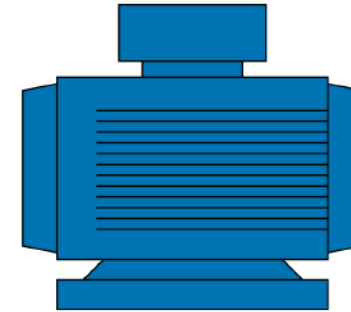
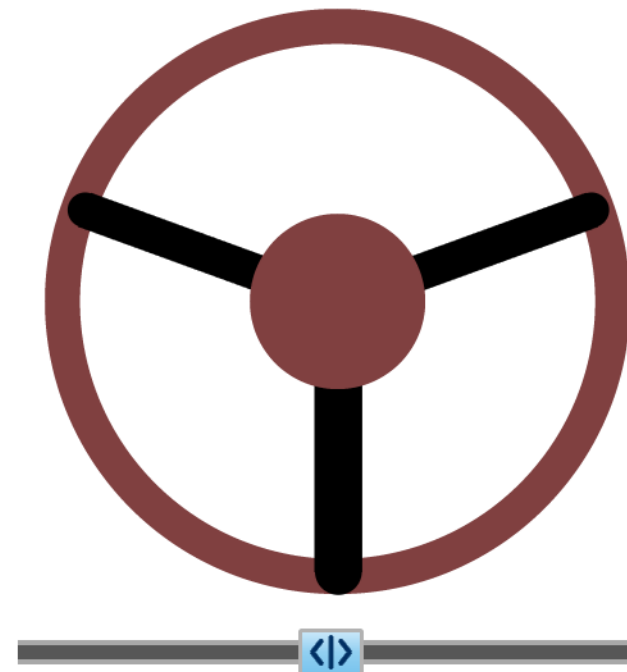




Introduktion

I denna kurs ska du lära dig olika elmotorers uppbyggnad, egenskaper samt utifrån nyckelfaktorer välja elmotorer. Du kommer även att få kunskap om vanliga systemlösningar för elmotordrivsystem, hur man energieffektiviserar med dagens teknik, hur riskanalys går till samt metoder för att mäta och åtgärda störningar i elmotordrivsystem.

Andra moment i kursen är installation av elmotordrivsystem, dimensionering av ledningar, dimensionering av remdrifter och växellådor. En viktig del i kursen är dokumentation av, felsökning i och underhåll av elmotordrivsystem.





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



Om en maskin har remdrift så kan man ändra hastigheten med hjälpa av att remskivorna har olika diameter.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Verkningsgrad = effektfaktor

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:2





Diagnostiskt test



När man säger reglering av en motor så innebär det oftast att motorn styrs till och från. Vid styrning kan varvtalet även regleras upp eller ner.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Motorklasserna har nu beteckningarna IE1, IE2 och IE3, där IE3 har högst verkningsgrad.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Energieffektivitetsklassificeringen gäller inte för motorer som uteslutande är designade för och som endast kan användas i frekvensomriktardrift.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



En motoraxel roterar tack vare att magnetfälten i statorn och rotern motverkar och utövar en mekanisk kraft till varandra som ger rotern ett vridmoment.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



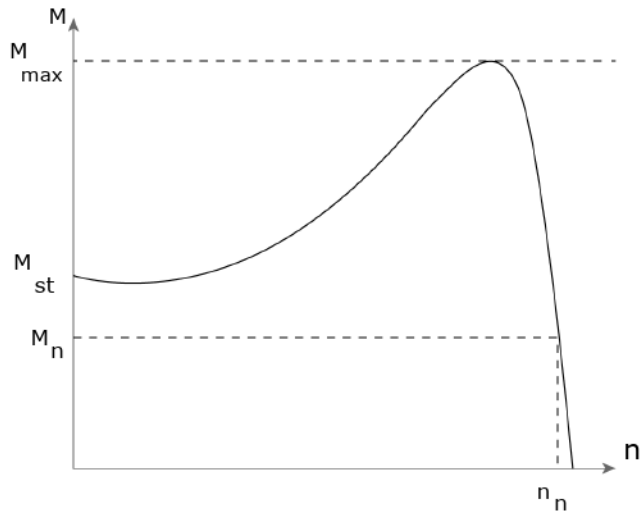


Diagnostiskt test



Diagrammet visar karakteristiken för en vanlig kortsluten asynkronmotor

- ☐ Sant
☐ Falskt





Diagnostiskt test



Enligt motorskylten kan denna motor anslutas till ett 690/400 V nät och D-kopplas.

- ☐ Sant
☐ Falskt

 IE2						
3 ~ Motor M3BP 315 SMC 4 83						
4500678913-10				2009		No. 3GF091234560001
				Ins.cl. F		IP 55
V	Hz	kW	r/min	A	cos	Duty
690 Y	50	160	1487	165	0,85	S1
400 D	50	160	1487	284	0,85	S1
415 D	50	160	1488	277	0,84	S1
IE2 - 95,6 (100%) - 95,6 (75%) - 95,1 (50%)						
Prod. cod 3GBP312230 - ADG						
				Nmax 3200 r/min		
6319/C3		6319/C3			1000 kg	
 IEC 60034-1						





Diagnostiskt test



Enligt motorskylten har denna motor en verkningsgrad 95,1% när den belastas till 50%.

- ☐ Sant
☐ Falskt

 IE2						
3 ~ Motor M3BP 315 SMC 4 83						
4500678913-10				2009		No. 3GF091234560001
				Ins.cl. F		IP 55
V	Hz	kW	r/min	A	cos	Duty
690 Y	50	160	1487	165	0,85	S1
400 D	50	160	1487	284	0,85	S1
415 D	50	160	1488	277	0,84	S1
IE2 - 95,6 (100%) - 95,6 (75%) - 95,1 (50%)						
Prod. cod 3GBP312230 - ADG						
					Nmax 3200 r/min	
6319/C3		6319/C3			1000 kg	
 IEC 60034-1						





Diagnostiskt test



Magnetism uppstår där det finns elektroner i rörelse?

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:10





Diagnostiskt test



När en ledare förs in i ett magnetfält induceras en spänning i ledaren?

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



EMK är förkortning av elektromagnetisk kraft?

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:12





Diagnostiskt test



Sambandet mellan periodtid och frekvens lyder:

$$T = 1 / f$$

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:13





Diagnostiskt test



Skillnaden mellan en växelströmsgenerator och en likströmsgenerator är att strömmen har samma riktning ut från en likströmsgenerator men växlar riktning ut från en växelströmsgenerator.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Ju starkare ett magnetfält är eller ju fler varv som ledaren har desto högre blir spänningen.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Desto högre strömmen är desto mindre blir magnetfältet.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:16





Diagnostiskt test



Genom att ledaren är böjd till en slinga kommer alla fältlinjer att vara riktade åt samma håll.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:17





Diagnostiskt test



En kommutator i en likströmsmotor används för växling av strömriktningen genom ankarlindningen.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:18





Diagnostiskt test



Statorn är en rörlig motordel.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:19





Diagnostiskt test



Y-koppling och stjärnkoppling är samma sak.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:20





Diagnostiskt test



Vid Y-koppling finns både fas- och huvudspänning.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:21





Diagnostiskt test



Vid D-koppling finns endast huvudström.

- ☐ Sant
- ☐ Falskt



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:22





Diagnostiskt test



Vid Y-koppling gäller:

$$U_f = \frac{U_H}{\sqrt{3}}$$
$$I_f = I_H$$

- ☐ Sant
- ☐ Falskt





Diagnostiskt test



Vid en D-koppling gäller:

$$U_H = U_f * \sqrt{3}$$

$$I_H = I_f$$

- ☐ 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.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
0:25



Introduktion

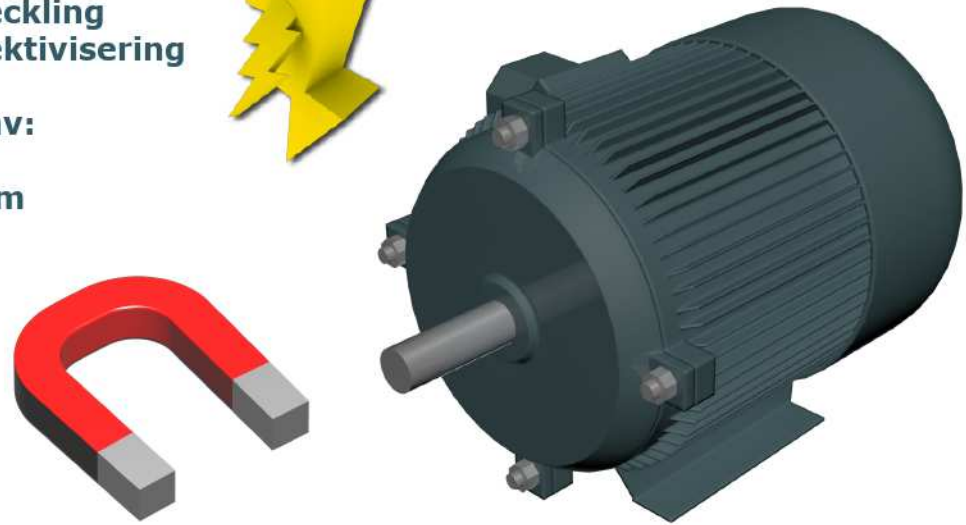
I denna modul ska du få en övergripande bild av Elmotordrivsystem.

Du kommer att gå igenom lite motorhistorik, motorutveckling och energieffektivisering samt en repetition av ellära och magnetism.

- **Motorhistorik**
- **Motorutveckling**
- **Energieffektivisering**

Repetition av:

- **Ellära**
- **Magnetism**



Ämnet

Kursen elmotordrivsystem är en del av ämnet Automationsteknik.

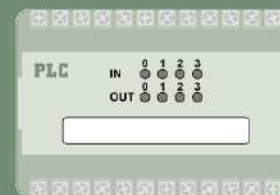
Utöver denna kurs, så består också ämnet av kurserna Allmän automationsteknik, Fastighetsautomation 1 och 2, Industriautomation, Avhjälpande och förebyggande underhåll samt robotteknik.

Vissa av dessa har du kanske redan läst.

Elmotordrivsystem



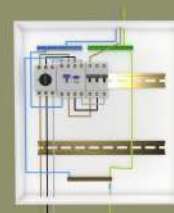
Allmän automationsteknik



Fastighetsautomation



Industriautomation



Robotteknik



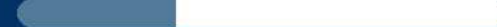
Kursens uppbyggnad

Denna kurs är anpassad till Skolverkets kursplan för kursen. Dock bör LearnWARE kompletteras med verkliga laborationer för att man ska täcka alla delar fullt ut.

Här bredvid finns det centrala innehållet.

Undervisningen i kursen ska behandla följande centrala innehåll:

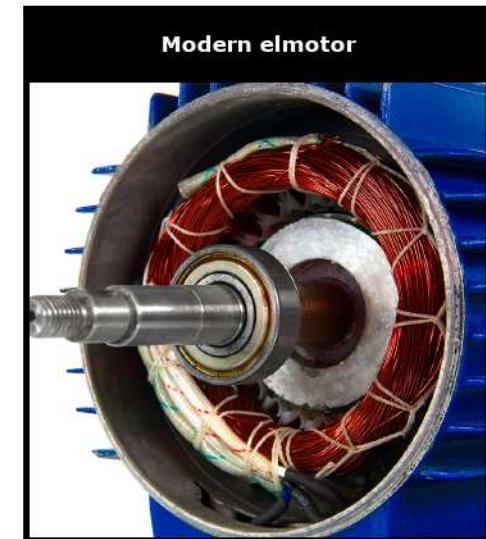
- Olika elmotorers uppbyggnad och egenskaper, till exempel asynkronmotorn, AC-servomotorn, synkronmotorn, PM-motorn, olika stegmotorer och elektroniskt kommuterade motorer.
- Vanliga systemlösningar för elmotordrivsystem, till exempel modulära PLC med färdiga funktionsblock.
- Dimensionering av elmotorer och mekanik utifrån nyckelfaktorer, till exempel utväxling, tröghetsmoment, varvtal, moment och ström.
- Energieffektivitet hos elmotorer med ekodesignförordningen.
- Riskanalys av elmotordrivsystem i anläggning.
- Standarder, bestämmelser, begrepp och säkerhet inom området, till exempel maskindirektivet.
- Metoder för att mäta och åtgärda övertoner och reaktiva effekter i elmotordrivsystem.
- Metoder för att mäta hastighet och position hos olika elmotordrivsystem med till exempel takometer, resolver och olika pulsgivare.
- Metoder för att positionera samt styra eller reglera hastighet och moment för olika elmotortyper.
- Konfigurering av elmotordrivsystem för varvtalsreglering av elmotorer.
- Installation av elmotorer med tillhörande skyddsanordningar.
- Installation av elmotordrivsystem.
- Val av ledningar och jordningar med hänsyn till störningar, lagerströmmar och olika miljöer.
- Dokumentation av elmotordrivsystem.
- Informationsteknik och fältbussar i elmotordrivsystem, till exempel CAN-buss (controller area network) med informationsutbyte mot överordnat system och AS-i (Actuator Sensor Interface) som kontrollerande säkerhetsbuss.
- Driftsättning, felsökning, felavhjälpning och underhåll av olika elmotordrivsystem med tillhörande skyddsanordningar.



Elmotor och drivning

I denna modul ska du få en övergripande bild av kursen Elmotordrivsystem.

Du kommer att gå igenom lite motorhistorik, motorutveckling och energieffektivisering samt en repetition av ellära och magnetism.

