



Elmotorer

I denna modul ska du få kunskaper om olika elmotorers uppbyggnad och egenskaper. Vi kommer att gå i genom synkron- och asynkronmotorn, AC-servomotorn, PM-motorn, olika stegmotorer och elektroniskt kommuterade motorer.





Diagnostiskt test

Här kommer några inledande frågor.

Om du svarat fel på någon eller några av frågorna behöver du troligen en genomgång av denna modul. Börja med första kapitlet och gå sedan vidare genom hela modulen.

Du kan också välja att gå direkt till det kapitel som behövs repeteras.

Detta diagnostiska test kan köras hur många gånger som helst utan att resultatet registreras.





Diagnostiskt test



En och samma synkronmaskin kan fungera både som generator och motor.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Rotorn i en synkronmaskin kan ha permanentmagneter

- ☐ Sant
☐ Falskt





Diagnostiskt test



Rotorn i en synkronmaskin roterar med en eftersläpning.

- ☐ Sant
☐ Falskt





Diagnostiskt test



Asynkronmaskin kan användas som motor och generator.

- ☐ Sant
☐ Falskt





Diagnostiskt test



Asynkronmotorns tre lindningar ligger 90 grader
förskjutna till varandra.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Asynkronmotorns rotor finns endast som kortsluten rotor.

- ☐ Sant
☐ Falskt





Diagnostiskt test



Via släpringarna i en asynkronmotor kan vi påverka momentkurvans utseende.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Vridmomentet uppkommer i asynkronmotorn genom att magnetfälten i statorn och rotor samverkar

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Eftersom rotorn och det roterande fältet inte följs åt kallas motorn för asynkronmotor.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Eftersläpning betecknas s.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
0:10





Diagnostiskt test



Man kan varvtalsstyra en kortsluten asynkronmotor genom att ändra pöltal eller ändra frekvens.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Asynkronmotorn tillverkas normalt med poltalen 2, 4, 6, 8, 10.

- ☐ Sant
☐ Falskt





Diagnostiskt test



IM1001 betecknar elmotorns monteringssätt.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
0:13





Diagnostiskt test



IEC 90S24 anger en motors anslutningsmått.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
0:14





Diagnostiskt test



Kylmetod betecknas med IC och två kodsiffror.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
0:15





Diagnostiskt test



IP54 anger 5:an skydd mot beröring och damm. 4:an skydd mot vatten.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



En asynkronmotors motorplint har beteckningarna V1, V2, U1, U2, W1, W2.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Huvuddelarna i likströmsmaskinen är stator, rotor och kommutator.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



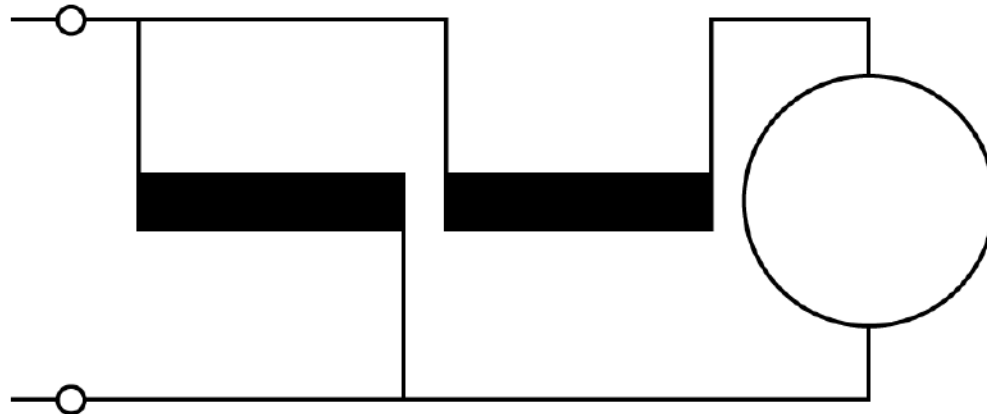


Diagnostiskt test



Principscemat föreställer en seriemotor

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Shuntmotorn matas med en spänningskälla.
Fältlindningen ligger parallellt med ankarlindningen.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Permanentmagnetiserad motor, PM-motor, är en DC-motor med permanentmagnet i stället för fältlindning.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



PM-motorn har blivit en dominerande likströmsmotor vid effekter under 1 kW.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Stegmotorn har fått sitt namn från att den tar ett roterande steg i taget.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Stegmotorn utförd som en hybridmotor är dominerande i industriella sammanhang

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Stegmotorn omvandlar analoga pulser till en stegvis rotation av motoraxeln

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test

Det diagnostiska testet är nu avslutat

Om alla frågorna är rätt besvarade, gå antingen direkt till modultestet i slutet av denna modul, eller fortsätt till första kapitlet.

Om du svarat fel på någon eller några av frågorna behöver du troligen gå igenom de olika kapitlen i denna modul. Du kan välja att gå direkt till det kapitel som behövs repeteras, eller börja från början genom att trycka på menyknappen.

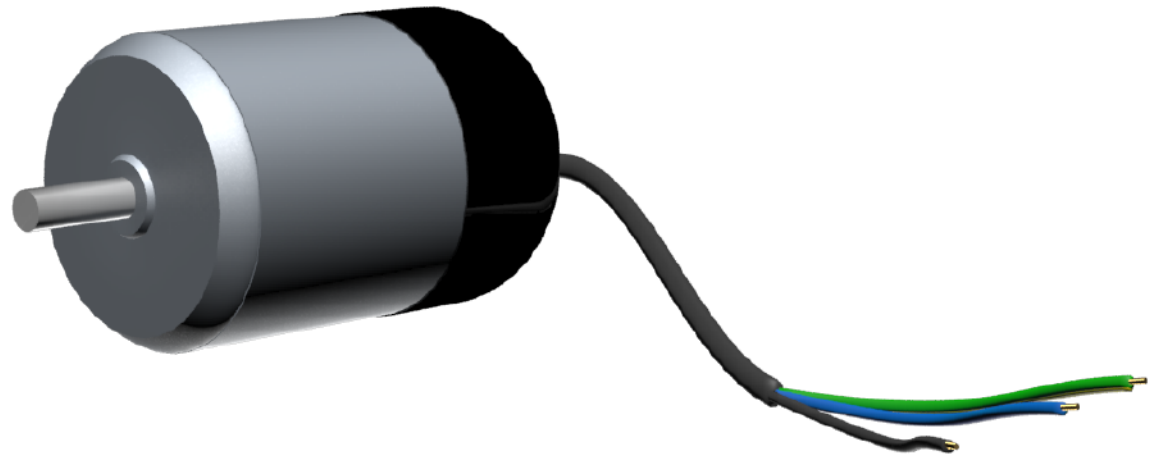
Vi rekommenderar att du börjar från början.

Du kan när du vill återvända till detta test för att kontrollera dina kunskaper.
Resultatet kommer inte att registreras.



Synkronmotorn

I detta kapitel kommer du att få kunskaper om synkronmotorn och dess användningsområde.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
1:1



Allmänt om synkronmaskin

Synkronmaskinen tillverkas som trefas- eller enfasmaskin. Maskinen kan användas både som generator och motor.

Synkronmaskinens viktigaste användning är som kraftverksgenerator. Som motor har den sin största användning vid stora effekter. Dessutom är den lämplig att användas vid stora effekter i områden med svaga nät, det vill säga nät med låg kortslutningseffekt.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
1:2



Synkronmaskinens uppbyggnad

Statorn, den stillastående delen består av en stomme uppbyggd kring ett laminerat plåtpaket. I plåtarna finns det spår i vilka statorlindningen är förlagd.

Rotorn är den roterande delen, där magnetiseringslindningen är placerad. Antingen så matas rotorn över släppringar och borstar från en likströmskälla, eller så är den permanentmagnetiserad.

Det finns även borstlösa maskiner. Då matas magnetiseringslindningen över en roterande likriktare, detta för att undvika underhåll. En borstlös synkronmaskin kan bestå av en huvudmaskin och en generator hopbyggda med gemensam axel och i samma kapsling.



Generator

När vi lär oss om magnetism i motor- och transformatorsammanhang så brukar vi lära oss detta genom att en lindning rör sig i ett magnetfält, där magneten står still och att lindningen roterar. Normalt är det tvärt om. Vi gör på detta sätt då det är enklare att förklara.

Det är alltså normalt att magneten sitter i rotorn, antingen som permanentmagnet eller att man magnetiserar den via spolar.

Som du ser, så ändras respektive pols polaritet och därmed ändras även strömriktningen.

Detta är en enkel illustration av en enfas 2-polig synkrongenerator.

Observera att spolarnas färg indikerar spänning (dvs INTE nord/syd-pol).



Dra i reglaget nedan för att ändra rotationshastigheten.

Varvtal



Generator

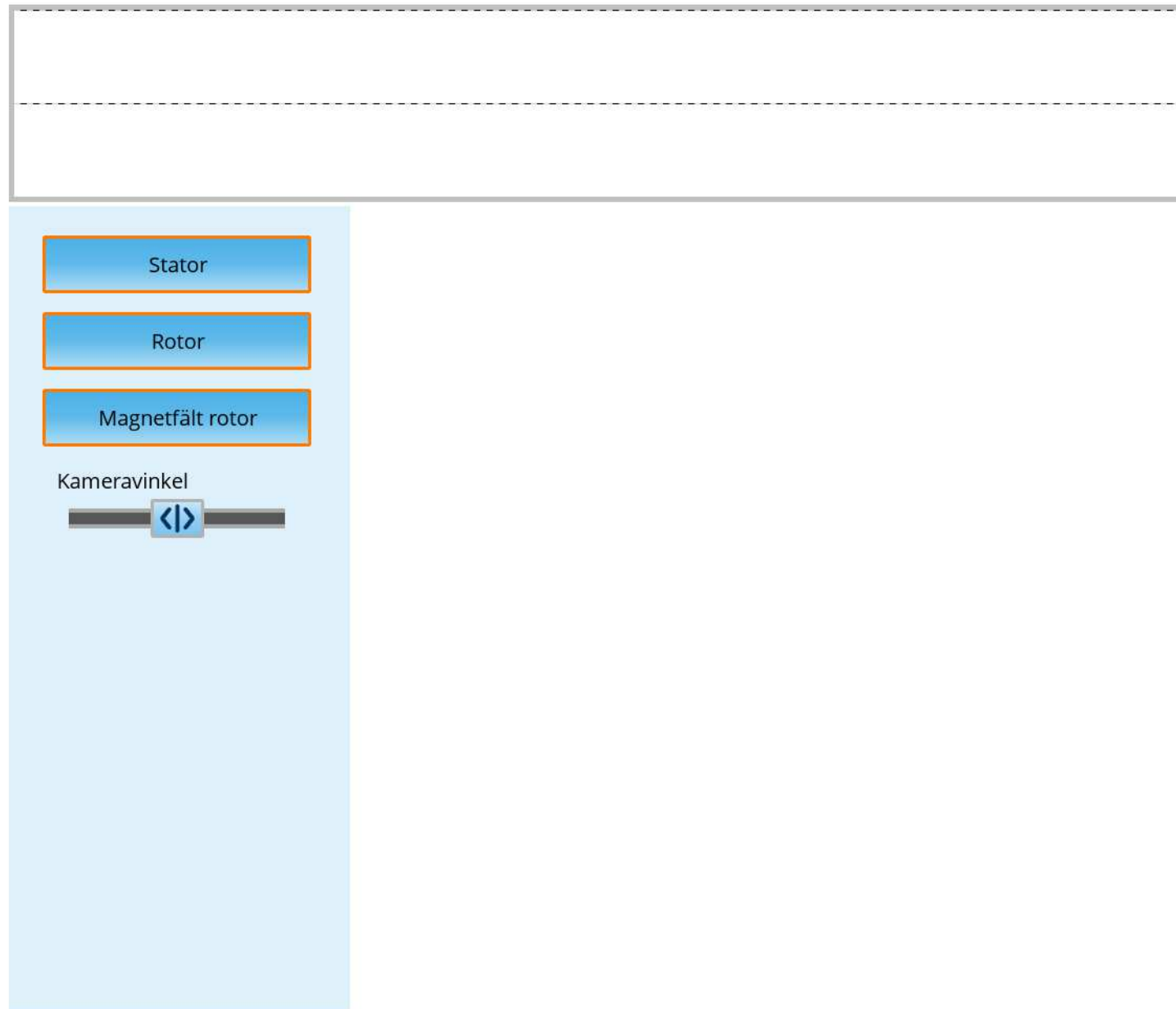
När du ändrar varvtalet ser du att frekvensen och spänningsnivån ändras.

