomriktaren matas med 1 fas, 230 V, så lämnar den också ut 230 V per fas till motorn, men med tre faser. De vanligaste motorerna, märkta "400 V Y" och "230 V Δ ", skall i detta fall D-kopplas.

Frekvensomriktare som matas med 3-fas, 400 V, lämnar ut 3-fas med 400 V spänning. Samma motor som ovan skall i detta fall Y-kopplas.

Ett typexempel på inkoppling av styrkretsen till en frekvensomformare kan ses i bilden här bredvid. Exemplet visar både SRC, styrning med +24 V, och SINK som är styrning via 0 V (digital common).

Liksom i fallet med mjukstarten så används tretrådsstyrning, dvs återfjädrande knappar används. Exemplet visar också inkoppling av yttre potentiometer för varvtalsstyrning.

Frekvensomriktaren har många olika funktioner som programmeras efter installation. För anvisningar om detta hänvisas till respektive manual.



Generella fördelar med frekvensomriktare innefattar bland annat:

- Högt startmoment
- Fullt märkmoment även vid låga varvtal
- Energibesparing, i vissa fall upp till 70%
- Möjlighet att ändra motorns varvtal

Nackdelen med de flesta frekvensomriktare är att de genererar väldigt mycket elektromagnetiska störningar och övertoner. Skärmad kraftkabel skall användas mellan frekvensomriktare och motor, och skärmen skall vara obruten hela vägen upp till frekvensomriktarens motoranslutning. Startströmmen reduceras till cirka 1.5 gånger motorns märkström.

Kontaktorer.

Vid val av kontaktorer för manövrering av elektriska apparater måste man inte bara ta hänsyn till hur stor belastningen är, utan också vilken typ av belastning som kopplas in med kontaktorn i fråga.

Hänsyn måste också tas till eventuella förekomster av övertoner som genereras av de inkopplade apparaterna, det vill säga att man i de fall man har frekvensomriktare och andra apparater som innehåller switchteknologi, också mäter upp strömmen med ett TRMS instrument. Olika driftkategorier finns definierade beroende på belastningstyp och om man använder likspänning eller växelspänning.

Tabellen nedan visar de olika driftkategorierna och ger en kort beskrivning på vilka lasttyper som respektive kategori avser.

AC Driftkategorier	
Kategori	Användningsområde
AC-1	Resistiva laster, lätt induktiva laster. Exempelvis elektriska element, elvärmeslingor utan transformator och glödljus.
AC-2	Start av släpningade motorer, reversering och motorströms bromsning. Stjärntriangelstart.
AC-3	Direktstart av kortslutna motorer, urkoppling under drift. Stjärntriangelstart.
AC-4	Direktstart av kortslutna motorer, reversering, motorströmsbromsning och joggning.
AC-15	Koppling av manöverapparater, kontaktorer, ventiler etc.
AC-20	Tillslag och frånslag utan last.
AC-21a	Koppling av resistiv last och måttlig överlast.
AC-22a	Koppling av blandad resistiv och svagt induktiv last, inklusive måttlig överlast.
AC-23a	Koppling med hög frekvens av motorer eller andra högt induktiva laster

DC Driftkategorier	
Kategori	Användningsområde
DC-1	Resistiva eller svagt induktiva kretsar.
DC-2	Shuntmotorer. Tillslag av startström och frånslag av driftström.
DC-3	Shuntmotorer. Tillslag och frånslag av startström. Framryckning, reversering och motorströmsbromsning.
DC-4	Seriemotorer. Tillslag av startström och frånslag av driftström.
DC-5	Seriemotorer. Tillslag och frånslag av startström. Framryckning, reversering och motorströmsbromsning.
DC-20	Tillslag och frånslag utan last.
DC-21	Koppling av resistiv last innehållande viss överlast.
DC-22	Koppling av resistiv och induktiv last innehållande viss överlast.
DC-23	Koppling av induktiv last.