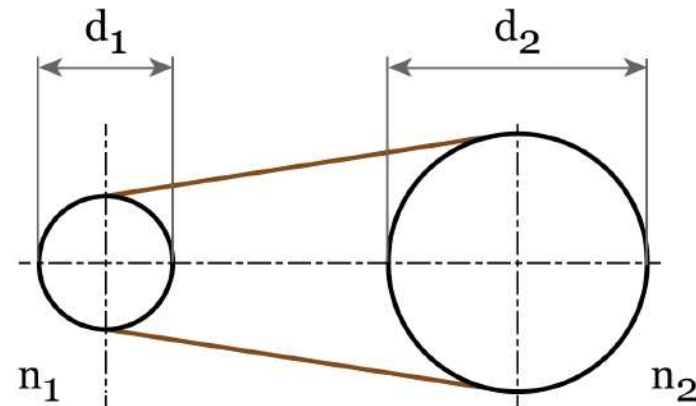
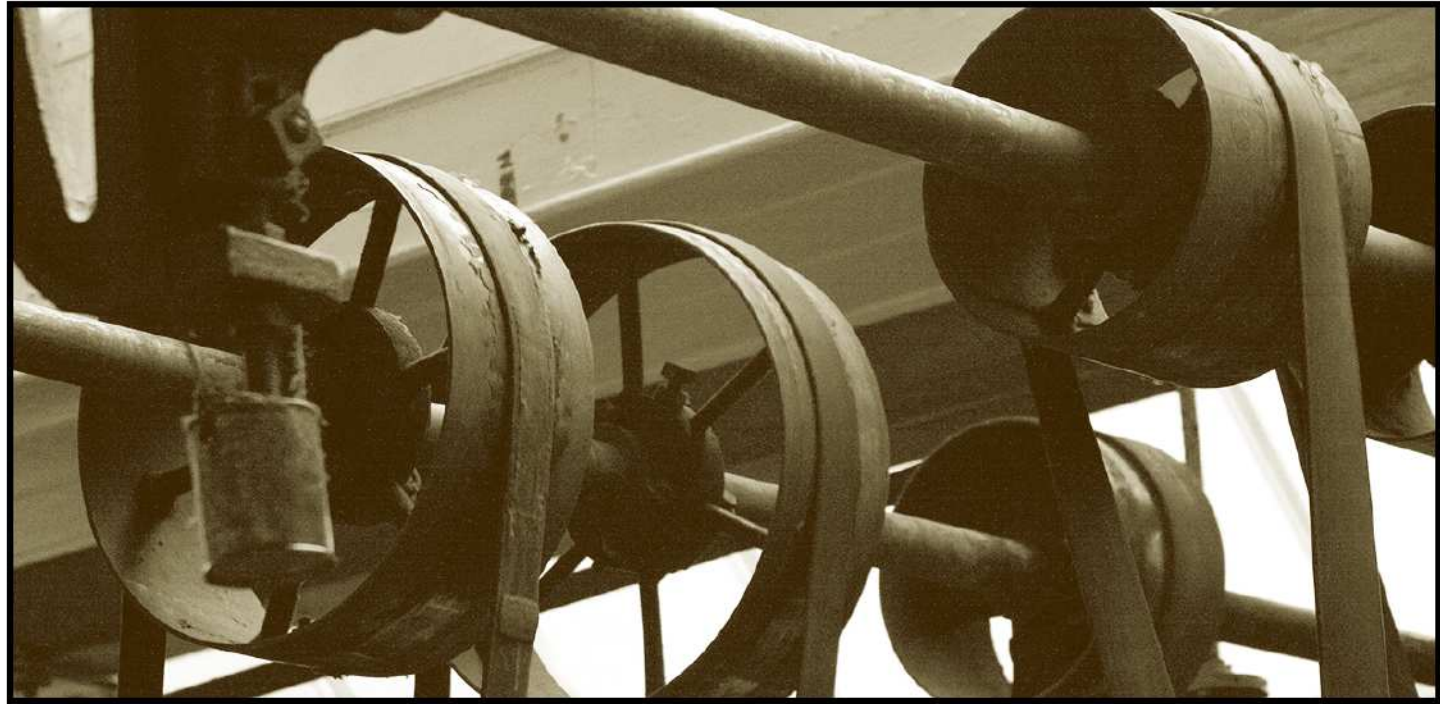


Historik

Motorer, motorstyrningar och regleringar förekommer överallt men främst inom industrin.

Det var inom industrin som användandet av drivkraft behövdes. De första "maskinerna" drev av vattenkraft. Ett vattenhjul drev en axel. På axeln satt det remskivor som via remmar var förbundna med olika maskiner, som på så sätt fick sin drivande kraft att utföra sin uppgift. Remskivornas diameter styrde vilken rotationshastighet maskinen skulle få. (Växellåda)

Senare ersattes vattenkraften med ångmaskinen, vilket gjorde att industrierna kunde placeras på andra ställen än vid vattendrag.



Historik

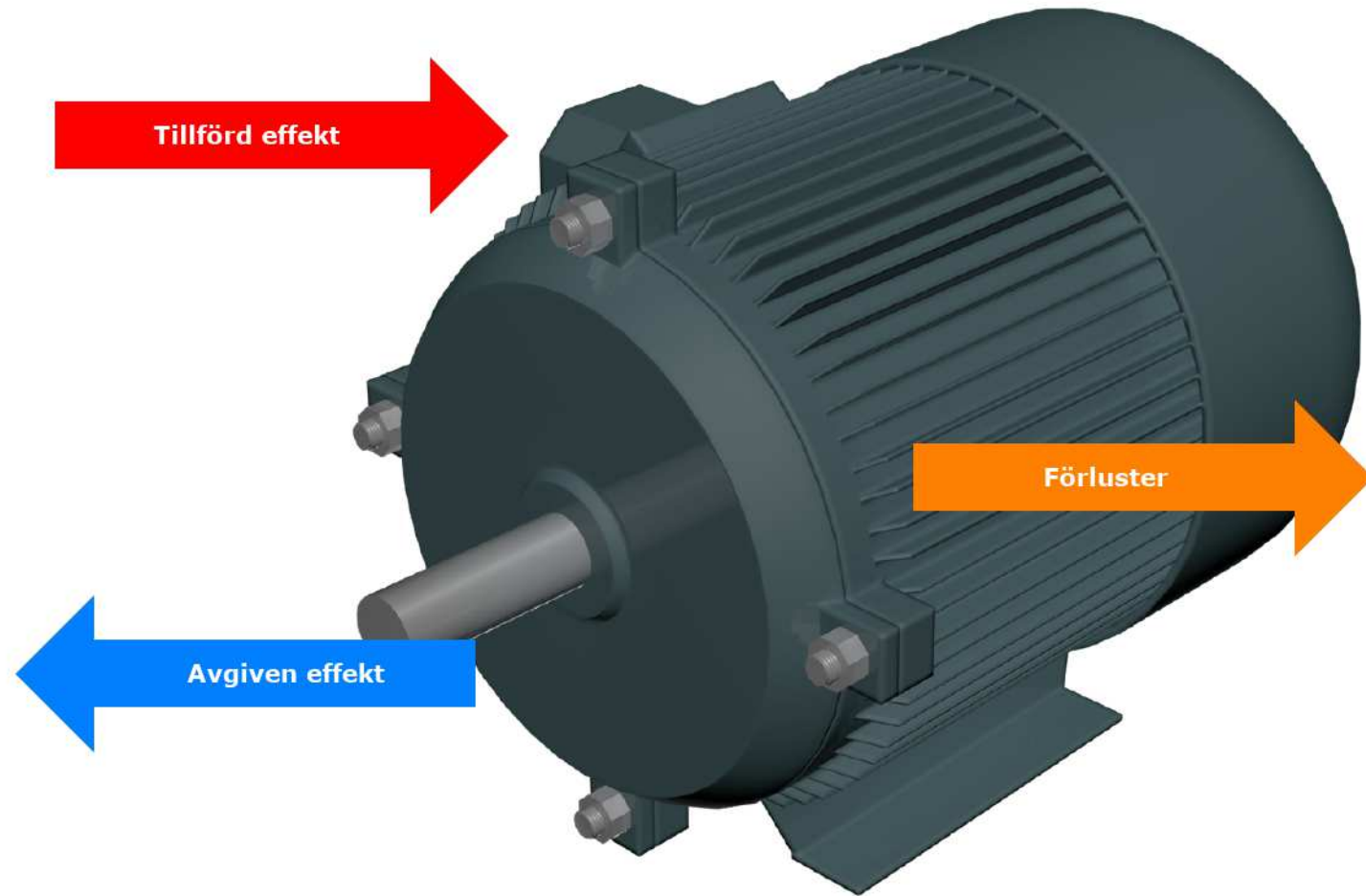
Omvandlingen av mekanisk energi till elektricitet uppfanns under 1800-talet. Då fungerade maskinen både som generator och som motor. Efter detta utvecklades en mängd olika elmotorer.

Industrimaskinerna på stora fabriker kunde nu drivas av elektricitet som alstrades av generatorer på centrala kraftverk.

I början hade motorerna ganska dålig verkningsgrad men för ca 35 år sedan låg verkningsgraden på 0,85, vilket ansågs vara bra. I dag finns det motorer som har verkningsgrad bättre än 0,95.

Med verkningsgrad menas förhållandet mellan avgiven effekt och tillförd effekt.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\text{Angiven effekt}}{\text{Tillförd effekt}} = \frac{\text{Mekanisk}}{\text{Elektrisk}}$$



Historik

Med tiden och utifrån olika behov så har det utvecklats flera olika typer av motorer samt styrningen och regleringen av dessa.

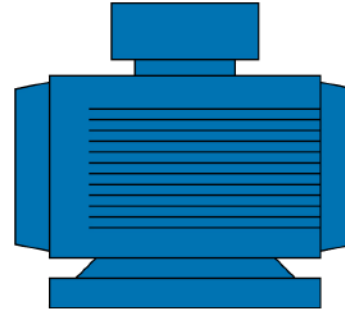
Vi kommer senare att gå igenom de vanligaste.

När man säger styrning av en motor så innebär det oftast att motorn styrs till och från. Vid reglering kan varvtalet även regleras upp eller ner.



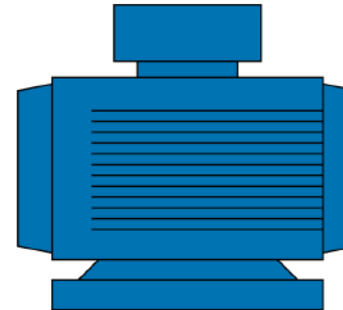
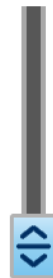
Testa att starta de både motorerna, både den digitala och den analoga.

Motorstyrning till och från



Motorstyrning med varvtal

Varvtal





Styrning av elmotorer

Från begynnelsen så var styrningen av elmotorer enkel, en stor spak till/från som styrde om motorn skulle få spänning eller inte. Med tiden så kom även utvecklingen som innebar säkrare och enklare styrning samt noggrannare reglering av elmotorer.

Det finns flera start- och styralternativ t ex:

- direktstart
- fram- och backkoppling
- Y/D-start
- rotopådragsstart
- polomkopplare
- PLC-styrning
- mjukstarter
- frekvensomriktarstyrning.

Direktstart

För kortslutna motorer så är detta den vanligaste och enklaste startmetoden.

Är det matande nätet instabilt så finns det risk för störningar i form av spänningsfall eftersom metoden kräver stor startström.

Själva starten kan ske med hjälp av ett handmanövrerat (mekaniskt) motorskydd eller ett kontaktormanövrerat motorskydd.

Fram- och backkopplare

Ibland önskar man att motorn ska kunna rotera åt båda hållen. Detta kan man åstadkomma med en mekanisk fram- och backkopplare eller med kontaktorstyrning. I dessa så växlas två faser. Kopplaren är normalt en direktstarter men kan kombineras med t ex Y/D-start eller annan typ av start- eller regleringsapparat.



Handmanövrerat motorskydd



Kontaktormanövrerat motorskydd



Fram- och backkopplare



Styrning av elmotorer

Y/D-start

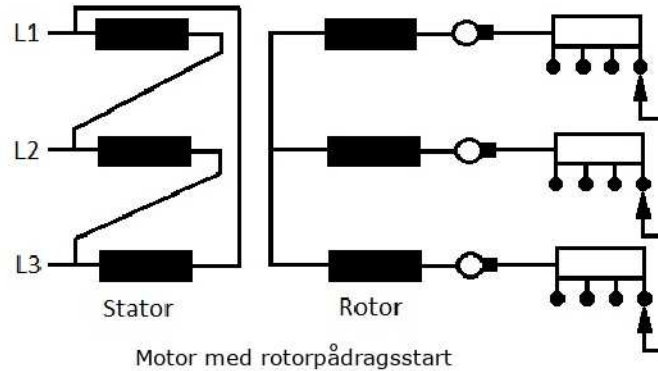
Ibland blir startströmmen för stor och orsakar spänningsfall på nätet. Ett sätt att lösa detta är att använda sig av en Y/D-start. Visst sänks startströmmen men det gör även momentet som motorn klarar att driva. Y/D-startar finns både i manuellt och automatiskt utförande.

Rotorpådragsstart

Släpningad motor i kombination med rotorpådrag används då nätet är svagt eller om belastningens tröghetsmoment är mycket stort.



Y/D-startar



Motor med rotorpådragsstart



Frekvensomriktarstyrning

Polomkopplare

En del motorer är byggda för flera hastigheter s k Dahlandermotorer. Med hjälp av en polomkopplare så styr man vilken hastighet som önskas.

PLC-styrning

PLC-styrning är ett alternativ till reläteknikens startapparater. Med hjälp av in- och utgångar och ett styrprogram kan man bygga olika funktioner.