Du kanske kommer ihåg från elläran att om jag rör en ledare genom ett magnetfält, uppkommer ett mot-emk. Storleken på emk:et beror på hur kraftigt magnetfält ledaren utsätts för samt hur hastig förändringen i magnetfältet är. Ju kraftigare magnetfält samt ju snabbare ledaren rör sig desto högre blir spänningen (emk). Frekvensen beror på hastigheten.



Du kan med knappar och dragreglage bestämma vad du vill titta på.
Prova.

Varvtal



Generator

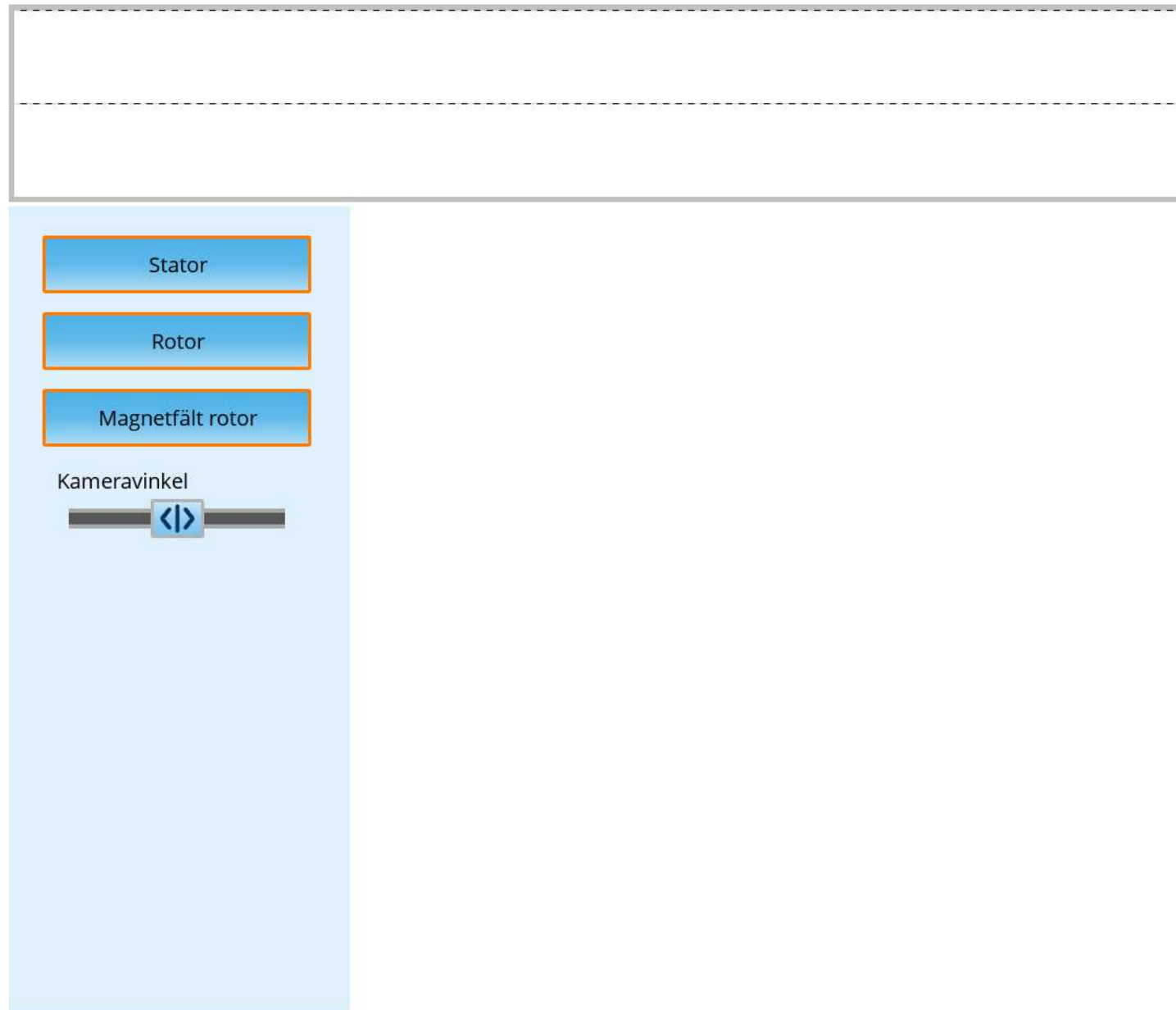
Nu stoppar vi in två lindningar till, vi får en trefas synkrongenerator.
Eftersom lindningarna mekaniskt ligger 120 grader förskjutna till varandra så blir även spänningarna 120 grader förskjutna till varandra.

Bilden visar trefasig 2-polig synkrongenerator.



Du kan med knappar och dragreglage bestämma vad du vill titta på.
Prova.

Varvtal



Magnetisering i synkronmaskin

Det finns egentligen ingen skillnad på en synkrogenerator och en synkronmotor i sin grundkonstruktion. Vid generatordrift hämtar vi in mekanisk energi till rotorn och gör om den till elektrisk energi. Vid motordrift matar vi på med elektrisk energi till statorn och hämtar ut mekanisk energi på rotorn. Statorns magnetfält i motorn visas här som ett samlat magnetfält som påverkar rotorn.

Notera att vid motordrift går strömmen på andra hållet genom spolen jämfört med generatordrift. Och det innebär att magnetfältet i rotorn är åt andra hållet i förhållande till spänningen.



Du kan med knappar och dragreglage bestämma vad du vill titta på.
Prova.

Hastighet



Magnetisering i synkronmotorn

Klicka gärna bort rotorn, för att se magnetfälten tydligare. Låt belastningen stå på noll. Som du ser så följs magnetfälten åt, vinkeln mellan dem som oftast betecknas γ är i princip 0 grader, rotationshastigheten är samma.

När vi ökar belastningen så ökar vinkel och därmed behovet av ström för att klara uppgiften att driva belastningen. Skulle vi belasta så hårt att vinkeln överstiger 90 grader så faller motorn ur fas och stannar. Vi måste då göra en omstart.

Om det hade varit en generatordrift så ligger magnetfälten omvänt förskjutna, vinkeln är då negativ. Samma sak här om vinkeln blir större än -90 grader så faller generatoren ur fas.



Du kan med knappar och dragreglage bestämma vad du vill ha.

Pr

0

Belastning

MAX



Stator

Rotor

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
1:8



Poltal

Motorerna vi hittills studerat har två magnetpoler i rotorn och två magnetpoler i statorn.

När en period på växelspänningen har passerat har dessa magnetfält roterat ett varv, dvs för 50Hz matningsspänning blir varvtalet 3 000 varv/minut.

Motorn här bredvid har i stället fyra magnetpoler i vardera rotorn och statorn. När en period på växelspänningen har passerat har dessa magnetfält endast roterat ett halvt varv. För att motorn ska rotera ett helt varv krävs två perioder på växelspänningen. Varvtalet på denna motor blir därför 1 500 varv/minut om den matas med 50Hz.

På motsvarande sätt kan man bygga motorer med ytterligare fler par av magnetpoler och ytterligare sänka motorns varvtal.



Studera den fyrpoliga synkronmotorn.

Varvtal



Funktionen hos synkronmotorn

Motorns statorlindning är ansluten till ett trefasnät, därför uppstår det ett roterande flöde/magnetfält. Rotorn kommer att rotera med exakt samma hastighet som statorns magnetfält.

Vid ökad mekanisk belastning på axeln krävs ett ökat vridande moment, detta gör att strömmen kommer att öka i statorlindningen. Rotorn kommer att ha samma varvtal som tidigare.

Eftersom rotorn alltid rör sig synkront med den inkommande trefasspänningens frekvens kallas denna motortyp för synkronmotor. Varvtalet kan ändras med nätets frekvens.

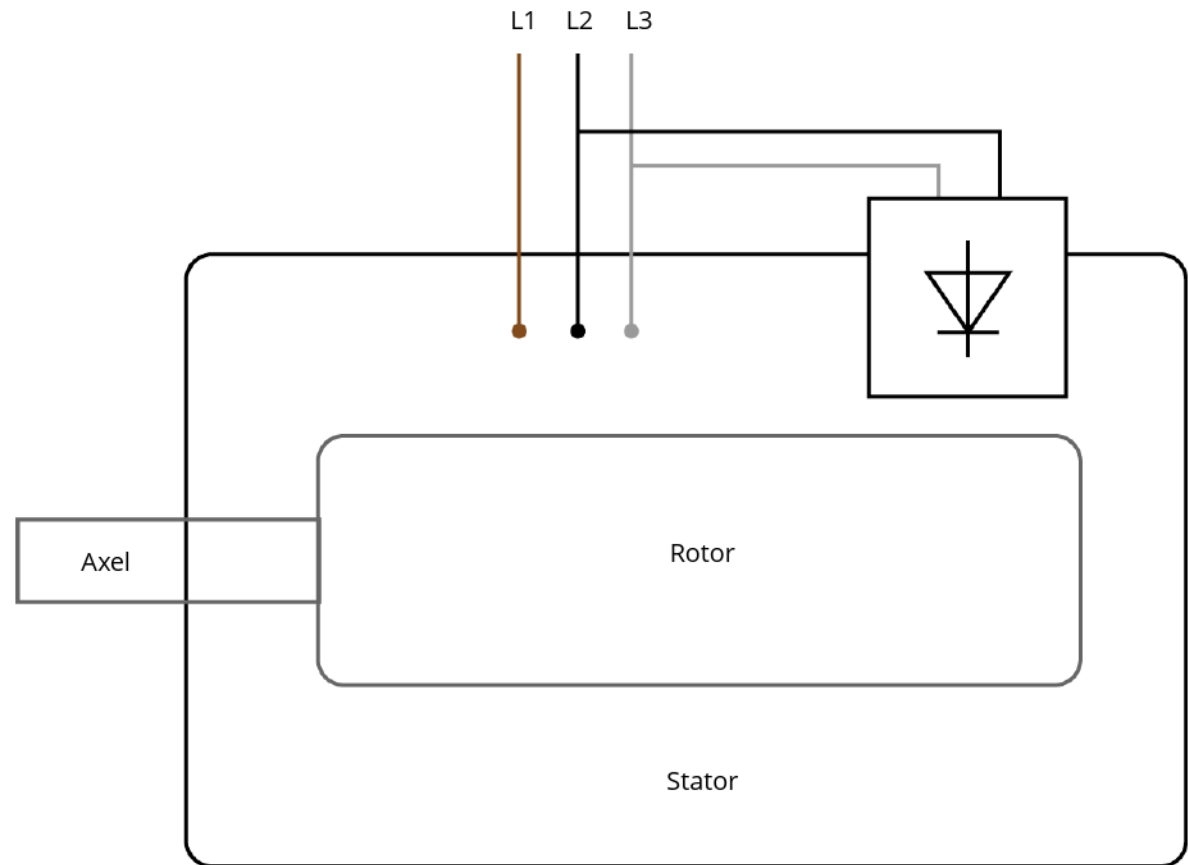
$$n_s = \frac{60 * f}{\frac{p}{2}} = \frac{120 * f}{p}$$

n_s = synkrona varvtalet i r/min

f = nätfrekvensen

p = antalet poler

$\frac{p}{2}$ = antalet polpar



Start av synkronmotorn

Metoderna för start av synkronmotorn indelas i tre olika.