Överlastskydd.

Överlastskydd, eller motorskydd som de också kallas, används för att förhindra att motorn överbelastas. Ofta är dessa av typen termiskt överlastskydd och består av tre bi-metallfjädrar vilka strömmen till motorn passerar. Vid överström blir dessa varma och kontakten mellan matning och motor bryts.

Val av storlek på överlastskydd styrs av motorns märkström som finns angiven på motorns märkplåt. Överlastskyddet ska ställas in på värdet för motorns märkström i de flesta fall. Undantaget är vid t.ex. en Y/D-start där överlastskyddet sitter i serie med motorlindningarna, så som det gör i huvudkretsen för den Y/D-start som tidigare visats här. I detta fall skall överlastskyddet ställas in på motorns $\frac{\text{märkström}}{\sqrt{3}}$. Om överlastskyddet läggs i matningen på en Y/D-

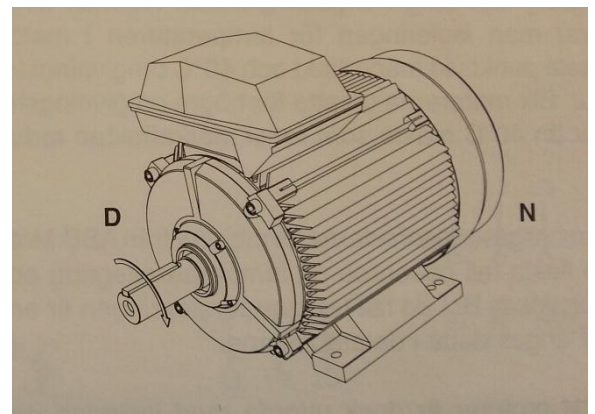


start skall det ställas in på motorns märkström.

På överlastskyddet finns hjälpkontakterna 95-96, och 97-98. **Dessa förekommer endast på överlastskydd.** 95-96 är en brytande funktion och används för att bryta styrkretsen, och 97-98 är en slutande funktion som oftast används för en indikeringslampa för att visa att skyddet löst ut.

Rotationsriktning.

Om nätet ansluts till en trefasmotors statoruttag, som är märkta U, V och W och nätets fasföljd är L1, L3, L3 så får motorn medsols rotationsriktning sedd mot D-ändan. Om motsatt rotationsriktning önskas, växlas två av de tre ledningar som är anslutna till motorn eller startapparaten



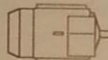
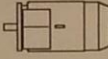
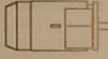
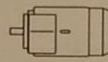
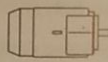
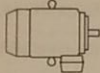
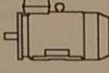
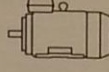
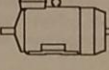
Monteringssätt.

På motorers märkskylt återfinns oftast en parameter som beskriver hur motorn monteras. Den börjar med bokstäverna IM som står för "International Mounting", följt av fyra siffror, exempelvis "IM 1001". Första siffran anger konstruktionstyp, i exemplet ovan fotmonterad motor med två lagersköldar.

Andra och tredje siffran anger monteringsätt, i detta fall horisontalt montage med fötterna neråt.

Fjärde siffran anger axelända, i detta fall en styck cylindrisk axeltapp.

Bilden nedan visar de flesta, vanligen förekommande, monteringsätten.