Mjukstarter

Med hjälp av kraftelektronik kan motorer startas mjukt. I startögonblicket lämnar startern en lägre spänning och succesivt rampas spänningen upp till fullspänning. Tiden för rampningen kan ställas in. Detta gäller även för stoppsekvensen. Under start- och stoppsekvensen så finns det risk för mycken övertoner.

Frekvensomriktarstyrning

Med hjälp av frekvensomriktare kan man styra start-, drift- och stoppsekvenser. Med dagens kraftelektronik och elektronik kan man styra både varvtal, spänning och moment, vilket gör att motor blir stark redan från start.



Energieffektivitet

Elmotorer står för 40 % av elanvändningen i samhället och så mycket som 70 % inom industrin. Potentialen för energieffektivisering är alltså stor

En motors inköpskostnad är i regel inte större än kostnaden för använd energi under 8-12 veckors kontinuerlig drift. Därför bör man välja en energieffektiv motor när man ska köpa en ny. Merkostnaden motsvarar oftast ett års extra energikostnad för den mindre energieffektiva motorn.

Det är stor skillnad i energiåtgång på en bra och en dålig elmotor. Sedan juli 2011 är de mest ineffektiva elmotorerna förbjudna på den europeiska marknaden. Även bland de motorer som får säljas kan effektiviteten och energianvändningen variera betydligt. IEC-klassificeringen av elmotorer ger en vägledning vid val av motorer.

Bilden visar exempel på märkning av en motors motorklass.

Fråga

Vilken verkningsgrad har denna motor vid 100% belastning?

Verkningsgrad

0.000

Rätta

 IE2						
3 ~ Motor				M3BP 315 SMC 4 83		
4500678913-10				2009		No. 3GF091234560001
				Ins.cl. F		IP 55
V	Hz	kW	r/min	A	cos	Duty
690 Y	50	160	1487	165	0,85	S1
400 D	50	160	1487	284	0,85	S1
415 D	50	160	1488	277	0,84	S1
IE2 - 95,6 (100%) - 95,6 (75%) - 95,1 (50%)						
Prod. cod 3GBP312230 - ADG						
					Nmax 3200 r/min	
6319/C3		6319/C3			1000 kg	
						IEC 60034-1



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
2:7



Energieffektivitet

Den gamla klassningen sorterade motorerna i effektiviseringsklasserna EFF1, EFF2 och EFF3 där EFF1-motorerna hade högst verkningsgrad.

Motorklasserna har nu beteckningarna IE1, IE2 och IE3, där IE3 har högst verkningsgrad.

IE2 motsvarar den tidigare högsta klassningen EFF1, vilket innebär att kraven skärps. För att en elmotor ska få säljas på EU-marknaden krävs sedan juni 2011 att den är minst IE2.

 						
3 ~ Motor				M3BP 315 SMC 4 83		
4500678913-10				2009		No. 3GF091234560001
				Ins.cl. F		IP 55
V	Hz	kW	r/min	A	cos	Duty
690 Y	50	160	1487	165	0,85	S1
400 D	50	160	1487	284	0,85	S1
415 D	50	160	1488	277	0,84	S1
IE2 - 95,6 (100%) - 95,6 (75%) - 95,1 (50%)						
Prod. cod 3GBP312230 - ADG						
					Nmax 3200 r/min	
6319/C3			6319/C3			1000 kg
						IEC 60034-1



Energieffektivitet

Klassificeringen IE1, IE2 och IE3 gäller för trefasmotorer med en hastighet med:

Märkspänning upp till 1 000 V

Märkeffekt mellan 0,75 och 375 kW

2, 4 eller 6 poler.

Klassificeringen gäller inte för motorer som uteslutande är designade för och som endast kan användas i frekvensomriktardrift.

Inom IEC övervägs även införandet av en klass IE4, där kravet är att de motorförluster som accepteras i klassen IE3 reduceras med ytterligare ca 15%.

Bilden visar exempel på verkningsgradskrav IE2 och IE3

Nominell uteffekt (kW)	Antal poler		
	2	4	6
0,75	77,4	79,6	75,9
1,1	79,6	81,4	78,1
4	85,8	86,6	84,6
7,5	88,1	88,7	87,2
160	94,6	94,9	94,8

Exempel på minimi-verkningsgrad för IE2

Nominell uteffekt (kW)	Antal poler		
	2	4	6
0,75	80,7	82,5	78,9
1,1	82,7	84,1	81,1
4	88,1	88,6	86,8
7,5	90,1	90,4	89,1
160	95,6	95,8	96,6

Exempel på minimi-verkningsgrad för IE3



Energieffektivitet

Lagen om ekodesign av energirelaterade produkter började gälla inom hela EU 2008. Ett antal förordningar har beslutats inom ramen för Ekodesignarbetet, bl a en förordning om elmotorer. I denna förordning anges de energieffektivitetskrav som gäller.

Dessa krav är följande (något förenklat):
Från och med 16/6 2011 är det förbjudet att inom EU sälja elmotorer som är sämre än IE2.

Från och med 1/1 2015 måste stora motorer klara IE3 alternativt IE2 om de kombineras med frekvensomriktare/varvtalsreglerare.

Från och med 1/1 2017 måste alla motorer (0,75 - 375 kW) klara IE3 alternativt IE2 om de kombineras med frekvensomriktare eller varvtalsreglerare.

Kommissionen planerar ytterligare ett antal förordningar som kommer att beröra ett stort antal olika produktkategorier, bl a motordrifter.



Vridmoment

En motoraxel roterar tack vare att magnetfälten i statorn och rotorn samverkar och utövar en mekanisk kraft till varandra som ger rotorn ett vridmoment.

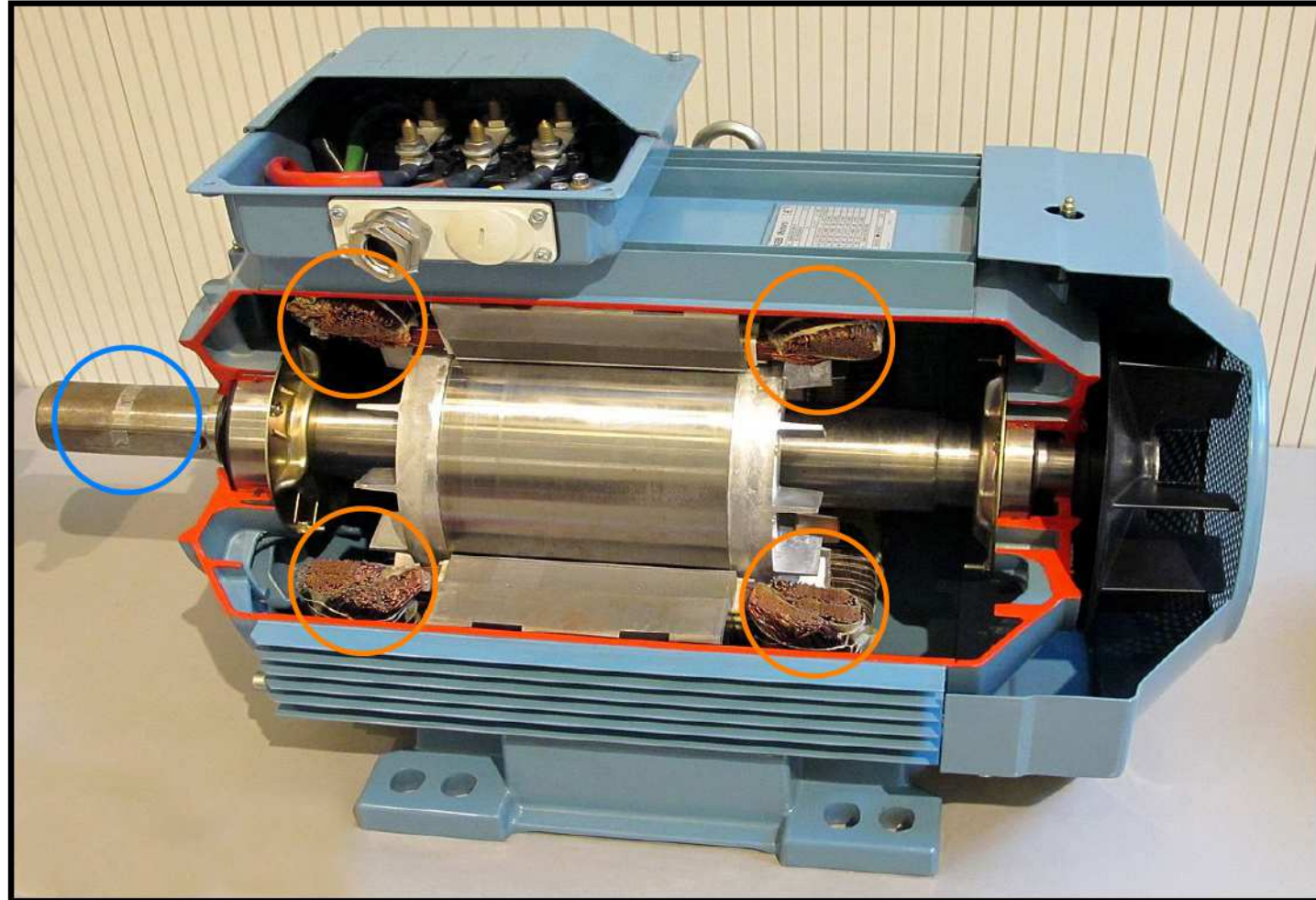
På rotorns axel kopplar man själva belastningen, antingen direkt eller via någon form av växel.

Motorerna konstrueras enligt fastställd standard i olika utförande för vanliga arbetsuppgifter. Det konstrueras dessutom en del specialmotorer som är avsedda för speciella ändamål.

Om du inte kommer ihåg magnetism och ellära så repeteras detta i kommande kapitel.

 = Kopparspole

 = Axel (ut)



Moment

Det vridande moment som motorn klarar beror på motorns effekt och vilken styrmetod man väljer.

Den vanligaste motorn är en kortsluten asynkronmotor.

Varför den heter kortsluten återkommer vi till.

Vid direktstart har den en momentkurva enligt bilden. Det moment som fås när motorn startas, alltså när varvtalet $n=0$ kallas för startmoment och betecknas

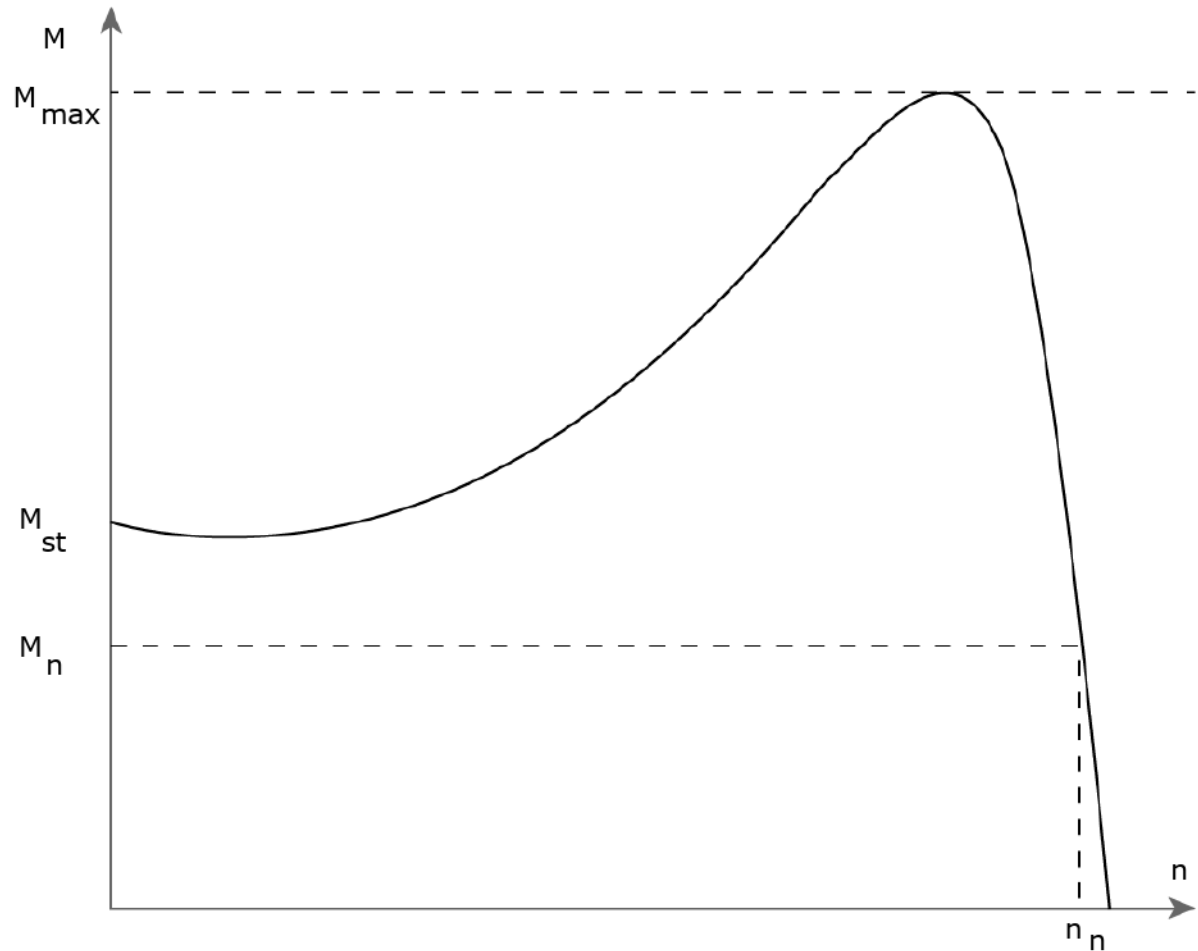
$$M_{st}$$

Om motoraxel är belastad med en konstant belastning,

$$M_n$$

får vi ett accelererande moment på rotorn som i startögonblicket är

$$M_{st} - M_n$$



Moment

Efter start accelererar rotorn av ett accelerationsmoment som är skillnaden mellan momentet enligt momentkurvan och belastningsmomentet. I den punkt där vridande och bromsande moment är lika