- Asynkron start
- Hjälpmotorstart
- Frekvensomriktarstart

Den vanligaste och enklaste asynkrona startmetoden är direktstart som används om nätet är stabilt och den mekaniska uppbyggnaden är väldimensionerad. På grund av friktionen kommer aldrig motorn upp i det synkrona varvtalet, utan först måste rotorn likströmsmagnetiseras för att synkront varvtal ska uppnås.

Startströmmen vid direktstart blir 2 - 5 gånger märkströmmen.

Om startströmmen ger oacceptabla störningar på nätet (spänningsfall) kan startströmmen reduceras genom start med reducerad spänning. Detta görs genom att motorn matas över en starttransformator. Där ökas spänningen stegvis, detta medför att startmomentet minskar kvadratisk med spänningen.

Problemet med asynkron start är att det kan uppkomma vibrationer i det mekaniska systemet. Det finns risk för resonansfenomen.



Start av synkronmotorn

Men hjälp av hjälpmotorstart (ponnymotorstart) kan både elektriska och mekaniska problem lösas. Man undviker stora spänningsfall, resonansfenomenen och vibrationerna.

Nackdelen är att varje synkronmotor kräver en hjälpmotor. Varje hjälpmotor kräver en koppling så att man kan frångilja efter start. Dessutom måste hjälpmotorn klara startmomentet.

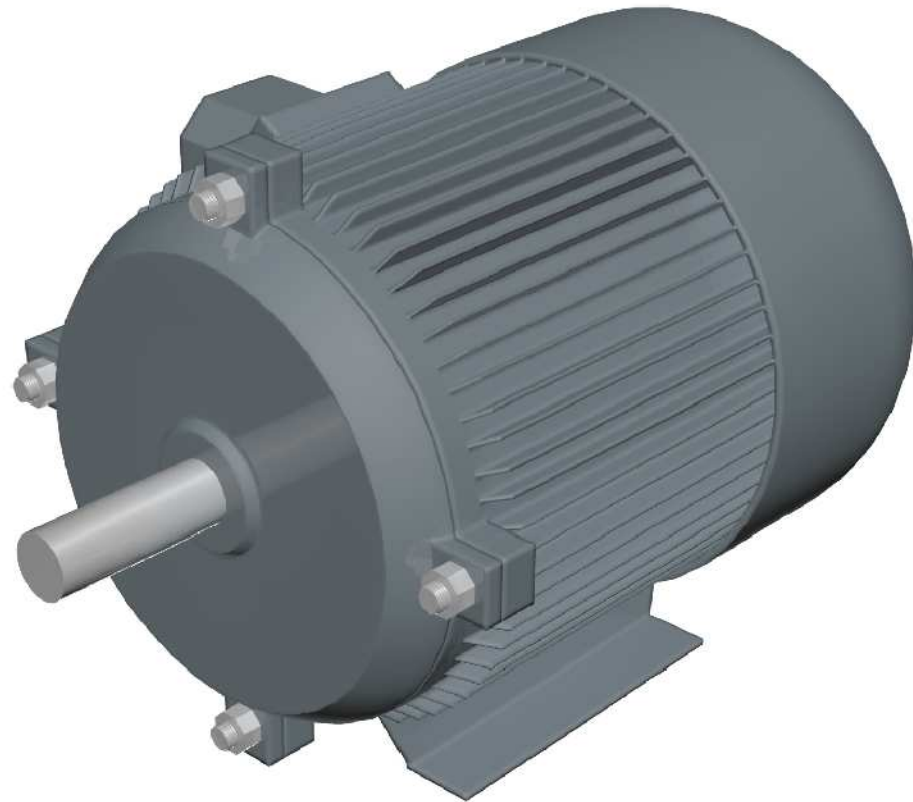
Vid frekvensomriktarstart matas motorn under starten av en frekvensomriktare. Spänningen är proportionell mot frekvensen. Rotorlindningen är inkopplad från start. När spänningen och frekvensen ökar så ökar rotorns varvtal. Efter start kopplas omriktaren bort och matningen sker direkt från nätet. Startströmmen är låg och man undviker stora spänningsfall, resonansfenomenen och vibrationerna.

I de flesta tillämpningar är behovet av större startmoment lågt.



Asynkronmotorn

I detta kapitel kommer du att få kunskaper om asynkronmotorn och dess användningsområde.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
2:1

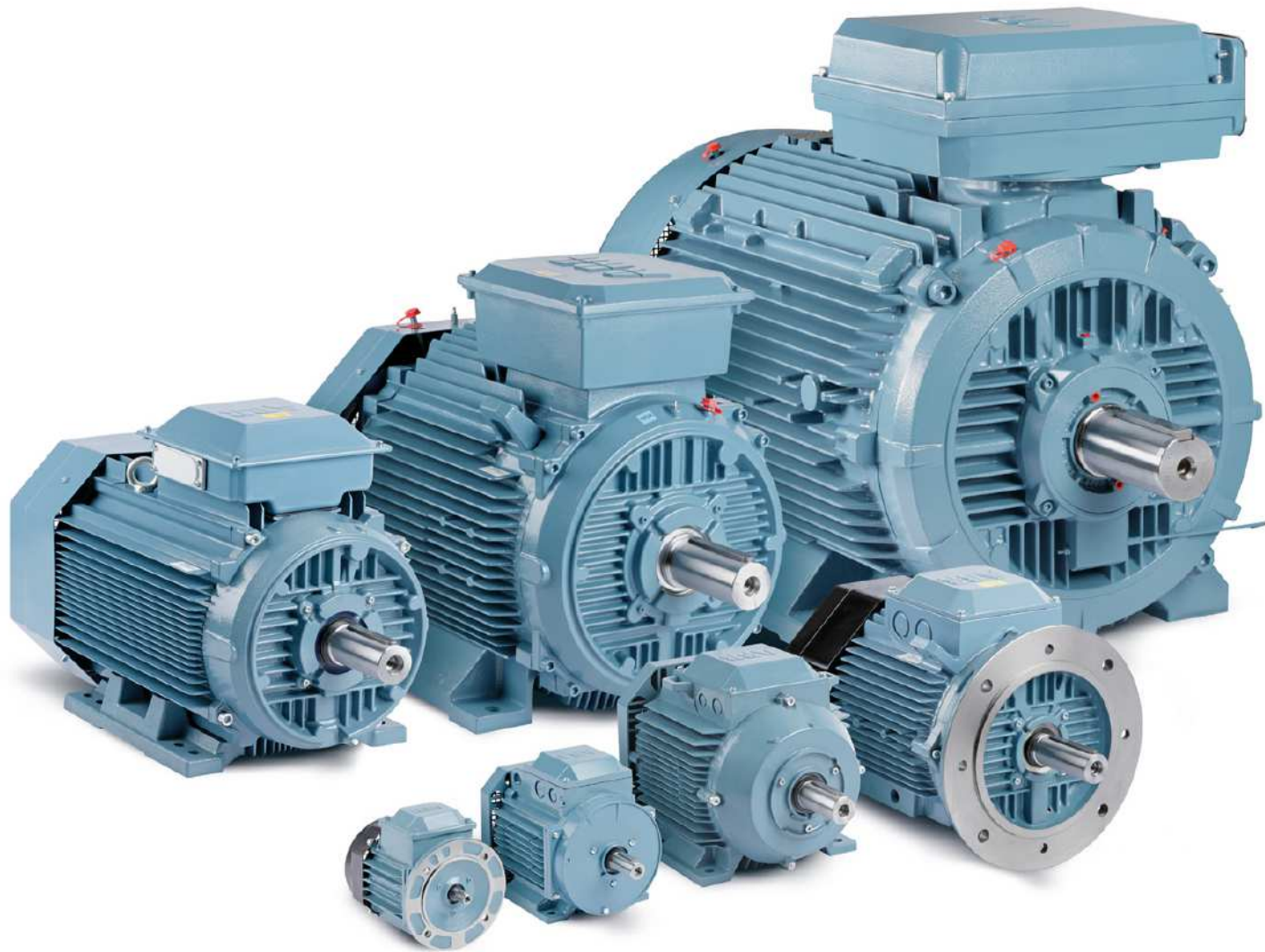


Allmänt om asynkronmaskin

Asynkronmaskinen utförs som trefas- eller enfasmaskin. Den kan användas både som motor och generator. Vanligast är att använda den som motor.

Asynkronmotorn förekommer i storlekar från några watt till tusentals kilowatt.

Den är mycket vanlig i alla världsdelar och därför har man skapat internationella tekniska standarder om viktiga standardmått, vilket gör att man enklare kan byta ut ett fabrikat till ett annat.