Kod I: Kod II:	IM B 3 IM 1001	IM V 5 IM 1011	IM V 6 IM 1031	IM B 6 IM 1051	IM B 7 IM 1061	IM B 8 IM 1071
						
Fotmotor:						
Kod I: Kod II:	IM B 5 IM 3001	IM V 1 IM 3011	IM V 3 IM 3031	*) (IM 3051)	*) (IM 3061)	*) (IM 3071)
Flänsmotor; stor fläns, frigående fästhål.						
Kod I: Kod II:	IM B 14 IM 3601	IM V 18 IM 3611	IM V 19 IM 3631	*) (IM 3651)	*) (IM 3661)	*) (IM 3671)
Flänsmotor; liten fläns, gängade fästhål.						
Kod I: Kod II:	IM B 35 IM 2001	IM V 15 IM 2011	IM V 36 IM 2031	IM 2051	IM 2061	IM 2071
Modifierade utföranden						
Fot- och flänsmotor; med fötter, stor fläns, frigående fästhål.						
Kod I: Kod II:	IM B 34 IM 2101	IM 2111	IM 2131	IM 2151	IM 2161	IM 2171
Fot- och flänsmotor; med fötter, liten fläns, gängade fästhål.						
Kod I: Kod II:	IM 1002	IM 1012	IM 1032	IM 1052	IM 1062	IM 1072
Fotmotor; axel med två tappar.						

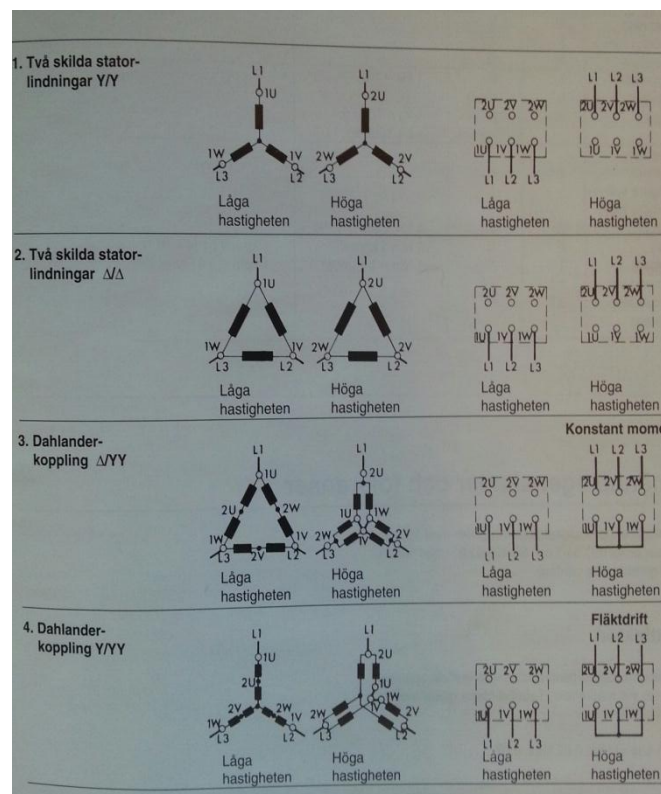
Andra motortyper.

Det finns en uppsjö av andra motortyper såsom servomotorer, linjärmotorer, allströmsmotorer (fungerar på både lik och växelspanning), universalmotorn, med flera. Dessa kommer inte att behandlas här. Däremot finns det ett par varianter på 3-fas asynkronmotorn som man kan träffa på i olika sammanhang.

Den polomkopplingsbara motorn är en av dessa. Som namnet säger så kan antalet poler kopplas om i dessa, och man skiljer på två varianter, den med två skilda statorlindningar, och den Dahlanderkopplade motorn, som har en gemensam statorlindning. Nedan schema för hur lindningarna är kopplade och för hur inkoppling skall ske.

I motorer med skilda statorlindningar kopplar man vanligtvis Δ/Δ , men även koppling som Y/Y , Y/Δ , och Δ/Y är möjliga.

I motorer med en statorlindning och Dahlanderkoppling har man vid konstant moment drift Δ/YY koppling, och vid drift av fläktar används oftast Y/YY koppling.



Källhänvisningar:

Bilder hämtade från Håkansson & Sällberg; Motorstyrning, Liber förlag, samt från ABB handböcker och manualer från Allen-Bradley i de fall det inte är egna bilder.