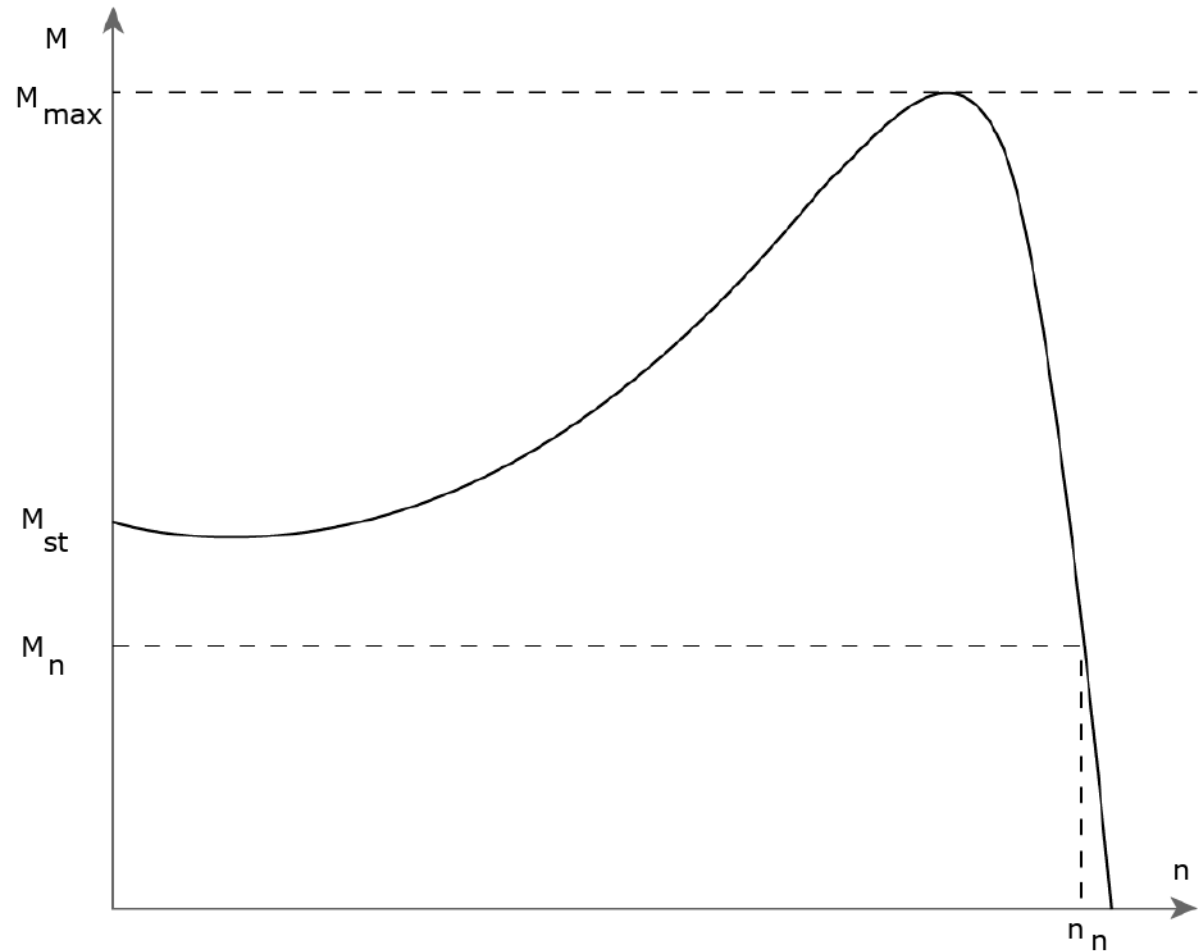
$$M = M_n$$

fås den stationära arbetspunkten. Motorn får då märkvarvtalet

$$n_n$$

En motors märkeffekt bestäms ur:

$$P_n = 2 \cdot \pi \cdot n_n \cdot M_n$$



Moment

Om matningsspänning U varierar vid konstant frekvens får vi en förändring av momentet eftersom momentet varierar kvadratisk med spänningen.

$$M_{max} \leftrightarrow U^2$$

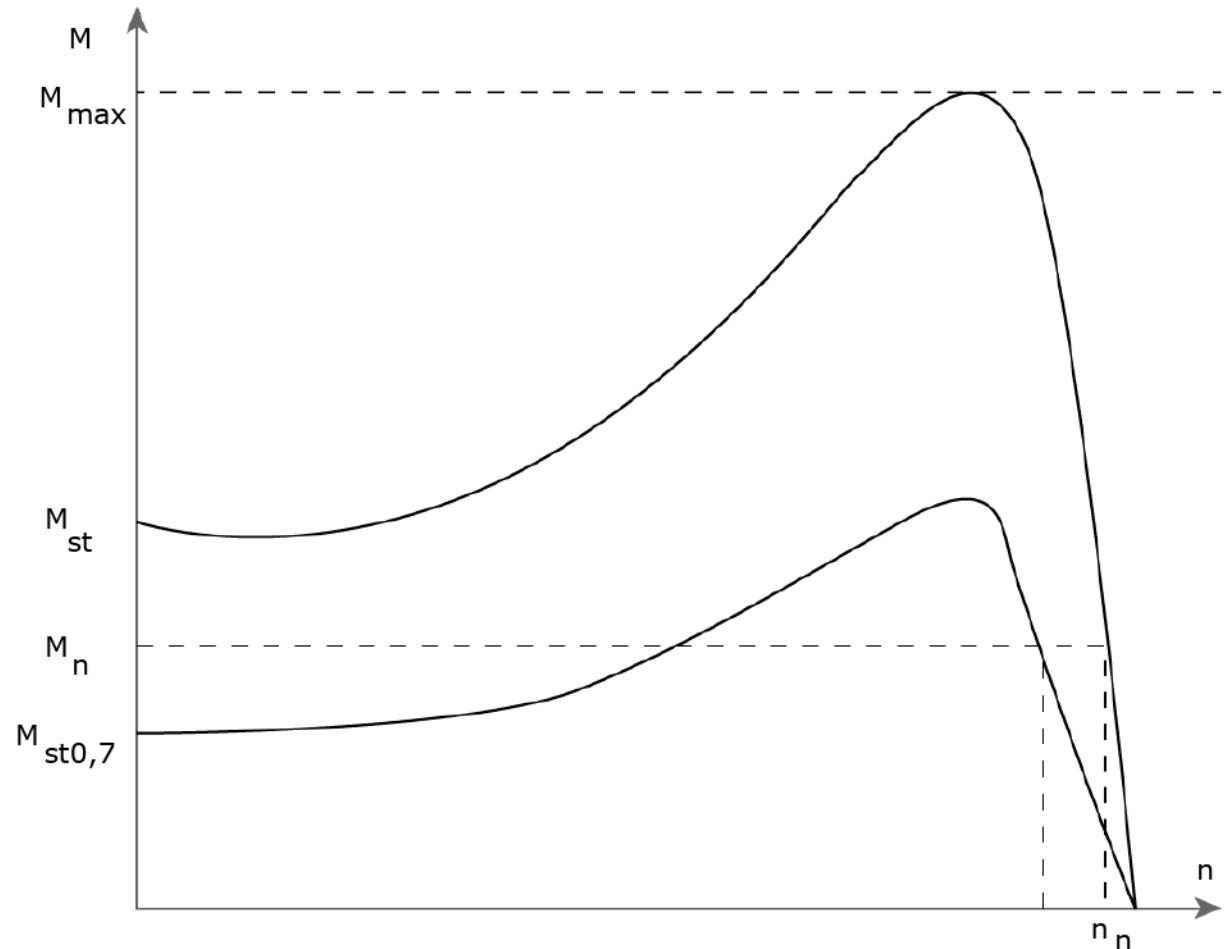
Bilden visar momentkurva dels vid märkspänning och dels vid 70% av märkspänningen, då minskas maxmomentet med 51%.

$$0,7^2 = 0,49$$

Om belastningsmomentet är konstant kommer en spänningssänkning att ge en varvtalsminskning.

Observera att motorn i detta exempel inte kan starta då

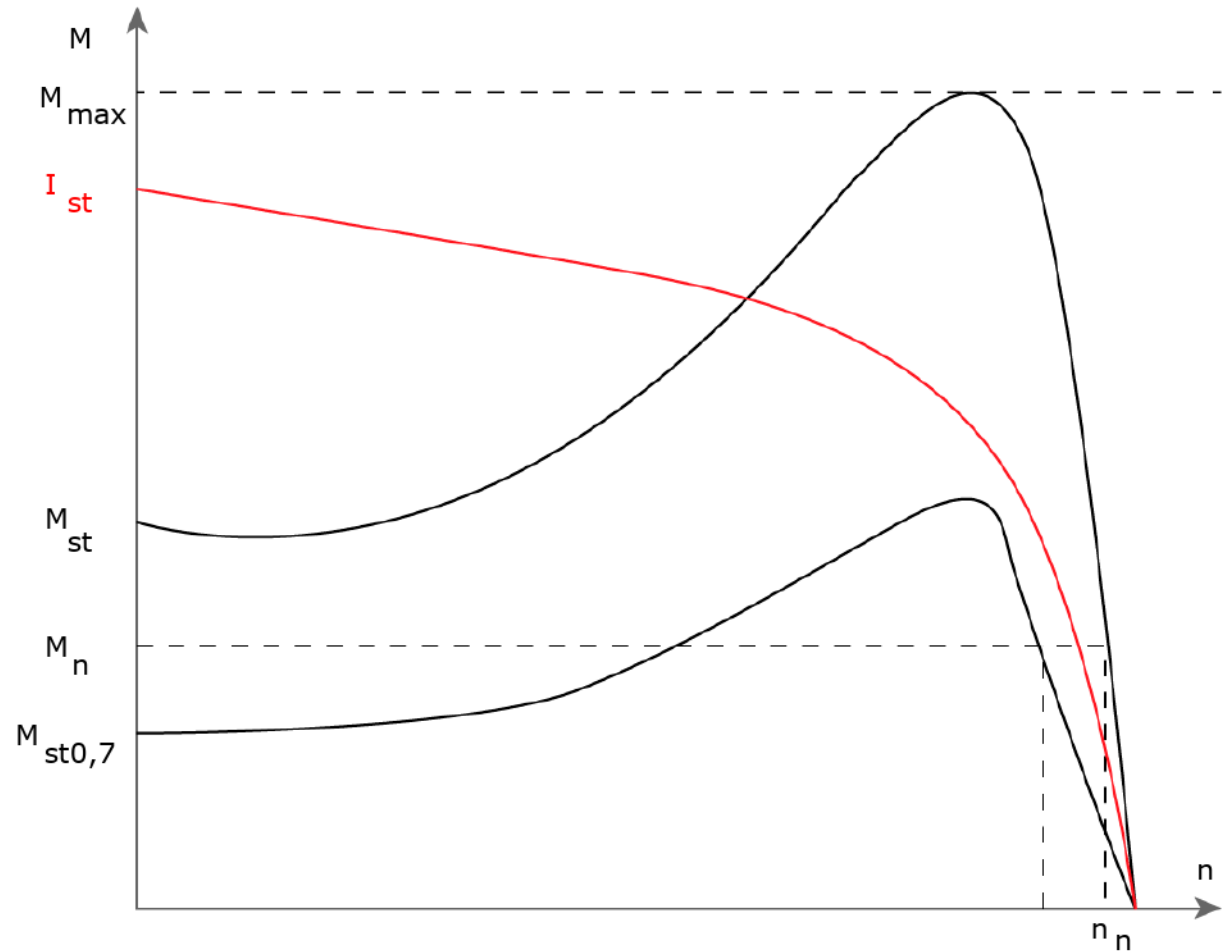
$$M_{st\ 0,7} < M_n$$



Moment

Vid direktstart är startströmmen upp till sex gånger motorns märkström. Normalt väljer man en säkringsmärkström på två gånger motorns märkström.

Det finns en risk att startströmmen åstadkommer ett spänningsfall som gör att motorn inte kan starta. Antingen får man hitta en annan startmetod eller dimensionera anläggningen så att spänningsfallet inte blir för stort.



Repetition magnetism

I de kommande stegen ska vi repetera magnetism, om du känner dig säker på detta kan du hoppa över denna del.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



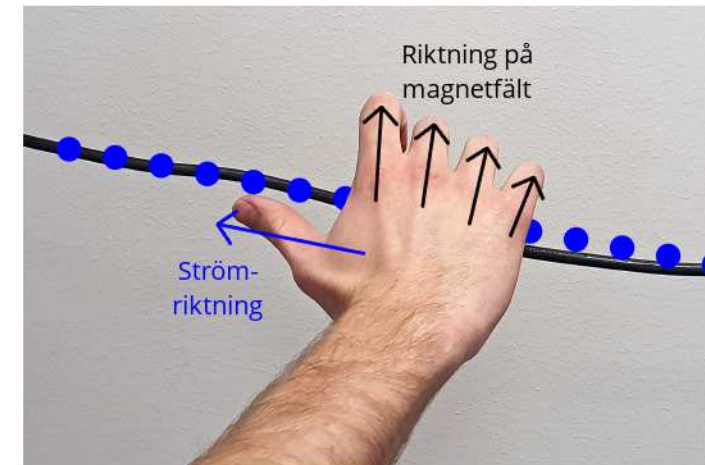
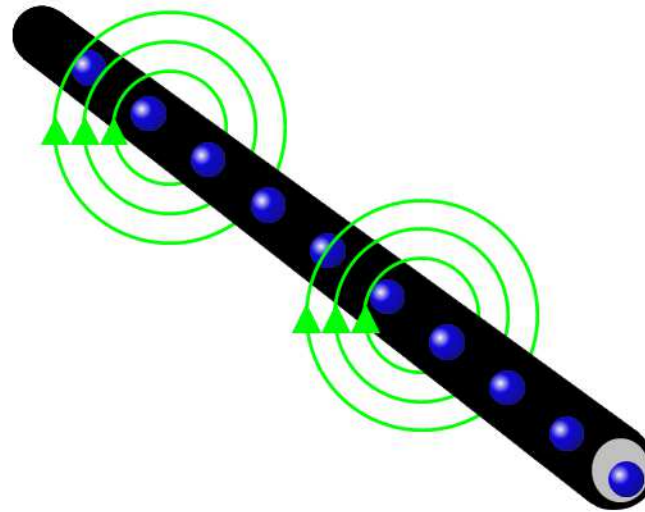
Sidnummer
3:1



Magnetism

Magnetism uppstår där det finns elektroner i rörelse. Så fort elektroner rör sig bildas en kraft runt elektronerna som kallas magnetism. När en ström flyter genom en ledare uppstår ett magnetfält runt ledaren. Detta magnetfält har en bestämd riktning som är beroende av strömmens riktning.