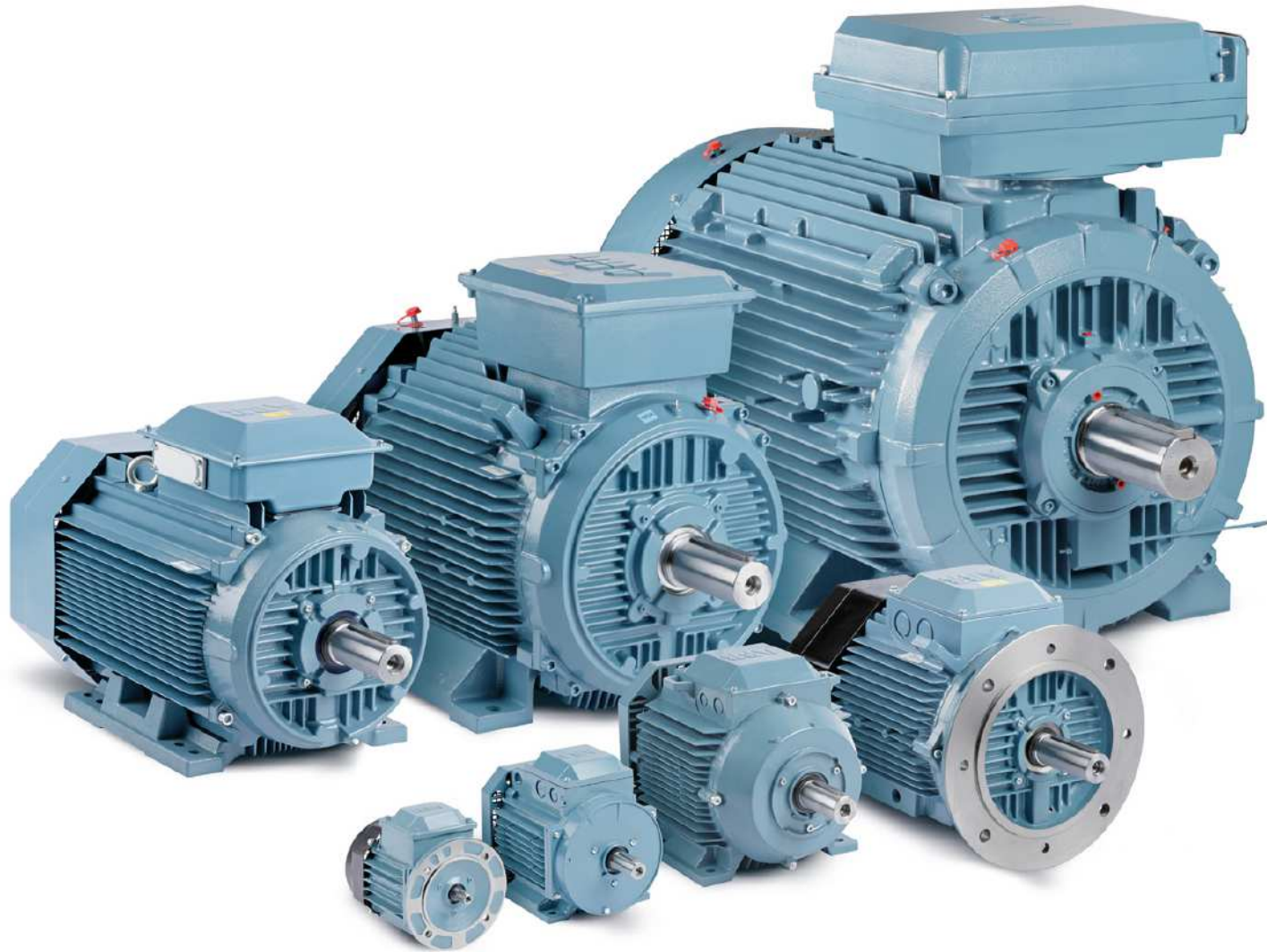
Asynkronmaskinens uppbyggnad

Asynkronmotorn består främst av ett motorblock som innehåller stator och rotor.

Statorn består av ett antal plåtar som pressats ihop till ett sk statorpaket.

I trefas växelströmsmotorer finns tre lindningar av koppar som är placerade i statorns spår. De tre lindningarna ligger 120 grader förskjutna i förhållande till varandra. Ändarna på lindningarna är anslutna till motorplinten.

Rotorn kan ha två olika utföranden, kortsluten eller släpringad. En kortsluten och en släpringad motor har samma funktion men eftersom rotorlindningen är åtkomlig på den senare så kan momentkurvans utseende påverkas och då oftast genom att rotorkretsens resistans kan ändras.



Magnetisering i asynkronmaskin

Precis som i synkronmotorn uppkommer ett roterande flöde då ankarlindningen ansluts till trefasnätet. Detta flöde roterar med synkront varvtal enligt formel:

$$n_s = \frac{60 * f}{\frac{p}{2}} = \frac{120 * f}{p} \text{ r/min}$$

I detta och de kommande stegen kan du välja om kameran ska vara stilla eller om den ska rotera.

Alternativet Stilla under kameravinkel innebär att kameran inte rör sig.

Alternativet Motoraxel innebär att kameran roterar med samma hastighet som motoraxeln, dvs rotorn kommer att vara stilla i bilden och statorn roterar.

Alternativet Statorns magnetfält innebär att kameran roterar med det synkrona varvtalet och därmed att statorns magnetfält kommer att vara stilla i bilden.



Dra i reglaget ovan simuleringen för att ändra rotationshastigheten.

Prova att låta kameran rotera med statorns magnetfält.

Stator

Statorkärna

Rotor

Rotorkärna

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel

<|>

☒ Stilla

☐ Motoraxel

☐ Statorns magnetfält (synkront varvtal)



Magnetisering i asynkronmaskin

Klicka nu så att du endast ser rotorn. Med hjälp av kameravinkel ser du att rotorn är kortsluten (burlindad). Ibland önskar man ändra rotorlindningens resistans och då förses rotorn med släpringar som är anslutna till yttre Y-kopplade resistanser. Med hjälp av dessa kan man ändra rotorkretsens resistans och då även påverka momentkurvans utseende.

Oavsett om rotorn är kortsluten eller släpringad är funktionen den samma.

Stator

Statorkärna

Rotor

Rotorkärna

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel

<>

☒ Stilla

☐ Motoraxel

☐ Statorns magnetfält (synkront varvtal)



Magnetisering i asynkronmaskin

Klicka nu så att du ser rotor och magnetfält stator, ändra frekvensen så du får en rotation på magnetfältet. Rotorn utsätts nu för ett roterande flöde, detta flöde kommer i från statorn. Klicka nu så att du även ser stator.

Då rotorn utsätts för detta roterande flöde, induceras en spänning i rotorledarna när dessa skärs av flödet. Eftersom ledarna är kortslutna kommer ström att flyta i den slutna kretsen. Det uppkommer då även ett magnetfält skapat av rotorn.

Klicka på magnetfält rotor så att detta visas.

Synkront varvtal (elnätets frekvens)

3 000 r/min
50Hz



Stator

Statorkärna

Rotor

Rotorkärna

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel



- ☒ Stilla
- ☐ Motoraxel
- ☐ Statorns magnetfält (synkront varvtal)



Magnetisering i asynkronmaskin

Klicka nu så att du ser rotor, stator, magnetfältet stator och magnetfält rotor, ändra frekvensen så du får en rotation på magnetfältet.

Glöm inte att ändra kameravinkel.

Det flyter en ström i rotorledarna vilket ger upphov till ett magnetfält i rotorn.

Ledarna kommer då att påverkas av en kraft, som är riktad så att den vill motverka orsaken till sin egen uppkomst.

Kraften ger upphov till att rotorn börjar rotera.

Öka motorvarvtalet med reglaget.



Motorvarvtal



Synkront varvtal (elnätets frekvens)



3 000 r/min
50Hz



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
2:7



Magnetisering i asynkronmaskin

Klicka nu så att du ser rotor, stator, magnetfältet stator och magnetfält rotor, ändra frekvensen så du får en rotation på magnetfältet.

Om rotorn roterar med samma riktning och samma hastighet som statorns flöde så upphör induktionen och därmed momentet.

För att det ska uppstå ett moment så får inte statorns varvtal och rotorns varvtal vara lika, rotorn måste ha ett lägre varvtal, en så kallad eftersläpning.



Ändra statorns frekvens till märkfrekvens 50 Hz.
Titta på instrumentet som visar moment.
Instrumentet visar motorns startmoment.

Påverka sakta rotorvarvtalet, momentet är stigande tills vi har kommit till motorns maxmoment.

Efter att ha nått maxmoment så sjunker momentet ner till lastens märkmoment.

Stator

Statorkärna

Rotor

Rotorkärna

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel

<>

☒ Stilla

☐ Motoraxel

☐ Statorns magnetfält (synkront varvtal)

Moment

Motorvarvtal



3 000 r/min
50Hz

Synkront varvtal (elnätets frekvens)



Magnetisering i asynkronmaskin

Ändra statorns frekvens till märkfrekvens 50 Hz. Öka rotorvarvtalet så att vi får en liten eftersläpning. Eftersläpning s definieras som:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} * 100\%$$

Varvtalet n definieras som:

$$n = n_s * (1 - s) = \frac{120 * f * (1 - s)}{p}$$

Eftersläpningen s som normalt ligger på 3-4%.

När rotorn belastas krävs ett högre lastmoment. Då sjunker varvtalet n , alltså eftersläpningen ökar, varvid en större spänning induceras, en större ström uppkommer i rotorledarna och motorn ger ett större vridmoment.



Prova vad vridmomentet blir vid olika varvtal strax under det synkrona varvtalet.



Motorvarvtal



Synkront varvtal (elnätets frekvens)



3 000 r/min
50Hz



Magnetisering i asynkronmaskin

Tidigare har du läst att kortsluten och släpringad motor har samma funktion. Då rotorlindningen är åtkomlig i en släpringad kan momentkurvans utseende påverkas genom att rotorkretsens resistans ökas.

En ökning av rotorkretsens resistans medför att Maxmomentet inträffar vid ett lägre varvtal och att startmomentet blir högre. Det gör även att startströmmen minskar.

Även kortslutna asynkronmotorer tillverkas med något olika rotorresistans. Motorer med högre resistans har ett högre startmoment på bekostnad av en sämre verkningsgrad.



Öka R yttre och konstatera att vi ändrar startmomentet och vid vilket varvtal maxmomentet inträffar.

Yttre resistans



Stator

Statorkärna

Rotor

Rotorkärna

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel



- ☒ Stilla
- ☐ Motoraxel
- ☐ Statorns magnetfält (synkront varvtal)

Moment

Motorvarvtal



Synkront varvtal (elnätets frekvens)



3 000 r/min
50Hz



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
2:10



Asynkronmaskin enligt standard

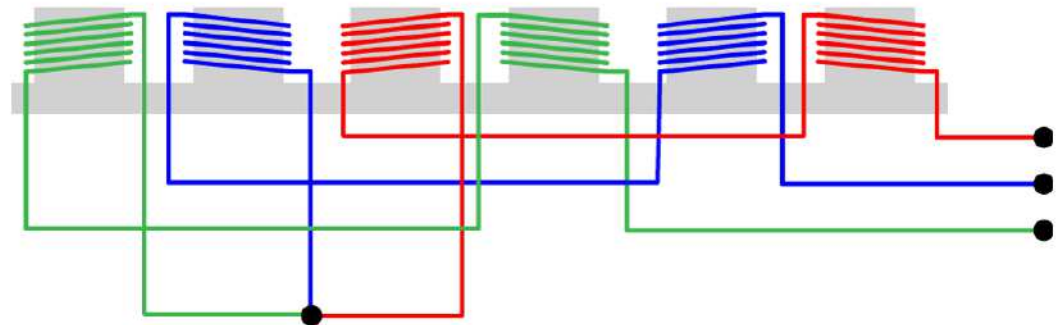
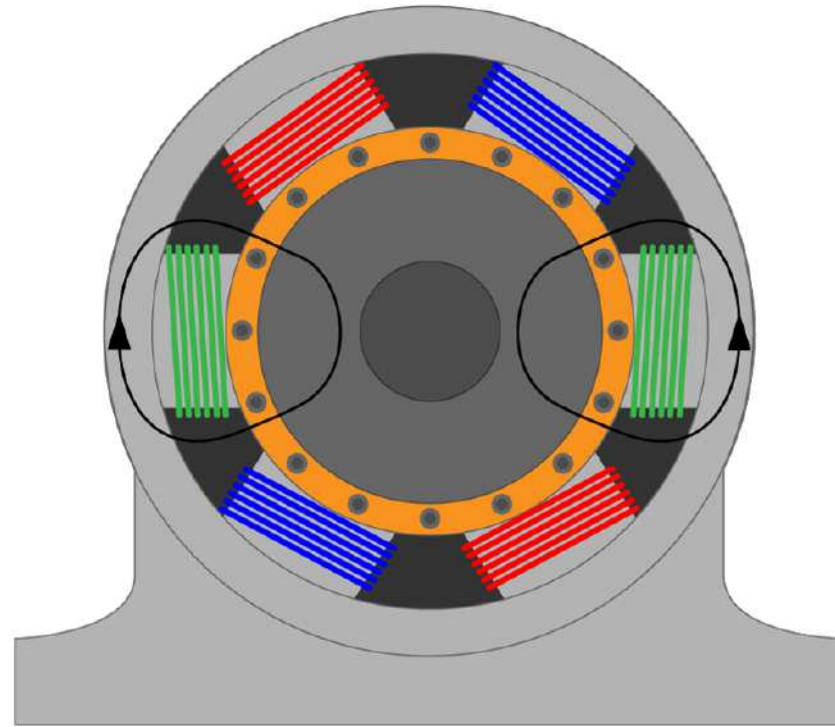
Det finns två lämpliga sätt att styra en motor, när vi tittar i formeln så ser vi att frekvensen f och poltalet p är något vi kan påverka.

$$n = n_s * (1 - s) = \frac{120 * f * (1 - s)}{p}$$

I statorn finns tre lindningar, en för varje fas. Varje lindning är upplindad på ett antal poler (nord- och sydpoler).