Flödets riktning kan du lätt komma ihåg om du tänker att du griper tag i ledaren med höger hand och har tummen åt det håll strömmen flyter, så kommer fingrarna att peka i magnetfältets riktning runt ledaren.

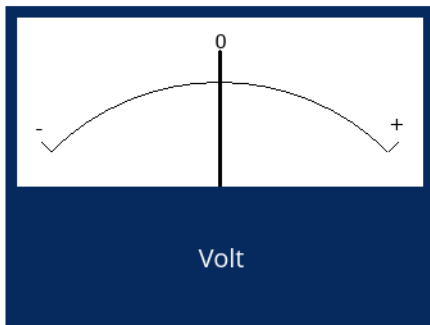


Generatorprincipen

När en ledare förs in i ett magnetiskt fält induceras en spänning i ledaren.



Pröva vad som händer när du för ledaren fram och tillbaka i magnetfältet.





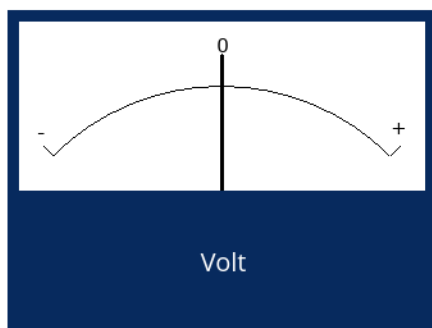
Generatorprincipen

Ansluts ledaren till en belastning kommer spänningen att driva fram en ström genom ledaren.

Förändringarna i spänning och ström är beroende av ledarens rörelse.



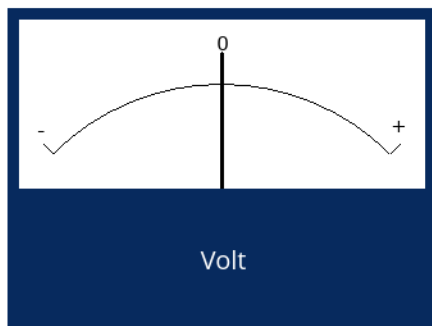
Pröva vad som händer när du för ledaren fram och tillbaka i magnetfältet.



Växelspänningsgenerator

Växelspänningsgeneratorns funktion bygger på generatorprincipen.

När en ledare av en yttre kraft t ex vatten eller ånga vrids runt i ett magnetfält induceras det en växelspanning i ledaren. Spänningen kommer att driva en ström genom ledaren om en yttre belastning är ansluten.



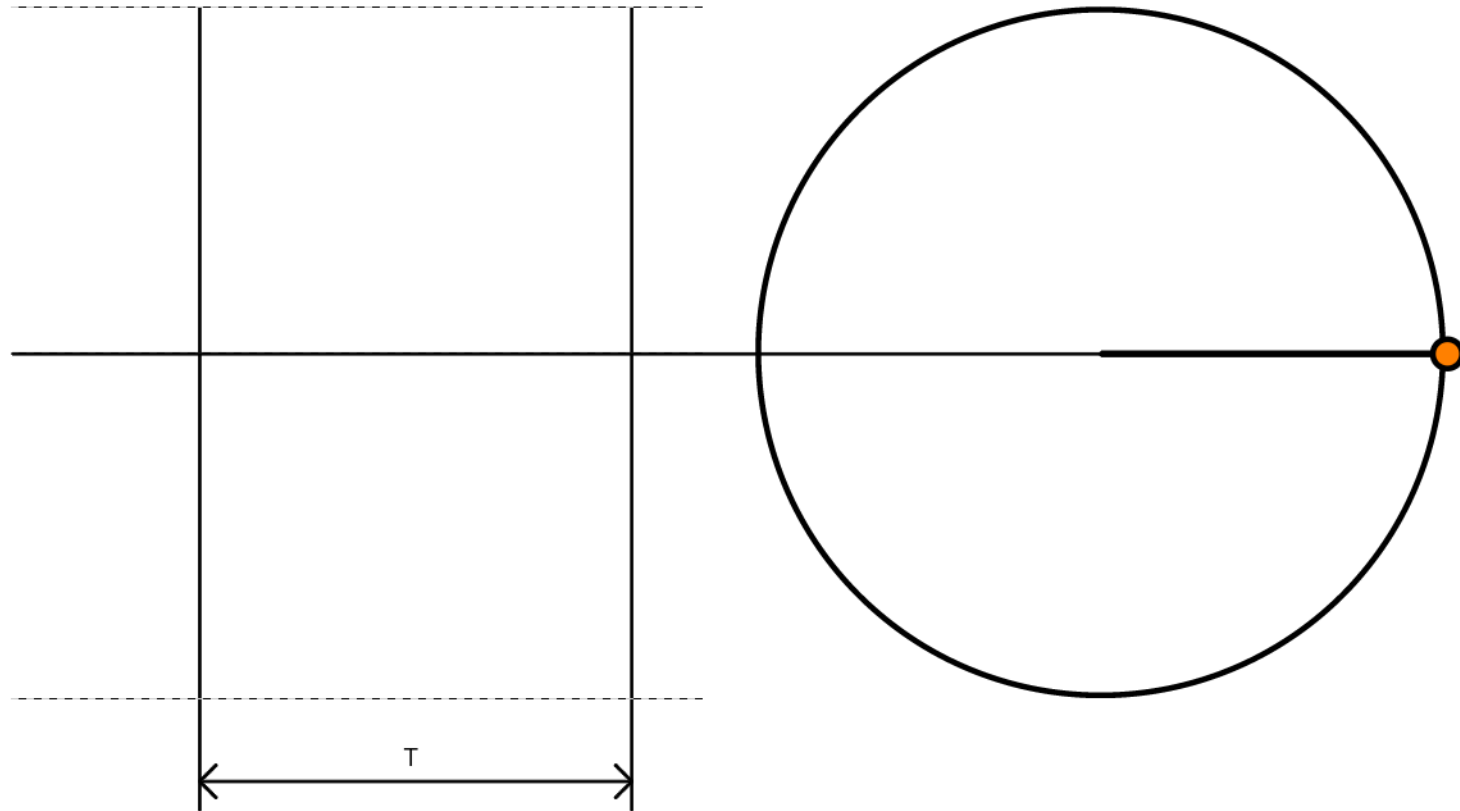
Växelspänningsgenerator

När en spole och ett magnetfält roterar i förhållande till varandra så varierar spänningen som genereras på samma sätt som höjden på ett föremål som rör sig i cirkel. Resultatet av detta blir en sinuskurva namngiven efter den matematiska funktionen som beskriver den.

Halva tiden befinner sig spänningen över mitten och andra halvan befinner den sig under mitten. På mittnivån är riktningen på magnetfältet och spolen sådana att ingen spänning kan genereras, dvs spänningen är i dessa båda punkter 0V.

Varje varv är en period och tiden för ett varv kallas periodtid. Antal perioder per sekund kallas frekvens och sambandet mellan periodtid och frekvens uttrycks så här:

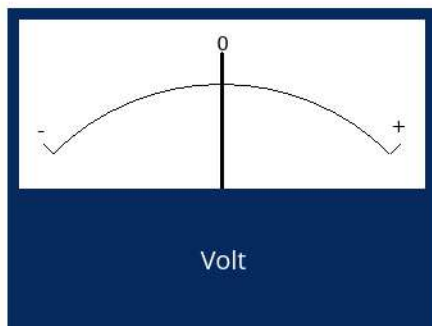
$$T = 1 / f$$



Växelströmsgenerator

De olika delarna i en växelströmsgenerator kallas stator, rotor och släpringar.

Den lindning som utnyttjas för energiomvandling kallas arbetslindning och den som används för att skapa det magnetiska flödet kallas för magnetiseringslindning. Dessa lindningar kan vara placerade antingen i stator eller i rotor beroende på konstruktion.



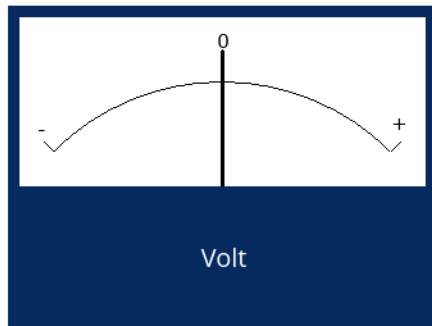
Likströmsgenerator

Ju större magnetisering, desto högre spänning. Antalet pulser likströmmen ger beror på rotationshastigheten.

Lägg märke till hur alla pulser har samma polaritet. Detta kallas för pulserande likspänning. Det är ingen "snygg och jämn" likspänning och en del elektronik utrustning är känslig för den här typen av likspänning.



Pröva att variera magnetiseringen för att ändra spänningen.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
3:8





Motorprincipen

När en ström flyter genom en ledare bildas ett magnetiskt fält kring ledaren. Detta fält reagerar med andra magnetiska fält så att en mekanisk kraft kommer att påverka ledaren.



Prova vad som händer när du för in ledaren i magnetfältet!

Klicka och håll nedtryckt på ledaren, släpp sedan när du har fört in ledaren i magnetfältet.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
3:9



Motorprincipen

Om ledaren böjs till en slinga kommer det magnetiska fältet att ge upphov till en kraft som strävar efter att vrida ledaren. Detta kallas motorprincipen.



Prova vad som händer när du vrider ledaren i magnetfältet en liten bit och därefter släpper.

Invertera polerna



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
3:10



Motorprincipen

Genom att ledaren är böjd till en slinga kommer alla fältlinjer inne i slingan att vara riktade åt samma håll. Därmed kommer slingan att uppträda som om den vore en magnet.



Försök att vrida den skapade magneten genom att klicka på invertera polerna.

Prova vad som händer när du byter polaritet på magneten. Om du byter i rätt ögonblick kommer magneten att rotera.

Invertera polerna



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
3:11



Motorprincipen

Om ledarens ändar ansluts till en anordning som byter strömriktning (kommuterar) så kommer slingan att rotera i magnetfältet.

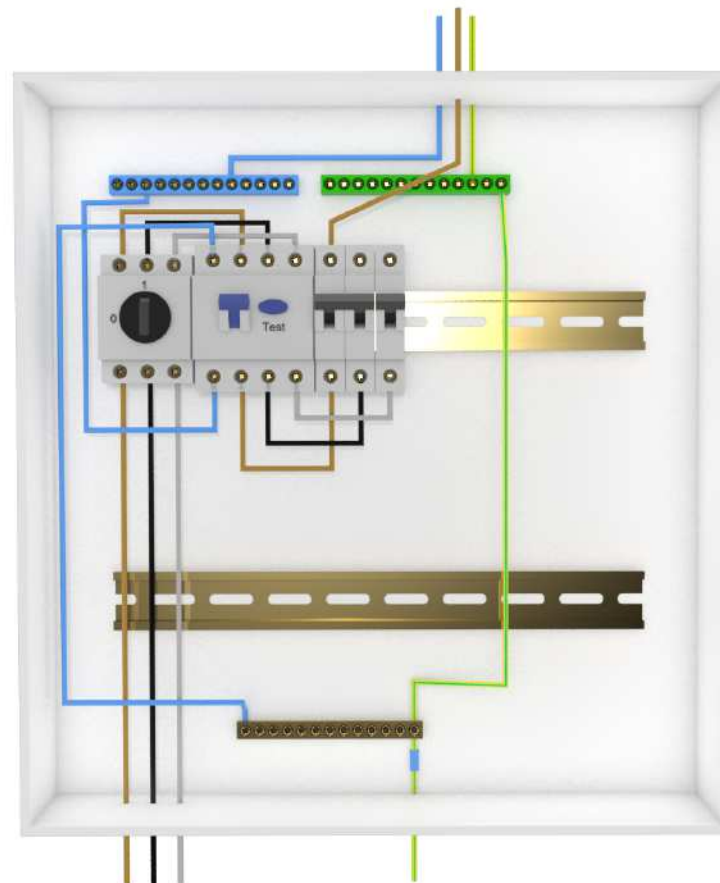


Prova att ändra spänningen och se hur det påverkar motorn.



Repetition Ellära

I de kommande stegen ska vi repetera ellära, om du känner dig säker på detta kan du hoppa över denna del.



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
4:1



Trefasssystemet

Generatorer kallas också för synkronmaskiner och trefasgeneratorer kan byggas för mycket stor effekt och hög spänning. För att driva generatorn används oftast vattenturbiner eller ångturbiner och i vissa fall förbränningsmotorer.

Generatorns huvuddelar är statorn med statorlindningen och rotorn med magnetlindningen. Begreppen stator och rotor förklaras närmare på följande sidor.