Motorerna tillverkas som 2-, 4-, 6-, 8- eller 10-poliga. Ju fler poler desto lägre blir varvtalet. De synkrona varvtalen blir 3 000, 1 500, 1 000, 750 eller 600 r/min. Sen reduceras varvtalet pga eftersläpningen s .

Bilden visar en trefas, 2-polig motor.

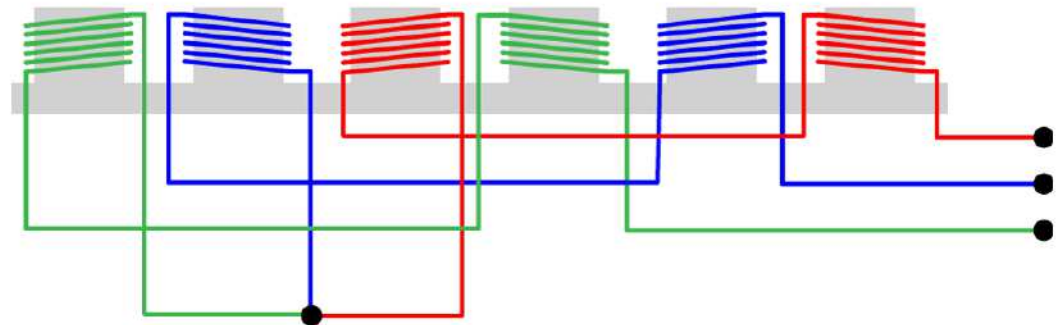
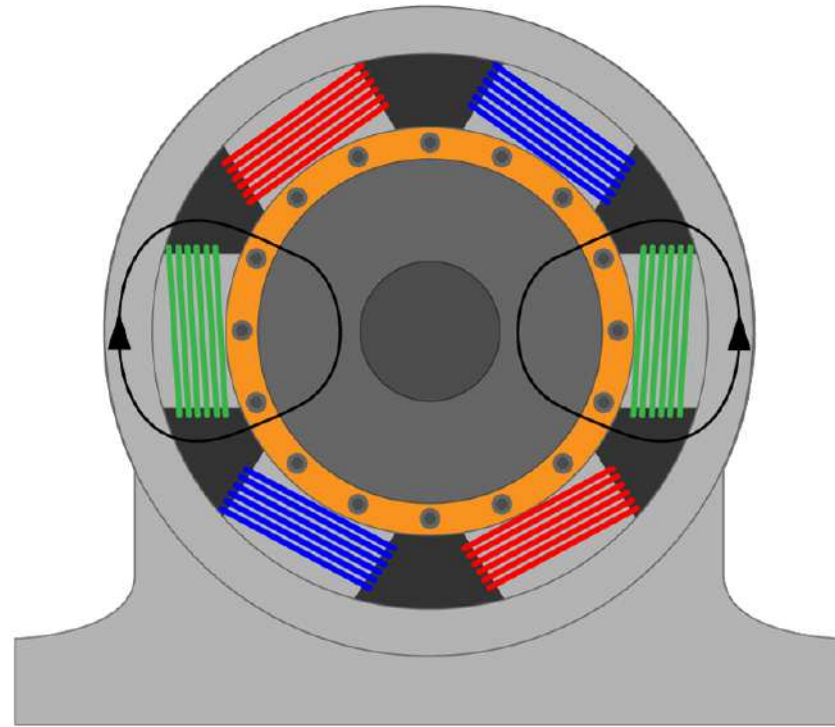


Asynkronmaskin enligt standard

På samma sätt som för synkronmotorn kan asynkronmotorn byggas med olika antal poler vilket reducerar det synkrona varvtalet på samma sätt som för synkronmotorn.

$$n = n_s * (1 - s) = \frac{120 * f * (1 - s)}{p}$$

När rotorn belastas krävs ett större vridmoment. Då sjunker varvtalet n , eftersläpningen ökar, varvid en större spänning induceras, en större ström uppkommer i rotorledarna och kraften på dessa ökar. Motorn kan då ge ett större vridmoment.



Asynkronmaskin enligt standard

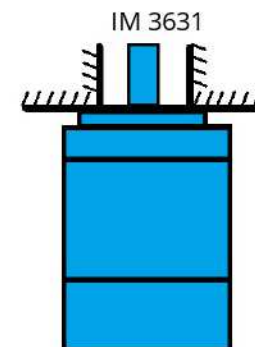
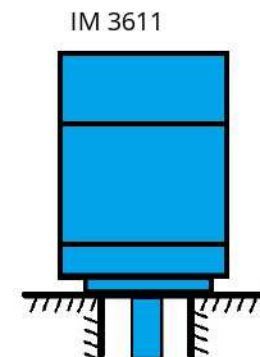
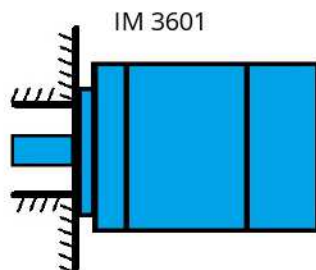
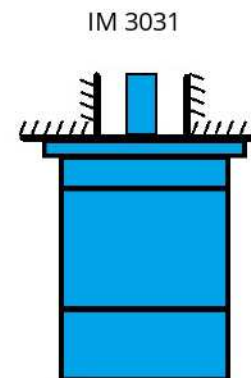
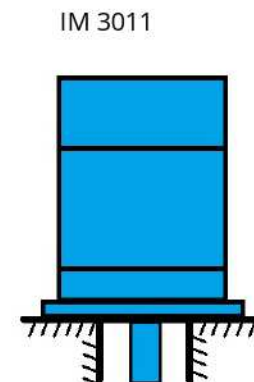
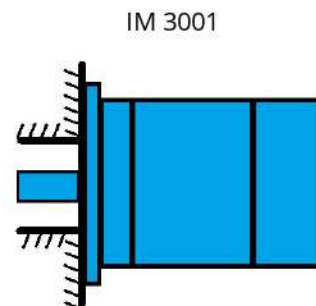
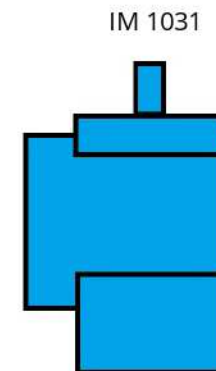
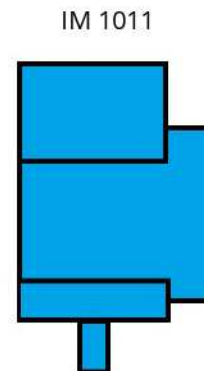
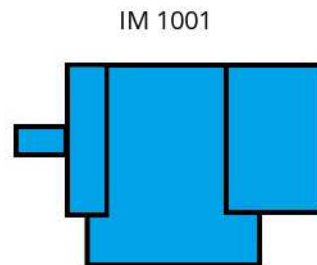
Elmotorers monteringsätt anges enligt standard med beteckningen IM och fyra siffror.

IM, International Mounting

1:a siffran Konstruktionstyp

2:a och 3:e siffran Monteringsätt

4:e siffran Yttre axeländes utförande



Asynkronmaskin enligt standard

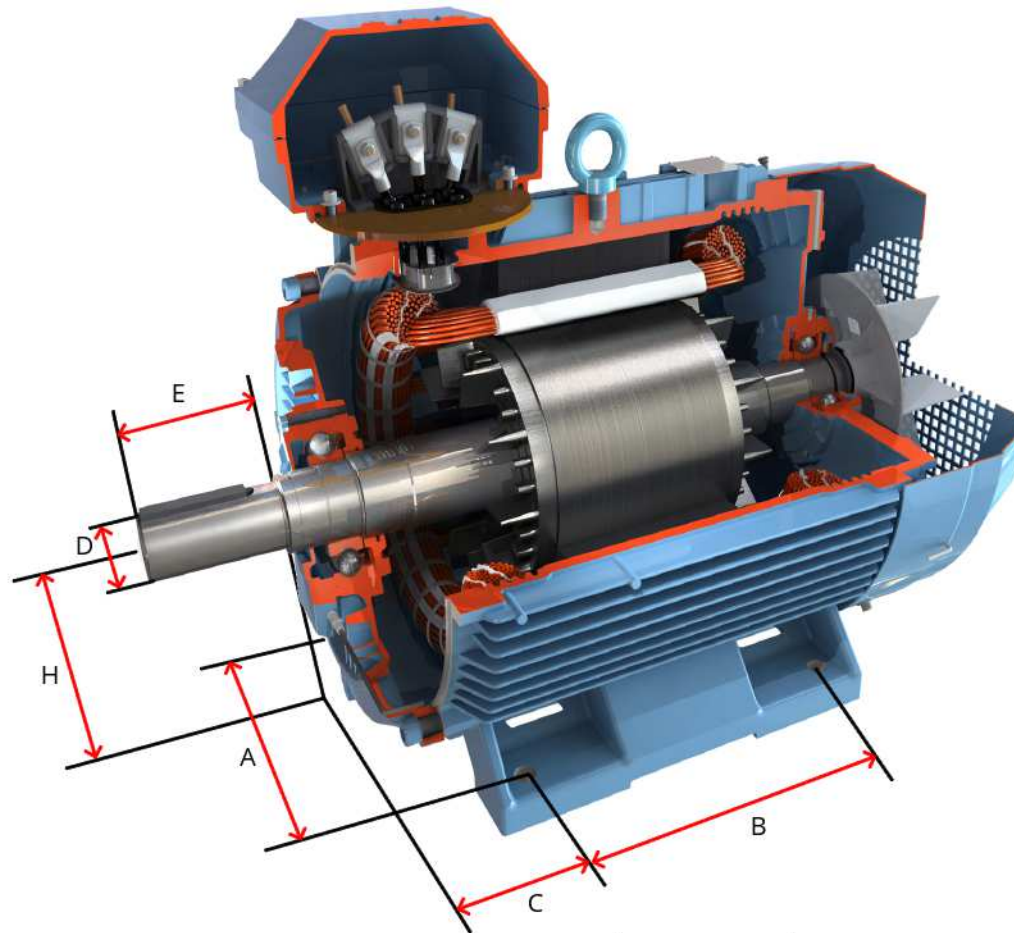
Elmotorer tillverkas med olika anslutningsmått enligt standard.

Första siffergruppen anger axelhöjden.

Bokstavskoden anger motorns längdklass.

Sista siffergruppen anger axeltappens diameter

Tabellen visar exempel på mått.



IEC-beteckning	Anslutningsmått					
	A	B	C	D	E	H
71-14	112	90	45	14	30	71
90S24	140	100	56	24	50	90
100LS28	160	140	63	28	60	100
132M28	216	178	89	38	80	132
160L42	254	254	108	42	110	160



Asynkronmaskin enligt standard

En motor tillverkas även efter olika temperaturklasser/isolationsklasser.

Klassen motsvarar den maximala temperatur som motorens lindningsisolation tål under normala driftförhållanden.

Den anges antingen med antalet grader eller med en bokstavskod enligt exempel i den övre tabellen.

Normalt sker kylning av motorn med en utvändigt kylfläkt på motoraxeln.

Andra kylmetoder kan ibland behövas t ex en separat driven kylfläkt, detta använder man ofta vid frekvensomriktardrift.

Kylmetod betecknas med IC och två kodsiffror enligt exempel i den undre tabellen.

Isoleringsklass	Omgivningstemperatur °C	Max lindningstemperatur °C
A	40	105
B	40	130
F	40	155
H	40	180

IC11	Rörtillöpp för kylluft, egenventilation
IC27	Rörtillöpp för kylluft, okopplad separat fläkt
IC31	Rörtillöpp och röravlopp för kylluft, okopplad separat fläkt
IC41	Mantelkylning, egenventilation



Asynkronmaskin enligt standard

Elektriska apparater, inte bara motorer, har en skyddsklass som kallas IP-klass (kapslingsklass). IP står för International Protection, detta följs av två siffror och eventuellt en tilläggsbokstav.

Tilläggsbokstaven används då beröringsskyddet av spänningsförande delar är bättre än vad som anges med första siffran.

Första siffran anger skydd mot beröring och damm, andra siffran anger skydd mot vatten.

Tabellerna visar exempel på skydd.

Mer att studera om IP-klassningen finns på länken:

[Länk till IP-klassning](#)

1:a siffran - skydd mot beröring och damm	
2	Skydd mot fasta föremål med diametern > 12 mm
4	Skydd mot fasta föremål med diametern > 1 mm
5	Damm med vanligen förekommande kornstorlekar
6	Damm med alla förekommande kornstorlekar
2:a siffran - skydd mot vatten	
1	Lodrätt fallande droppar
4	Strilande vatten från alla riktningar
5	Vatten sprutandes från alla riktningar
7	Nedsänkning i vatten till minst 15 cm
8	Nedsänkning i vatten till större djup



Asynkronmotorns inkoppling

Ändarna på lindningarna ligger anslutna till motorplinten. Ändarna på en och samma lindning representeras av en bokstav. U, V eller W. Vilken av ändarna det är anges med hjälp av siffrorna 1 eller 2.

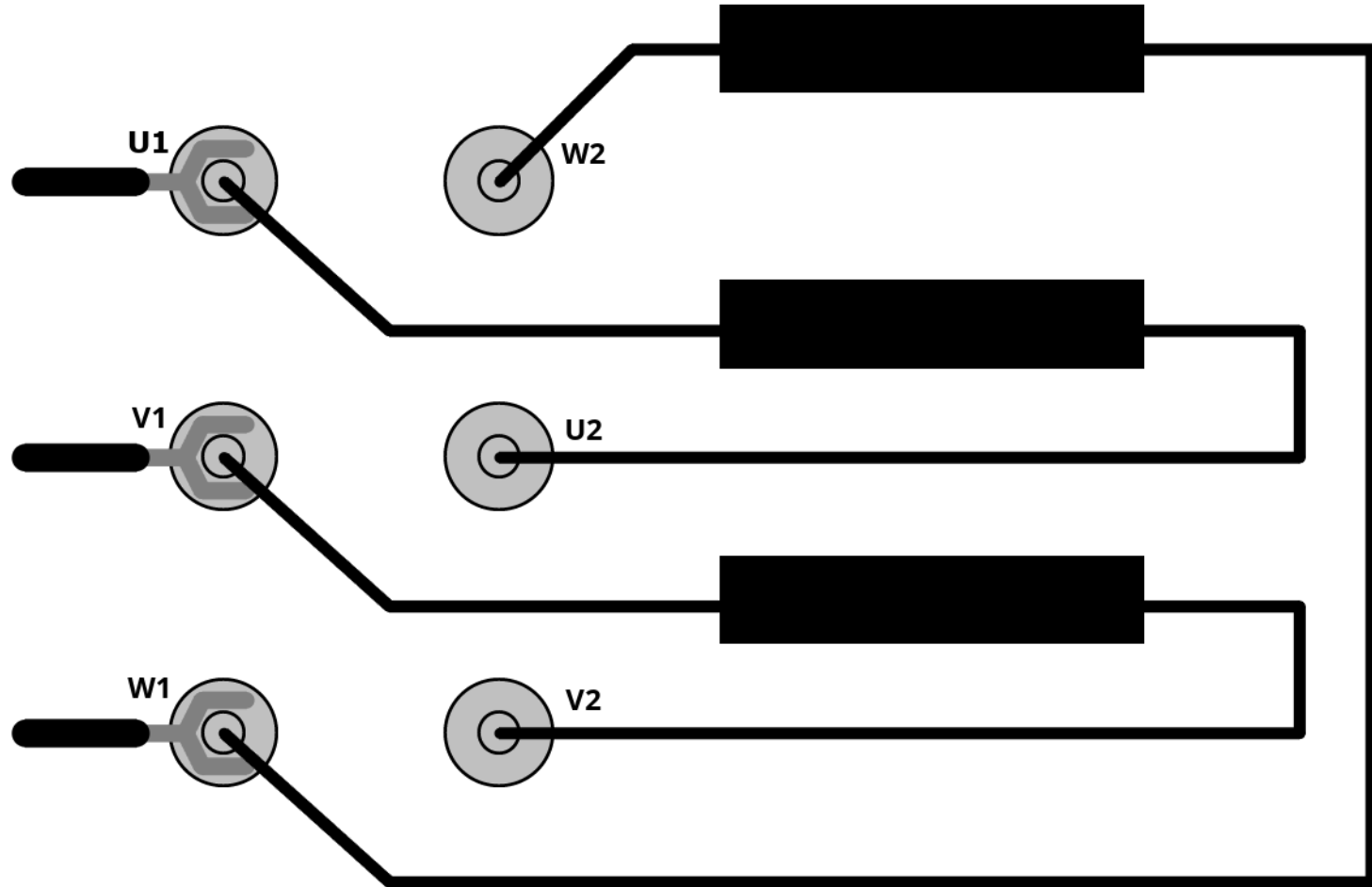
Genom att lägga blecken på olika sätt så kan vi få motorn Y-kopplad eller D-kopplad.

På märkplåten finns det angivet vilken märkspänning motorn är tillverkad för. Motorer över 4 kW har i sitt standardutförande märkspänningen 400/690 V. Då vi har som standard ett nät 230/400 V så måste motorn D-kopplas för att få rätt spänning över respektive lindning.

Hur vi styr motorer kommer vi till senare.



Test hur blecken är placerade vi Y- och D-koppling.



- ☐ Ingen koppling
- ☐ Y-koppling
- ☐ D-koppling



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
2:17



Likströmsmotorer

I detta kapitel kommer du att få kunskaper om likströmsmotorer och dess användningsområde.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
3:1



Allmänt om likströmsmaskinen

På samma sätt som växelströmsmotorn så alstrar statorn i likströmsmaskinen ett magnetiskt fält, antingen genom en statorlindning/fältlindning eller genom en permanentmagnet. Detta ger upphov till ett stillastående magnetfält.

Det finns ett antal olika likströmsmotorer:

- separatmagnetiserad
- permanentmagnetiserad
- shuntmagnetiserad
- seriemagnetiserad
- borstlös likströmsmotor



Magnetisering i likströmsmaskin

Huvuddelarna i likströmsmaskinen är stator, rotor och kommutator.

Rotorn i likströmsmotorn kallas ibland ankare och rotorlindningen för ankarlindning. För att leda ström fram till ankarlindningen överförs strömmen via kol och kommutatorn.

Statorns magnetfält har en och samma riktning över tiden. Nord till syd.

När en ankarspänning läggs på leds denna via kommutatorn till ankaret. Det uppkommer en ankarström, ju större denna är desto större blir magnetfältet från rotorn.

Statorns stillastående magnetfält och ankarets växlande strömriktning och magnetfält åstadkommer ett vridande moment på ankaret/rotorn.



Lägg på en ankarspänning och studera vad som händer med magnetfältet i rotorn och vridmomentet.

Stator

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel

<|>

☒ Stilla
☐ Motoraxel

Moment

Ankarspänning

-

0

+

<|>



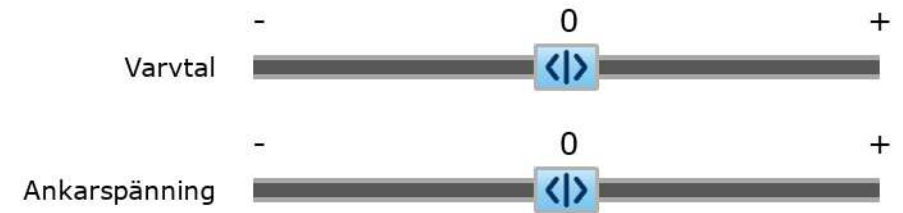
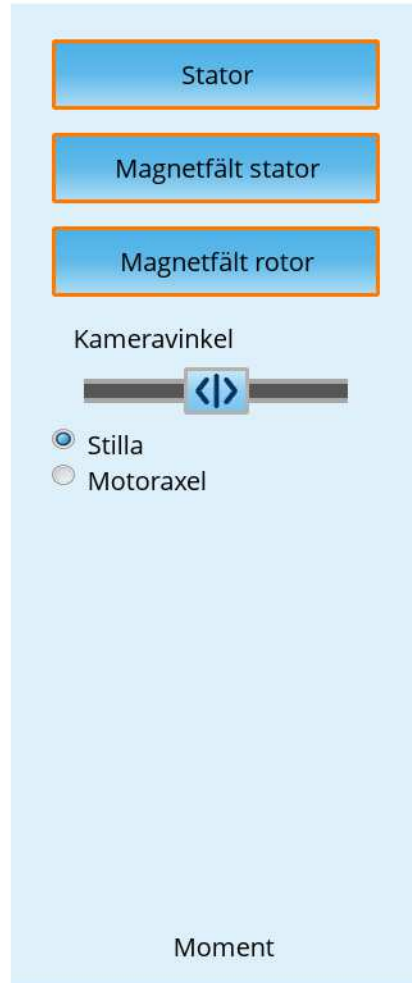
Magnetisering i likströmsmaskin

Eftersom likspänning ger ström endast i en riktning måste polariteten växlas. Detta sker med hjälp av kommutatorn. När motoraxeln har vridits en liten bit får kolen kontakt med nya delar av kommutatorn och släpper kontakten med de tidigare. På så sätt växlar spänningen i rotorn polaritet.