För att magnetisera polerna i magnetlindningen behövs det likspänning. Likspänningen tillförs över släpringar från en särskild matarmaskin som ofta är kopplad på samma axel.



Trefasgeneratoren

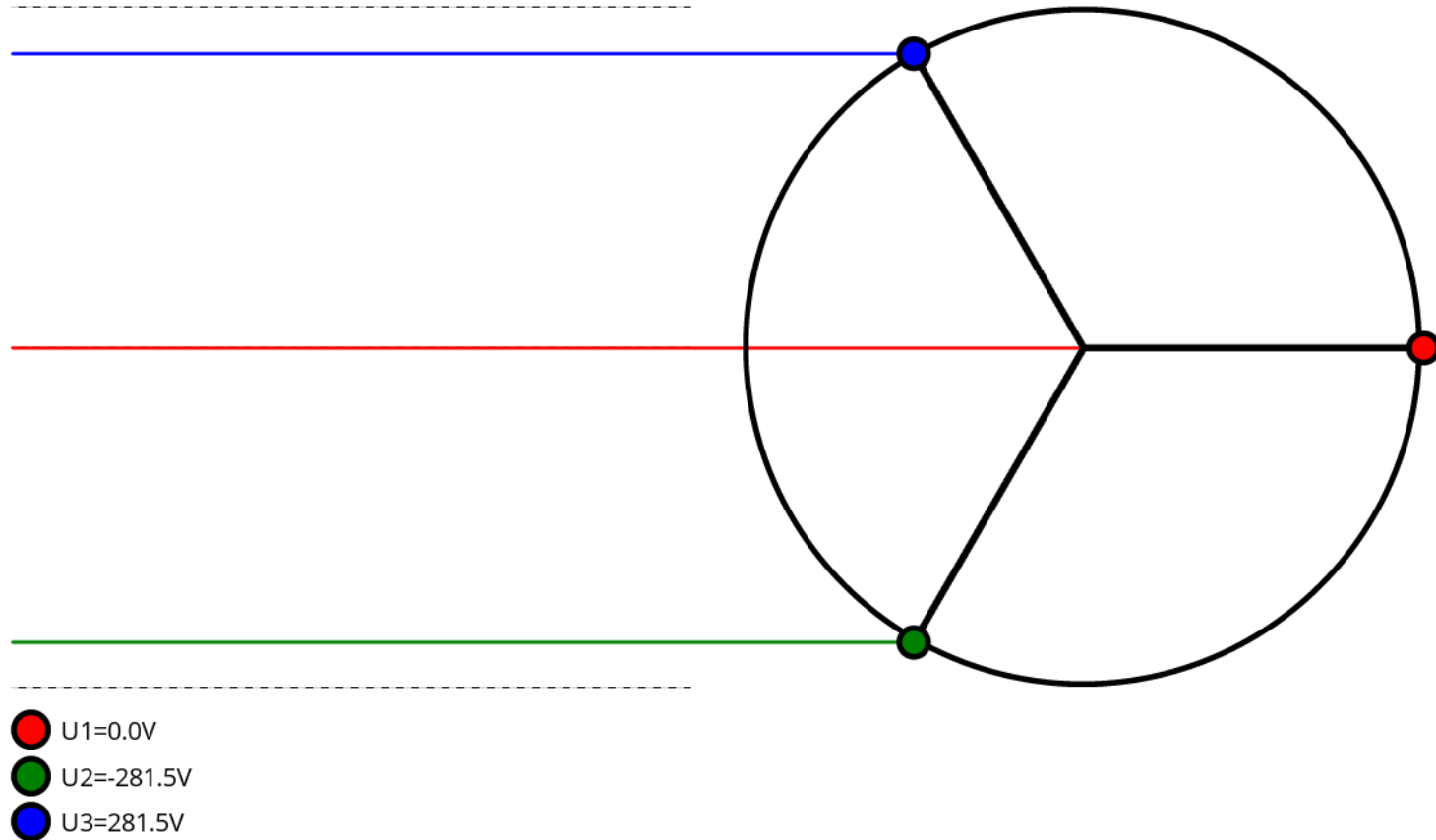
Statorn består av lackisolerande speciallegerade stålplåtar för kylningen. Stålplåtarna ligger hårt packade vinkelrätt mot generatorns axel. Detta bildar ett plåtpaket. Plåtpaketet är i sin tur inpressat i statorstommen som är gjort av gjutjärn eller svetsad tjock stålplåt. I den del av statorn där växelströmslindningen ligger, är det däremot flödesförande.

I statorn finns tre olika växelströmslindningar. Statorlindningarna är förskjutna 120 grader i förhållande till varandra. Trefasgeneratoren är konstruerad så att de inducerade spänningarna har samma kurvform och momentanvärden.

Statorlindningarna är helt isolerade från varandra. Det innebär att generatoren egentligen lämnar tre av varandra oberoende enfasspänningar.

Statorlindningarna kopplas ihop på olika sätt, antingen Y-kopplade eller D-kopplade, och bildar på så vis ett trefassystem. Y- och D-koppling återkommer vi till längre fram.

Trefassystem med lika stora spänningar som är fasförskjutna 120° kallas för symmetriskt trefassystem.



Symmetriskt system

I ett symmetriskt trefasssystem finns det tre lika stora och av varandra oberoende spänningskurvor U1, U2 och U3 med 120 graders fasförskjutning.

U1 har nollgenomgång vid 0 grader, U2 har nollgenomgång vid 120 grader och U3 har nollgenomgång vid 240 grader.

Ibland är det nödvändigt att veta fasföljden och därför ska faserna betecknas L1, L2 och L3. Det ska skrivas från vänster till höger eller uppifrån och ned.

Summan av alla tre spänningarna är i varje ögonblick 0.



Studera hur de olika spänningarna varierar.

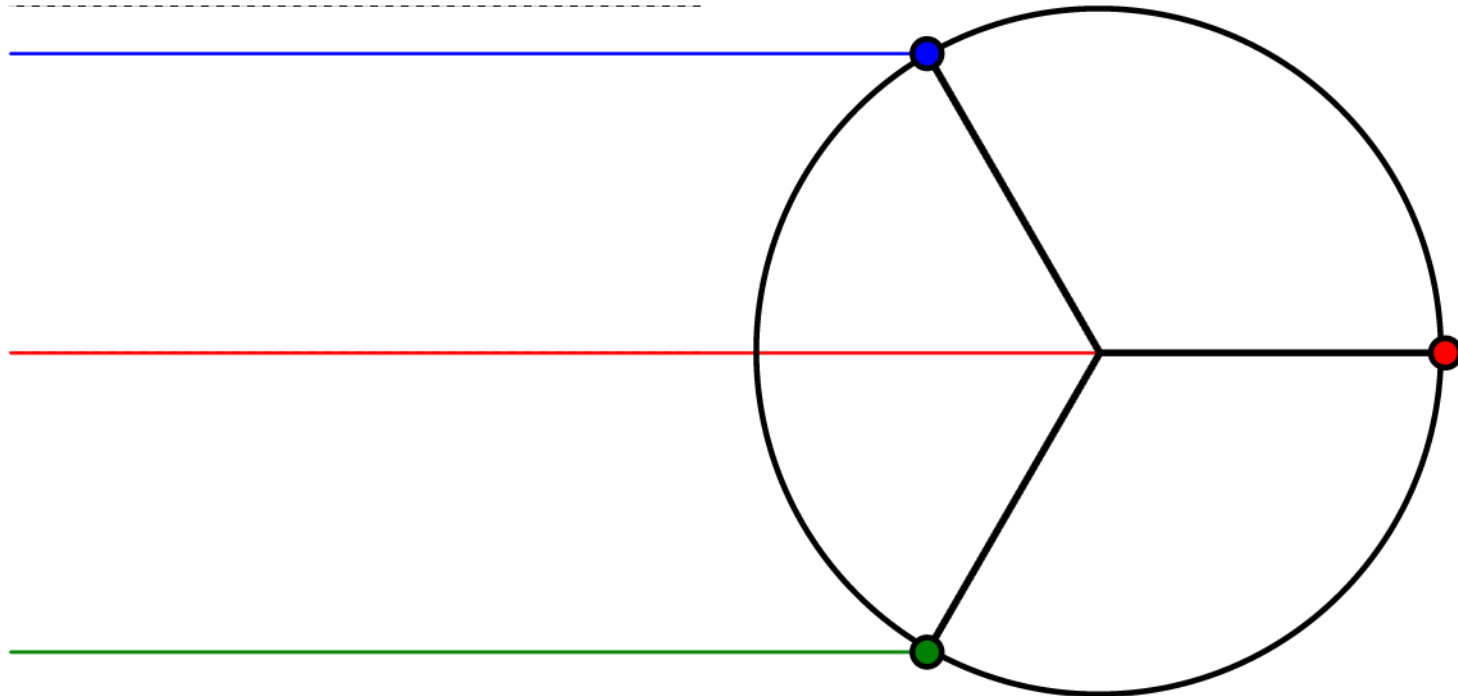
Med knappen längst ner kan du pausa för att se en ögonblicksbild. Du kan även klicka på loggkurvorna för att göra mer detaljerade mätningar.

Fråga

När U1 når sitt högsta värde, vilken av U2 och U3 är då störst?

- ☐ U2 och U3 är lika stora
- ☐ U2 är större än U3
- ☐ U3 är större än U2

Rätta



- ☒ U1=0.0V
- ☒ U2=-281.5V
- ☒ U3=281.5V



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
4:4

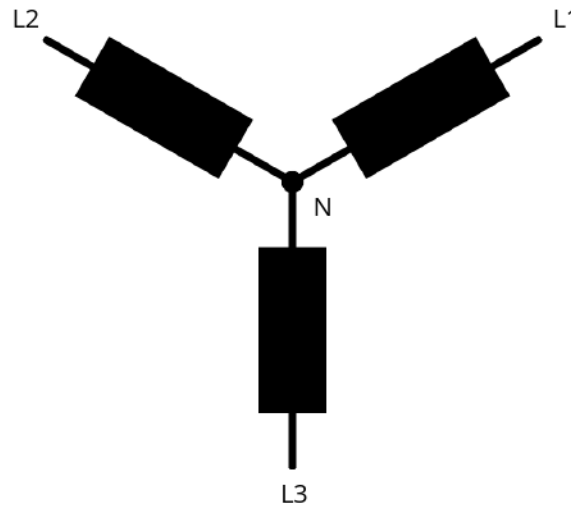


Y-koppling

En trefasgenerator består av tre lindningar. Ett sätt att koppla samman dessa för att få ett symmetriskt trefassystem är att låta en ände på varje lindning gå till en gemensam punkt och kalla denna neutral (nolla eller N) och sedan låta andra änden av varje lindning utgöra en fas.

Genom att lindningarna är placerade med 120° förskjutning rent mekaniskt i generatorn får varje fas en spänning som är förskjuten 120° från de båda intilliggande faserna.

Detta sätt att koppla trefasapparater kallas Y-koppling eller stjärnkoppling.



Två system för inkoppling av neutralpunkten finns:

Anslutning 1: Neutralpunkten i Y-kopplingen ansluts direkt till jord. Ledaren mellan neutralpunkten och jord kallas för PEN-ledare. PE står för Protected Earth och betyder skyddsjordledare. N betyder neutralledare. PEN-ledaren ska vara grön-gul i hela sin längd och ha blå tilläggstejp.

Anslutning 2: Två ledare ansluts i neutralpunkten. Den ena ledaren ansluts till jord och kallas för skyddsjordledare (PE) och är grön-gul. Den andra ledaren är en neutralledare (N) och är ljusblå.



Huvudspänning, fasspänning

I en Y-koppling finns det två mätbara spänningar, huvudspänning (U_H) och fasspänning (U_f).

Huvudspänningen mäts mellan två faser. Fasspänningen mäts mellan fas och neutralledare. I vårt trefassystem är huvudspänningen 400V och fasspänningen 230V.

Spänningen mellan neutralledaren och jord (skyddsledaren) ska vara noll, eftersom detta är samma punkt. Detta är bra att komma ihåg när man ska kontrollera att man gjort rätt vid inkoppling av t ex ett vägguttag.

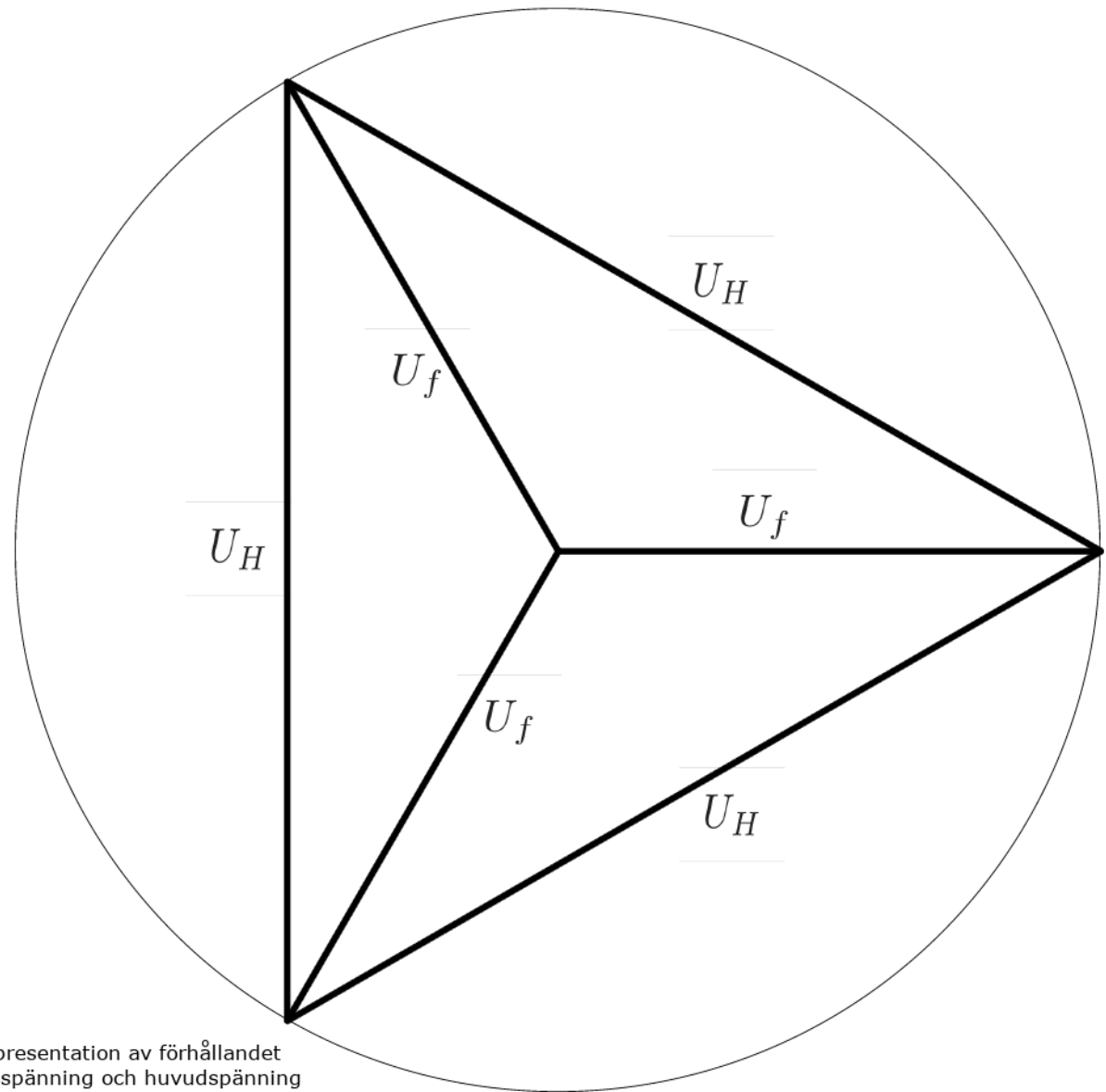
Det standardiserade spänningssystemet för trefasnät med uttagen neutralpunkt är 230/400V. Fasspänningen är 230V och huvudspänningen är 400V.

Förhållandet mellan huvudspänning och fasspänning är $\sqrt{3}$.

$$U_H = U_f \cdot \sqrt{3}$$

$$U_f = \frac{U_H}{\sqrt{3}}$$

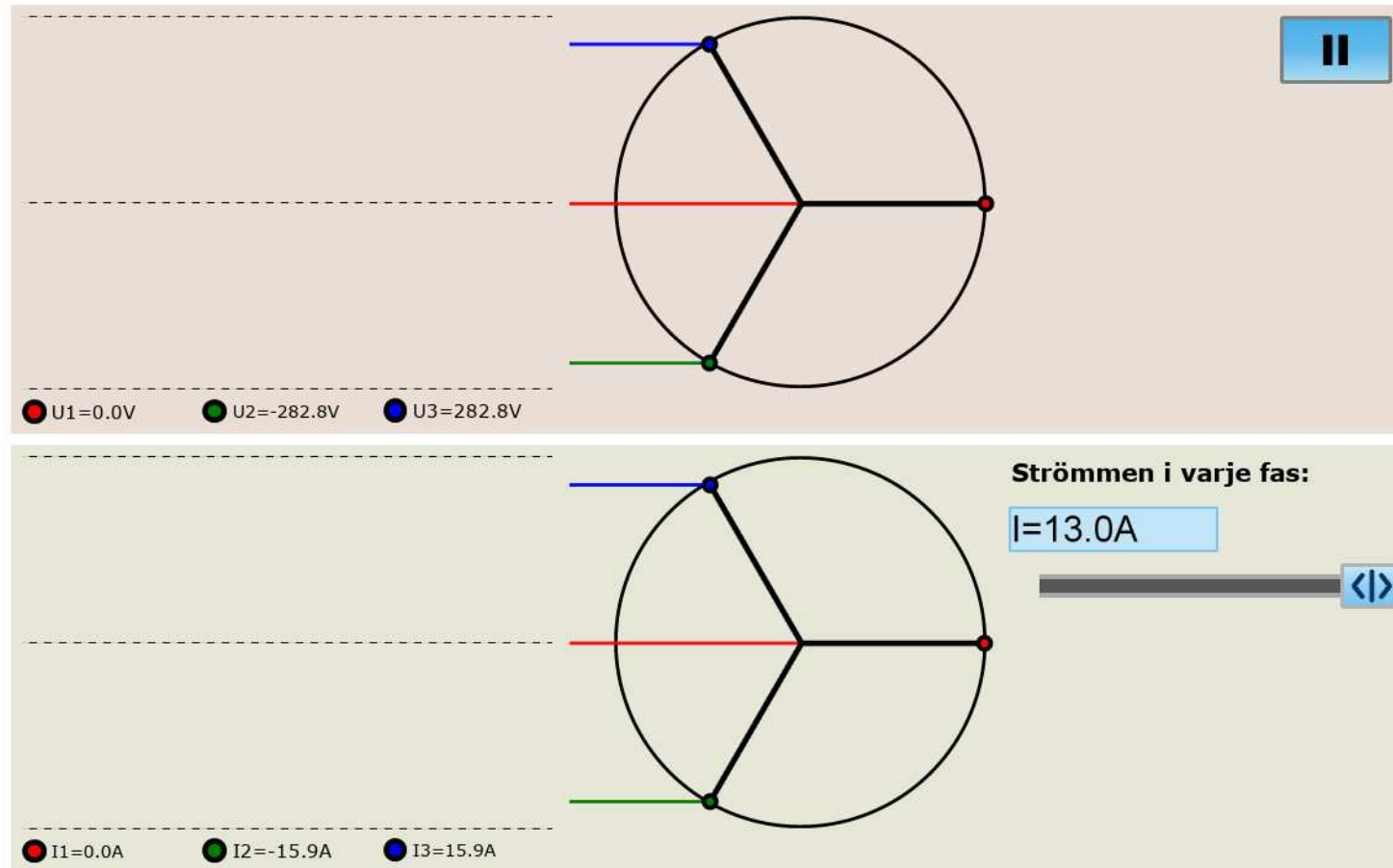
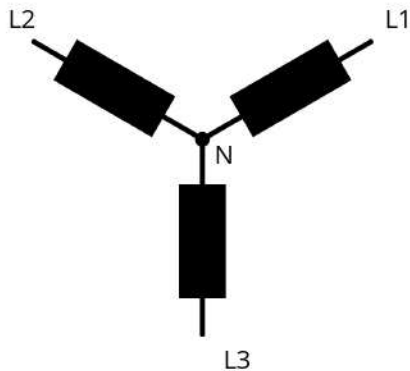
Grafisk representation av förhållandet mellan fasspänning och huvudspänning



Ström vid Y-koppling

I en Y-kopplad trefasgenerator kan varje fas betraktas för sig, det innebär att strömmen i varje fas kan beräknas utifrån spänningen och den delen av lasten som är kopplad till respektive fas.

Vid symmetrisk last är alla delarna av lasten likadana och i detta fall utgörs de av en ren resistans. Strömmen i varje fasledare följer spänningen i respektive fasledare och det är ingen fasförskjutning mellan dessa.



Studera vad som händer med spänningarna och strömmarna i trefassystemet.

Du kan även ändra strömmen till lasten för att se hur detta påverkar.





Studera hur de olika spänningarna varierar.
Med knappen längst ner kan du pausa.

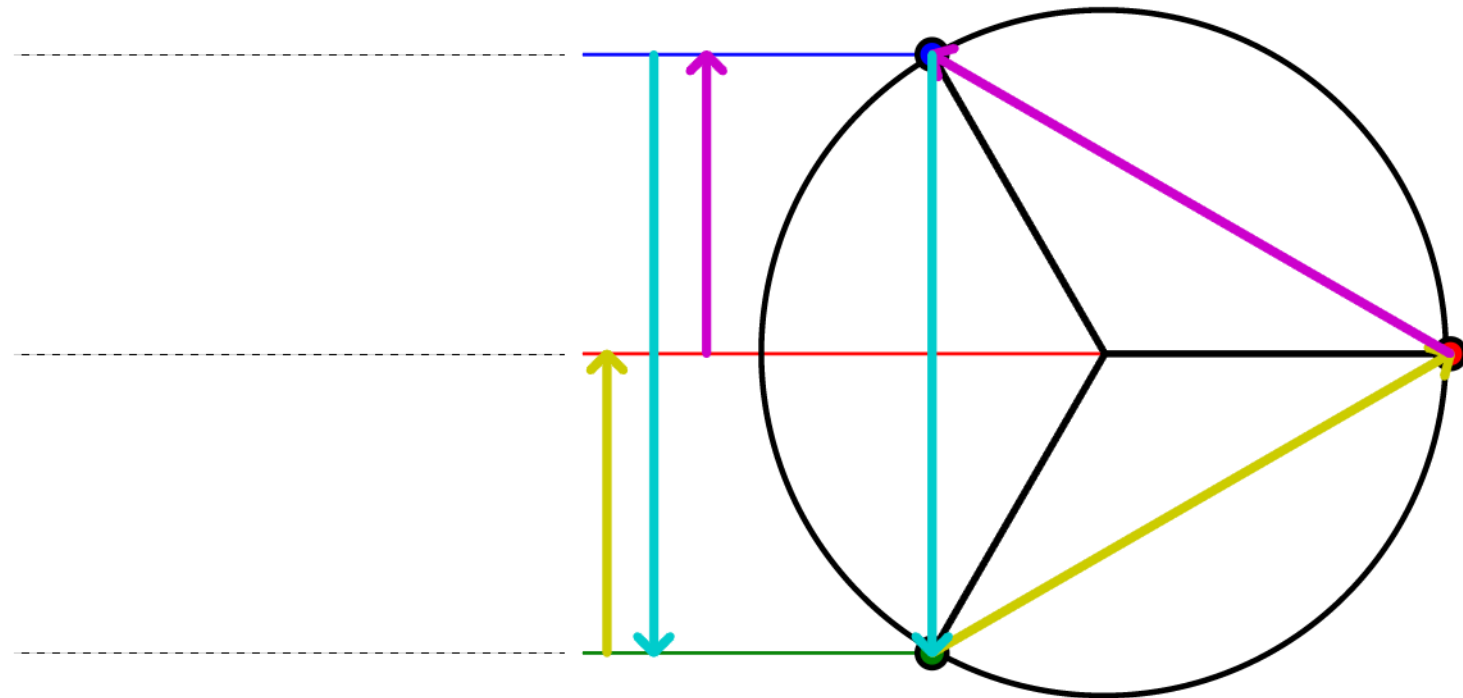
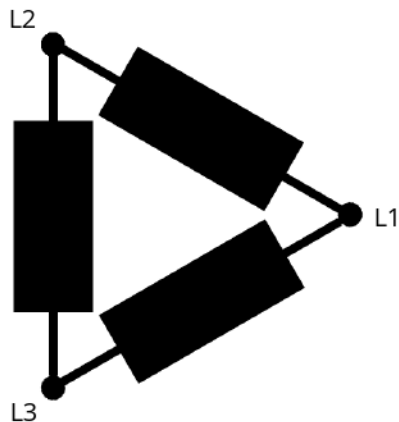
D-koppling

Ett annat sätt att koppla samman de tre lindningarna från trefasgeneratoren för att få ett symmetriskt trefassystem är att koppla ena änden på varje spole med andra änden på en av de andra i en triangel så som på bilden.

Vid D-koppling finns det ingen gemensam neutralpunkt. I och med detta går det inte att ta ut någon neutralledare ur systemet.

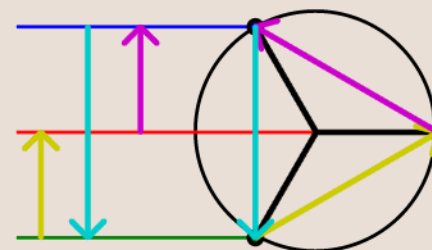
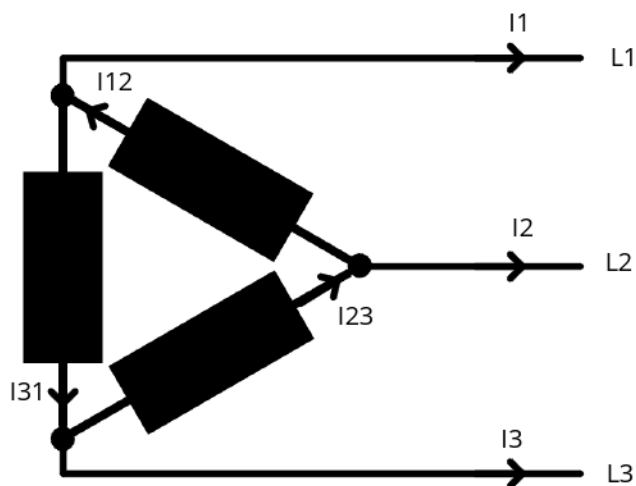
D-koppling kallas även för triangelkoppling eller Δ -koppling (Δ är den grekiska bokstaven delta).

Vid D-koppling är det huvudspänningen som är kopplad till varje del av lasten (exempelvis motorns spolar).