Magnetfältet i rotorn hålls i stort sett vinkelrätt mot statorns magnetfält hela tiden.

När rotorn börjar rotera induceras en spänning i ankaret. Ju högre rotationshastighet desto högre spänning induceras vilket motverkar ankarströmmen. När motorvarvtalet blir tillräckligt högt blir den inducerade spänningen lika stor som den pålagda och då är både ankarströmmen och vridmomentet noll.

Om varvtalet ökar ytterligare över den pålagda ankarspänningen går motorn över till generator drift.



Magnetisering i likströmsmaskin

Öka ankarspänningen.

När rotorn roterar, induceras en spänning i ledarna med en sådan riktning att den vill motverka den uppkomna rörelsen (mot-emk). Storleken på emk:et bestäms av radien på spolen, varvtalet, alltså av ledarnas hastighet. Ju högre emk desto mindre blir ankarströmmen.

Om belastningen på rotoraxel ökar så måste motorn ge ett större moment, vilket fås genom att varvtalet minskar. Då minskar emk:et, ankarströmmen ökar och även momentet.

Prova genom att dra i reglagen.

För att belasta motorn när roterar medurs ska det yttre vridmomentet vara negativt, för att belasta motorn när roterar moturs ska det yttre vridmomentet vara positivt.



Stator

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel

☒ Stilla

☐ Motoraxel

Varvtal

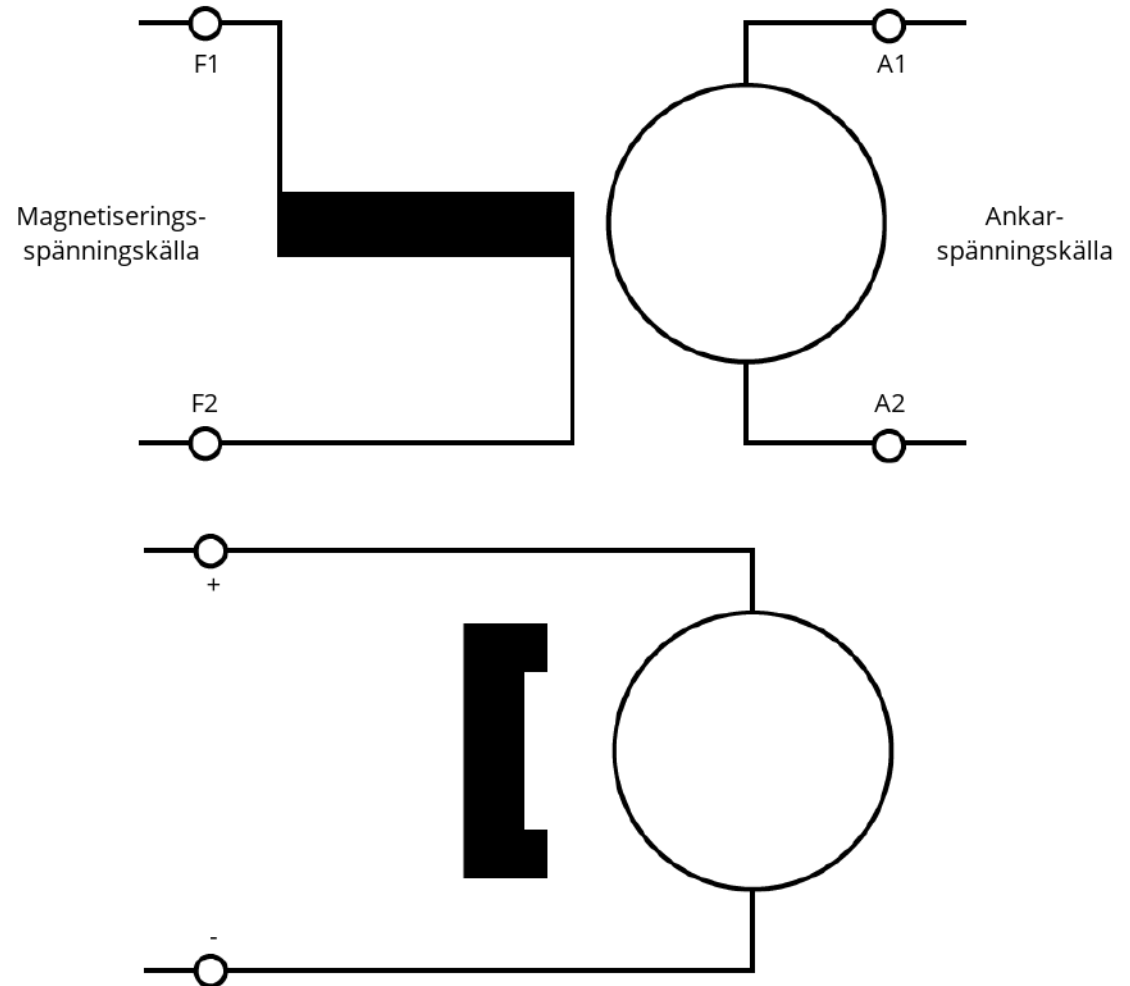
Moment



Motoralternativ för likströmsmotorn

Separatmagnetiserad motor är en DC-motor som matas med två olika spänningskällor.

Permanentmagnetiserad motor, PM-motor, är en DC-motor med permanentmagnet i stället för fältlindning.



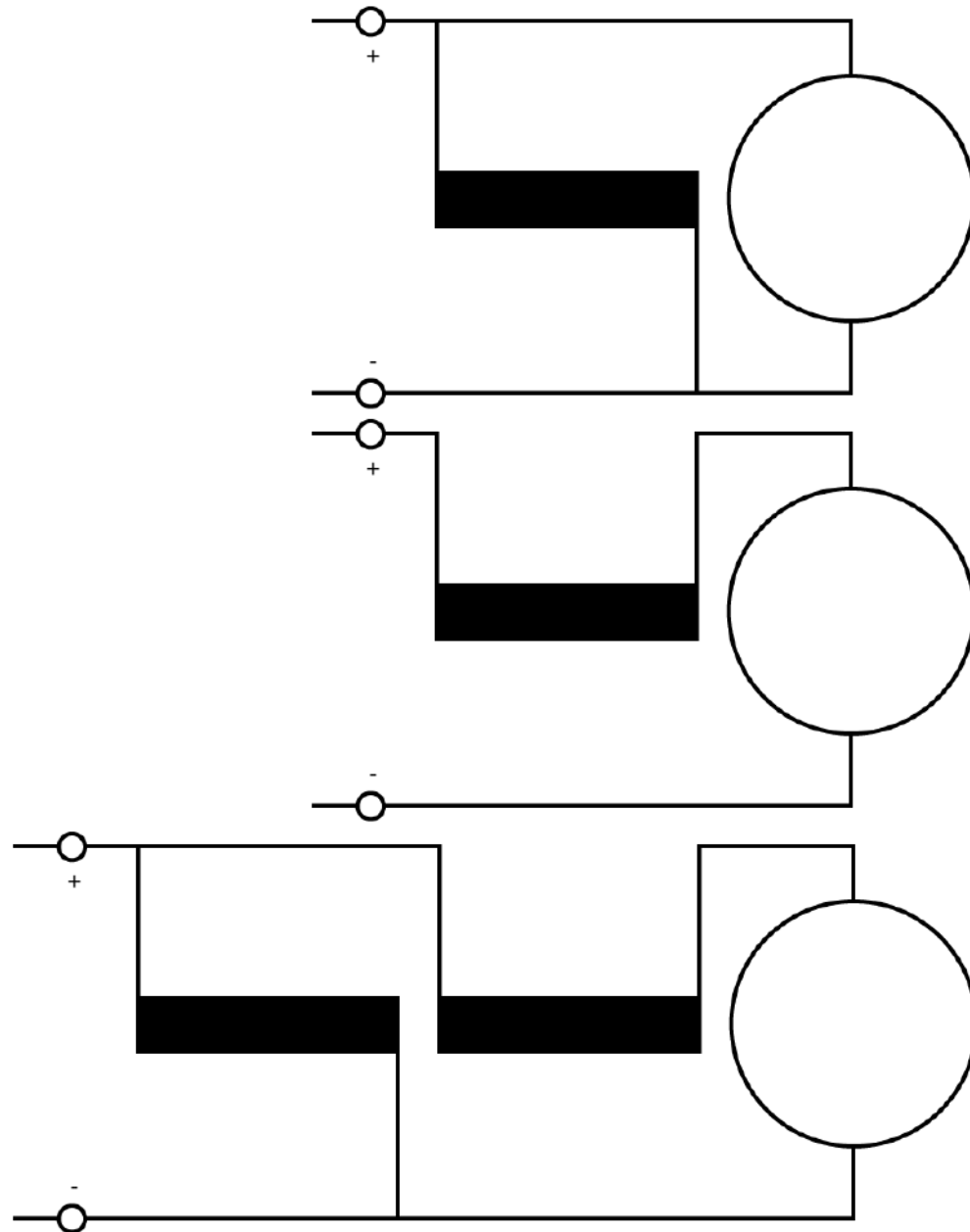
Motoralternativ för likströmsmotorn

Shuntmotorn matas med en spänningskälla.

Fältlindningen ligger parallellt med ankarlindningen.

Seriemotorn matas med en spänningskälla. Fältlindningen ligger i serie med ankarlindningen.

Kompoundmotorn är en blandning av serie- och shuntmotorn, den är byggd med två fältlindningar.



PM-motorn

Statorns magnetfält skapas i bilden av två permanentmagneter. Det kan vara fler. Det ska vara lika många som det poltal motorn ska ha.

Eftersom det inte finns någon fältlindning som förbrukar ström blir det mindre värmeförluster vilket minskar behovet av kylning. Detta gör att motorn blir mindre med lägre vikt och bättre verkningsgrad.

Kameravinkel

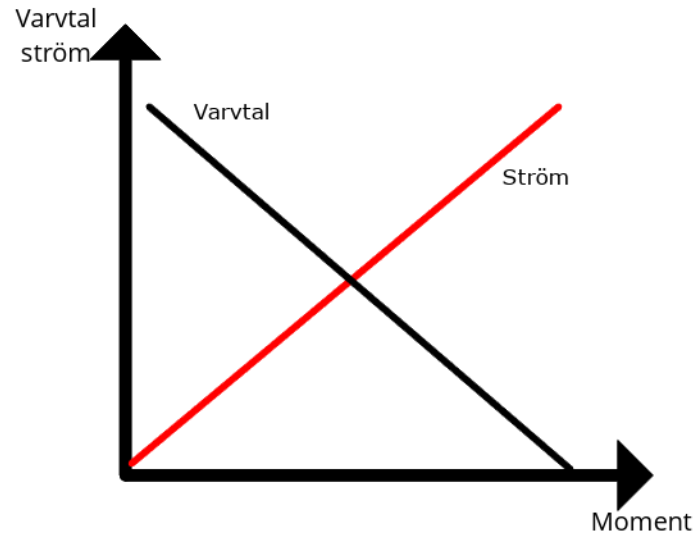


PM-motorn

Med hjälp av en resistor i serie med ankarlindningen kan spänningen och därmed strömmen regleras till ankaret.

Vid konstant spänning i en PM-motor så är varvtal och ström proportionella mot vridmomentet, detta gör att det är lättare att dimensionera både motor och övriga komponenter.