Strömmarna vid D-koppling

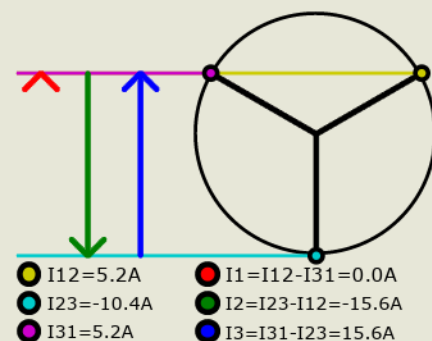
I en D-kopplad trefasgenerator är varje lindning ansluten till två fasledare och varje fasledare ansluten till två lindningar. Strömmen som kommer i varje fasledning I_H (huvudström eller linjeström) delas upp mellan de båda lindningar den är ansluten till I_f (fasström). Huvudströmmen, I_H är vektorsumman av två fasströmmar.



Huvudström:

$I_H = 18.0A$

$I_f = I_H / \sqrt{3} = 10.4A$



Studera hur de olika spänningarna och delströmmarna varierar. Du kan även här ändra strömmen till lasten. Med knapparna UH, UF, IH samt If kan du välja att visa eller dölja respektive kurvor.

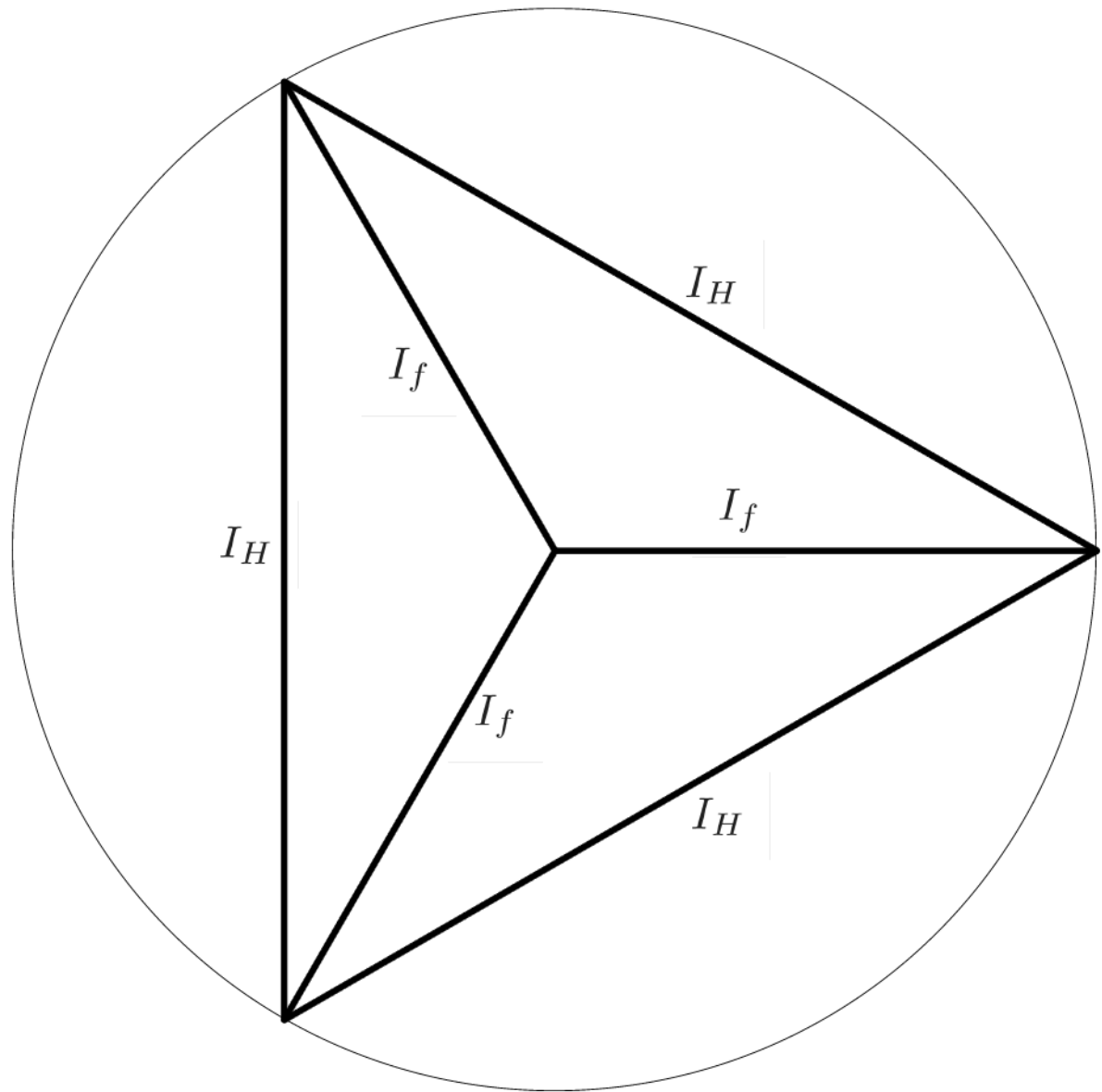


Huvudström, fasström

Vid D-koppling och symmetrisk belastning är förhållandet mellan huvudström och fasström $\sqrt{3}$.

$$I_H = I_f \cdot \sqrt{3}$$

$$I_f = \frac{I_H}{\sqrt{3}}$$



Trefasbelastningar

Ett trefassystem eller ett nät kan vara Y- eller D-kopplat. Trefassystemen har standardiserade benämningar t ex 230/400V. Benämningen talar om att nätet har en fasspänning (Uf) på 230V och en huvudspänning (UH) på 400V.

Trefasbelastningar (motorer) har också standardiserade benämningar som t ex 230/400V eller 400/690V. Märkningen har dock en annan betydelse, nämligen att belastningen kan anslutas till två olika nät.

Antingen till ett nät vars huvudspänning är 230V eller till ett nät vars huvudspänning är 400V.



Y- eller D-kopplat?

På motorns märkplåt kan det stå 230/400V. Detta innebär att varje lindning i motorn är avsedd att matas med 230V.

Genom att Y-koppla denna kommer varje lindning att matas med nätets fasspänning, detta kommer då att fungera bra på ett 230/400V elnät.

Genom att D-koppla denna kommer varje lindning att matas med nätets huvudspänning, detta kommer då att fungera bra på ett 133/230V elnät.

Om man gör fel och D-kopplar motorn till ett 230/400V elnät kommer varje lindning att matas med 400V och motorn förstörs.

Gör man i stället fel och Y-kopplar motorn till ett 133/230V nät matas varje lindning med 133V och motorn blir då väldigt svag. Om en sådan motor belastas med full last blir strömmen i lindningarna för hög och motorn förstörs.



Prova olika kombinationer av elnät och motorer. Hur ska en 400/690V motor kopplas för att anslutas till ett 230/400V elnät?

Elnätets spänning

- ☒ 133/230V
- ☐ 230/400V
- ☐ 400/690V

Motorns märkplåt

- ☒ 133/230V
- ☐ 230/400V
- ☐ 400/690V

Sammankoppling

- ☒ Y-koppling
- ☐ D-koppling

Ger

Ett elnät på 133/230V där en motor Y-kopplas ger 133V per lindning.

En motor märkt med 133/230V ska ha 133V per lindning för att fungera som det är tänkt.

Eftersom varje lindning i motorn får den spänning den är avsedd för fungerar inkopplingen.



Anslutning på motorn

Motorn består av en rörlig del, rotorn och en fast del, statorn. I statorn finns det tre kopparlindningar. Varje lindning har två ändar och varje ände går till en gängstav som finns i en anslutningsplint på motorn. Det är motorns anslutningsplintar som visas i bilden.

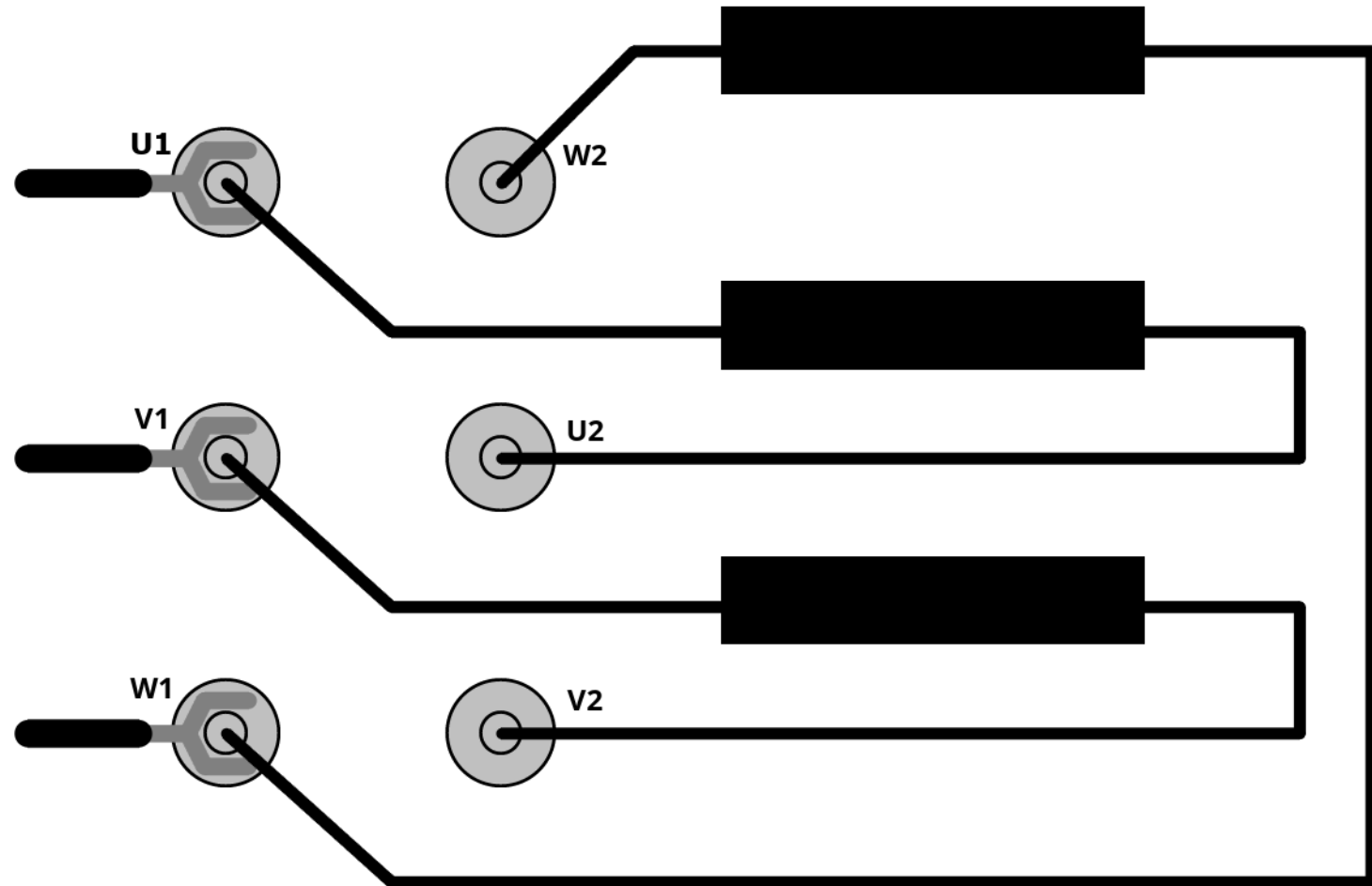
I anslutningsplinten förbinder man kopparlindningarna med varandra, Y-kopplat eller D-kopplat med hjälp av kopparbleck.

Vid Y-koppling ska en ände från varje lindning förbindas till en neutralpunkt.

Vid D-koppling ska, L2 förbindas med L1, L3 förbindas med L2 och L1 förbindas med L3.



Testa att titta på hur kopparblecken ska placeras vid y- respektive D-koppling.



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



Oskar Persson
P&L Nordic AB

Aktivitetspoäng
0 av 16

Introduktion



Sidnummer
4:13



Sammanfattning

Med en motors verkningsgrad menas förhållandet mellan avgiven och tillförd effekt.

När man säger styrning av en motor så innebär det oftast att motorn styrs till och från. Vid reglering kan varvtalet även regleras upp eller ner.

Elmotorer står för 40 % av elanvändningen i samhället och så mycket som 70 % inom industrin. Potentialen för energieffektivisering är alltså stor.

Den gamla klassningen sorterade motorerna i effektiviseringsklasserna EFF1, EFF2 och EFF3 där EFF1-motorerna hade högst verkningsgrad. Motorklasserna har nu beteckningarna IE1, IE2 och IE3, där IE3 har högst verkningsgrad.

Lagen om ekodesign av energirelaterade produkter började gälla inom hela EU 2008. Ett antal förordningar har beslutats inom ramen för Ekodesignarbetet, bl a en förordning om elmotorer. I denna förordning anges de energieffektivitetskrav som gäller.

Magnetism uppstår när det finns elektroner i rörelse. När en ström flyter genom en ledare bildas ett magnetiskt fält kring ledaren. Detta fält reagerar med andra magnetiska fält så att en mekanisk kraft kommer att påverka ledaren.

I en Y-koppling finns det huvud- och fasspänning men endast en ström.

I en D-koppling finns det huvud- och fasström men endast en spänning.

En motoraxel roterar tack vare att magnetfälten i statorn och rotorn samverkar och utövar en mekanisk kraft till varandra som ger rotorn ett vridmoment.

Det vridande moment som motorn klarar beror på motorns effekt och vilken styrmotod man väljer.

Efter start accelererar rotorn av ett accelerationsmoment som är skillnaden mellan momentet enligt momentkurvan och belastningsmomentet. I den punkt där vridande och bromsande moment är lika fås den stationära arbetspunkten. Motorn får då märkvarvtalet.

En motors startmoment måste överstiga belastningsmomentet för att kunna starta.

En motoranläggning måste vara dimensionerad så att stora spänningsfall undviks.