PM-motorn har blivit en dominerande likströmsmotor vid effekter under 1 kW.



Borstlösa likströmsmotorer

Nackdelen är att vi måste leda in strömmen via kolen och kommutatorn till ankaret. Detta skapar gnistbildning, mekaniskt slitage samt elektriska störningar och blir då underhållskrävande.

För att lösa delar av dessa nackdelar så har man utvecklat borstlösa motorer. En borstlös motor innehåller permanentmagneter i rotorn som drivs runt med tre spolar i statorn styrda av elektronik. Spolarna aktiveras en efter en beroende på vilken position rotorn har, för att hålla reda på rotorns position sitter ofta tre hall-element (magnetiska sensorer) monterade i statorn.

Maskinen används till exempel i lite äldre pappersmaskiner.

Denna motor kallas även för "synkronmotor" då det inte förekommer någon eftersläpning mellan magnetfälten. Det finns alltså synkromotorer både för likström och för växelström.



Här skulle borstlösa likströmsmotorer kunna användas.



Stegmotorer

I detta kapitel kommer du att få kunskaper om stegmotorer och dess användningsområde.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
4:1



Allmänt om stegmotorer

Stegmotorn består som de flesta motorer av en stator och en rotor. Den har fått sitt namn från att den tar ett roterande steg i taget.

Statorn består av stålaminat försedda med spår där ett antal kopparlindningar ligger.

Rotorn kan vara utförd på olika sätt.

- Laminerad järnkärna
- Permanentmagnet (PM)

PM-typen är enkel att tillverka och är därför billig. Den har låg effekt och relativt stora stegvinklar.

Hybridmotorn är dominerande i industriella sammanhang och finns i effektklasser upp till 3 kW. Den är lämplig vid krav på hög upplösning (200 - 500 helsteg/varv).



Foto ELFA



Stegmotorer

Stegmotorn omvandlar digitala pulser till en stegvis rotation av motoraxeln. Antalet steg är proportionellt mot antalet pulser och rotationshastigheten är en funktion av de inmatade pulsernas frekvens.

Bilden visar en enkel modell med en rotor som består av en permanentmagnet. Den har nord- och sydpol och vrids i en stator med fyra poler. Runt varje statorpol finns en lindning.

Rotorns lägen är diskreta (fasta lägen) och stabila och motorn kommer att ha stegvis rotation.



Klicka på stega medurs eller moturs, då vrids rotorn ett steg åt gången, vilket i vår motor motsvarar 90°.

Stega moturs

Stega medurs

Spole 1 +

Spole 2 +

Spole 1 av

Spole 2 av

Spole 1 -

Spole 2 -

Stator

Rotor

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
4:3a



Stegmotorer

Stegmotorn kan drivas på några olika sätt, på föregående sida var en spole åt gången till och varje gång spänningen flyttas till den andra spolen roterar stegmotorn ett helt steg.

På denna sida är hela tiden båda spolarna spänningssatta, men för att stega motorn växlar man polaritet på den ena eller den andra spolen. Med detta sätt att driva motorn blir den något varmare och drar något mer el men är i gengäld något starkare.



Klicka på stega medurs eller moturs, då vrids rotorn ett steg åt gången, vilket i vår motor motsvarar 90°.

Stega moturs

Stega medurs

Spole 1 +

Spole 2 +

Spole 1 av

Spole 2 av

Spole 1 -

Spole 2 -

Stator

Rotor

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
4:3b



Stegmotorer

Genom att växla mellan att ha en eller två spolar spänningssatta kan man få motorn att rotera i halva steg och därmed fördubbla upplösningen.

Det är även möjligt att spänningssätta spolarna med delar av matningsspänningen och därmed göra ytterligare mindre rörelser, detta kallas för microsteg men är relativt ovanligt.



Klicka på stega medurs eller moturs, då vrids rotorn ett halvt steg åt gången, i vår motor blir detta en vridning på 45°.

Stega moturs

Stega medurs

Spole 1 +

Spole 2 +

Spole 1 av

Spole 2 av

Spole 1 -

Spole 2 -

Stator

Rotor

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
4:4



Stegmotorer

Här har du möjlighet att prova spänningssättningar av stator-oken.



Klicka på knapparna nedan.

Spole 1 +

Spole 1 av

Spole 1 -

Spole 2 +

Spole 2 av

Spole 2 -

Stator

Rotor

Magnetfält stator

Magnetfält rotor

Kameravinkel



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 49

Elmotorer



Sidnummer
4:5



Många steg per varv

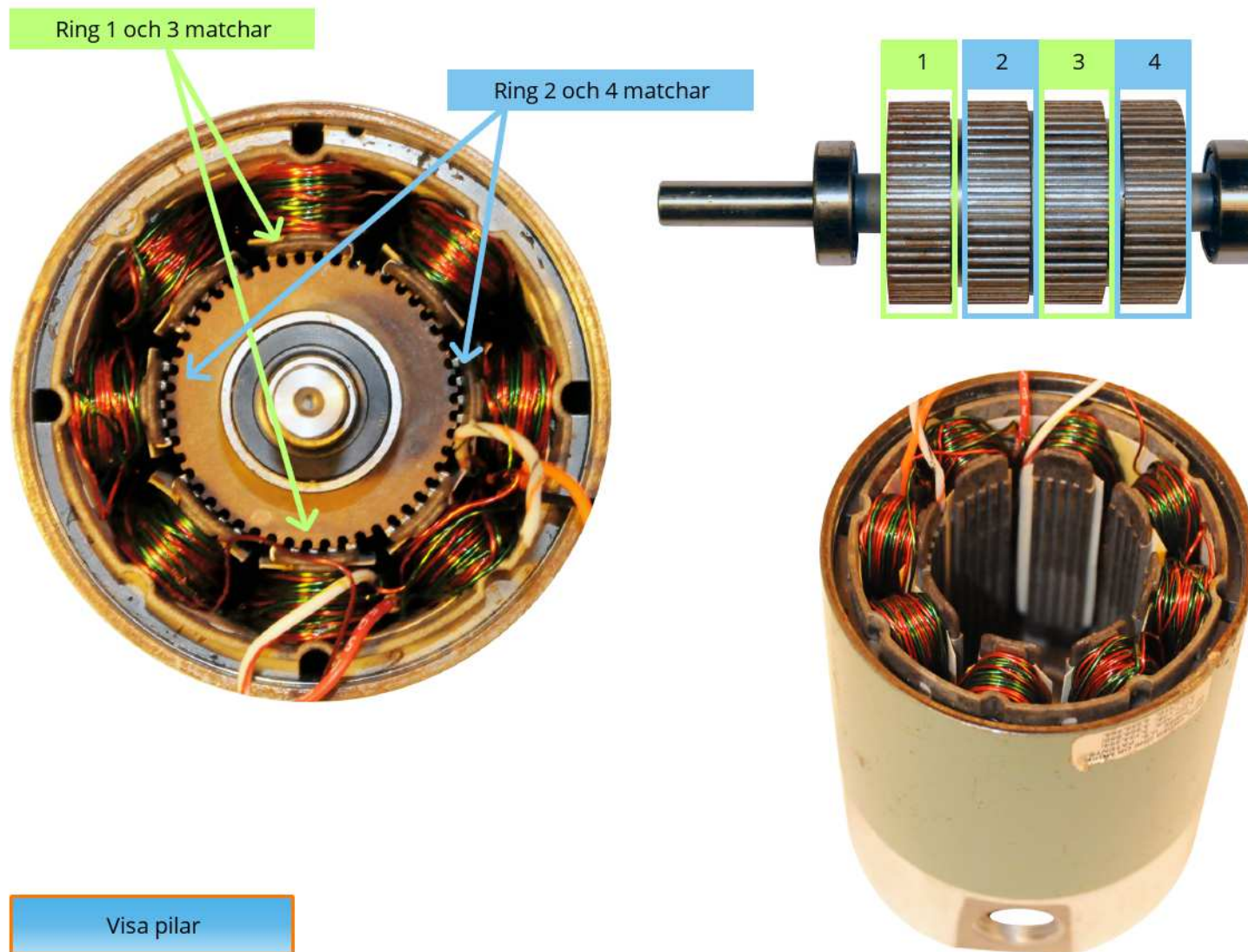
Stegmotorn på de föregående sidorna är en förenklad modell som har fyra steg per varv.

I verkligheten har en stegmotor många fler steg per varv genom en metod som liknar den för synkron- och asynkronmotorerna där flera magnetpoler gör att varvtalet kan sänkas.

Genom att magnetisera rotern längs med motoraxeln och förse den med tänder och sedan ha motsvarande tänder i statorn så blir i praktiken stegmotorn väldigt mångpolig.

Titta på fotot här bredvid. På spolen uppe och nere i bilden matchar tänderna på första och tredje ringen tänderna i statorn. På spolen till höger och vänster matchar tänderna i andra och fjärde ringen statorn. Vid de övriga spolarna matchar tänderna till hälften.

När en sådan stegmotor har rört sig fyra steg har rotern roterat motsvarande en tand. Med 50 tänder på ett varv blir det 200 steg per varv och en stegvinkel på $1,8^\circ$, vilket är ett vanligt värde.



Visa pilar



Sammanfattning

Det finns en mängd olika typer av maskiner. Den som är vanligast är asynkronmaskinen.

Asynkronmaskinen utförs som trefas- eller enfasmaskin.

Den kan användas både som motor eller generator.

Vanligast är att använda den som motor.

Asynkronmotorn förekommer i storlekar från några watt till tusentals kilowatt.

Den är mycket vanlig i alla världsdelar och därför har man skapat internationella tekniska standarder om viktiga standardmått, vilket gör att man enklare kan byta ut ett fabrikat till ett annat.

Synkronmaskinen tillverkas som trefas- eller enfasmaskin. Maskinen kan användas både som generator och motor.

Synkronmaskinens viktigaste användning är som kraftverksgenerator. Som motor har den sin största användning vid stora effekter. Dessutom är den lämplig att användas vid stora effekter i områden med svaga nät, det vill säga nät med låg kortslutningseffekt.

Likströmsmaskinen kan användas både som generator och motor, naturligtvis så är denna maskin förknippad med likströmsnät t ex som startmotor i bilar. Men när tyristor-tekniken utvecklades så kom motorn även att användas i andra sammanhang där varvtals- och hastighetsreglering var intressant t ex i tunnelbanetåg. Det går även att använda likströmsmotorn där det är krav på noggrann varvtalsreglering, t ex i valsverk och pappersmaskiner. Kraftelektroniken har gjort det möjligt att styra även likströmsmotorn.

I allt större utsträckning ersätts tyristorstyrda likströmsmotorer av frekvensomriktarstyrda asynkronmotorer.

Stegmotorn består som de flesta motorer av en stator och en rotor. Den har fått sitt namn från att den tar ett roterande steg i taget.

Statoren består av stålaminat försedda med spår där ett antal kopparlindningar ligger.

Rotorn kan vara utförd på olika sätt.

- Laminerad järnkärna (hybrid)
- Permanentmagnet (PM)

PM-typen är enkel att tillverka och är därför billig. Den har låg effekt och relativt stora stegvinklar.

Hybridmotorn är dominerande i industriella sammanhang och finns i effektklasser upp till 3kW. Den är lämplig vid krav på hög upplösning (200-500 helsteg/varv).

