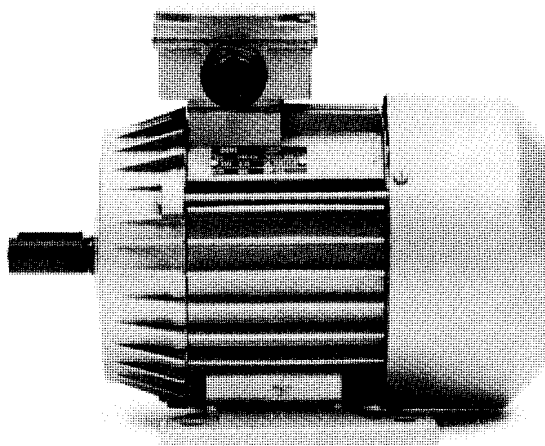


Elkraftsteknik (EEK565)

Laboration 2

Drift av asynkronmotor



Laborant:

Datum:

.....

.....

Handledarens signatur efter godkänd laboration

.....

Denna laboration syftar till att visa fenomen i elektriska drivsystem. Speciellt undersöks asynkronmaskinen vad det gäller vridmoment, nätpåverkan och start. Även lite av likströmsmaskinens egenskaper undersöks och olika maskintyper demonstreras.

Labben innehåller hemuppgifter som skall vara gjorda före labtillfället. Fråga någon av lärarna i kursen om du behöver hjälp med dem.

H Hemuppgifterna är märkta med H och skrivna i kursiv stil.

Allmänt

Vid test av elektriska maskiner måste både den elektriska och den mekaniska sidan av maskinen kunna påverkas. Den vanligaste användningen av elektriska maskiner är att de driver en mekanisk last som alltså ger ett bromsande vridmoment på axeln. Vid test av maskiner är det dock inte så lämpligt med en vanlig mekanisk last, av flera orsaker. Dels är en mekanisk last ofta inte så enkelt styrbar och dels måste den energi som elmaskinen överför till det mekaniska systemet tas om hand. För att undvika dessa problem använder man istället en annan elektrisk maskin som simulerar den verkliga lasten. På så sätt kan man elektriskt styra vridmomentet som belastar den testade maskinen, samtidigt som den mekaniska energi som ges av den testade maskinen omvandlas tillbaka till elektrisk energi. Det betyder att den effekt som man testar med inte går förlorad, utan, så när som på de båda maskinernas förluster, så cirkulerar energin bara runt i systemet. Det är dock inte kostnaden för elenergin som gör att man testar på detta sätt utan att utrustningen för att till exempel kyla bort 10 kW är dyr och klumpig.

I första delen av denna laboration testas asynkronmaskinen och den belastas då med en likströmsmaskin. Eftersom det är dyrt att mäta vridmoment enkelt och exakt så beräknas vridmomentet ur likströmsmaskinens varvtal, fältström, ankarström och ankarspänning. De formler som finns i kursboken försummar alla förluster utom resistansförluster i rotorn. För att öka noggrannheten i vridmomentberäkningen har därför likströmsmaskinens övriga förluster mätts upp. I mätprogrammet finns en rutin inbyggd som räknar ut vridmomentet med hänsyn tagen till magnetisk mättning i fältkretsen och förluster. Det vridmoment som presenteras på skärmen är inte helt exakt men stämmer i de flesta fall i storleksordningen $\pm 2\%$ av märkmoment, det vill säga ± 0.6 Nm.

Till ert förfogande, när ni labbar, har ni färdiga mätprogram som mäter viktiga storheter. Det finns tre olika delar av programmet som är anpassade för de olika momenten i denna lab. För att kunna använda programmet skall ni koppla labutrustningen så att rätt storheter mäts och att deras signaler kopplas till rätt analoga ingångar till mät datorn enligt signallistan som visas på mätprogrammets paneler.

I appendix A hittar ni märkdata på maskinerna.

1 Asynkronmaskinen i normaldrift

Syfte: att undersöka hur asynkronmaskinen uppför sig i normaldrift. Dels vad det gäller påverkan på elnätet, dels dess moment-varvtalskaraktäristik.

Asynkronmaskinen skall kopplas till 400 V nätet, via en kontaktor, och bromsas med likströmsmaskinen, enligt figur 1. Ta reda på om asynkronmaskinen skall kopplas i Y eller Δ , när nätspänningen är 400 V och frekvensen 50 Hz. (Detta kan man lista ut ur märkdata). På maskinens uttagsslåda finna de tre lindningarnas alla 6 uttag framdragna. Ni måste själva koppla dem rätt för att få Δ eller Y-koppling.

Likströmsmaskinen skall matas från tyristorströmriktaren.

Fältströmmen matas då från en styrbar enfaslikriktare och ankarströmmen från en styrbar trefaslikriktare/växelriktare.

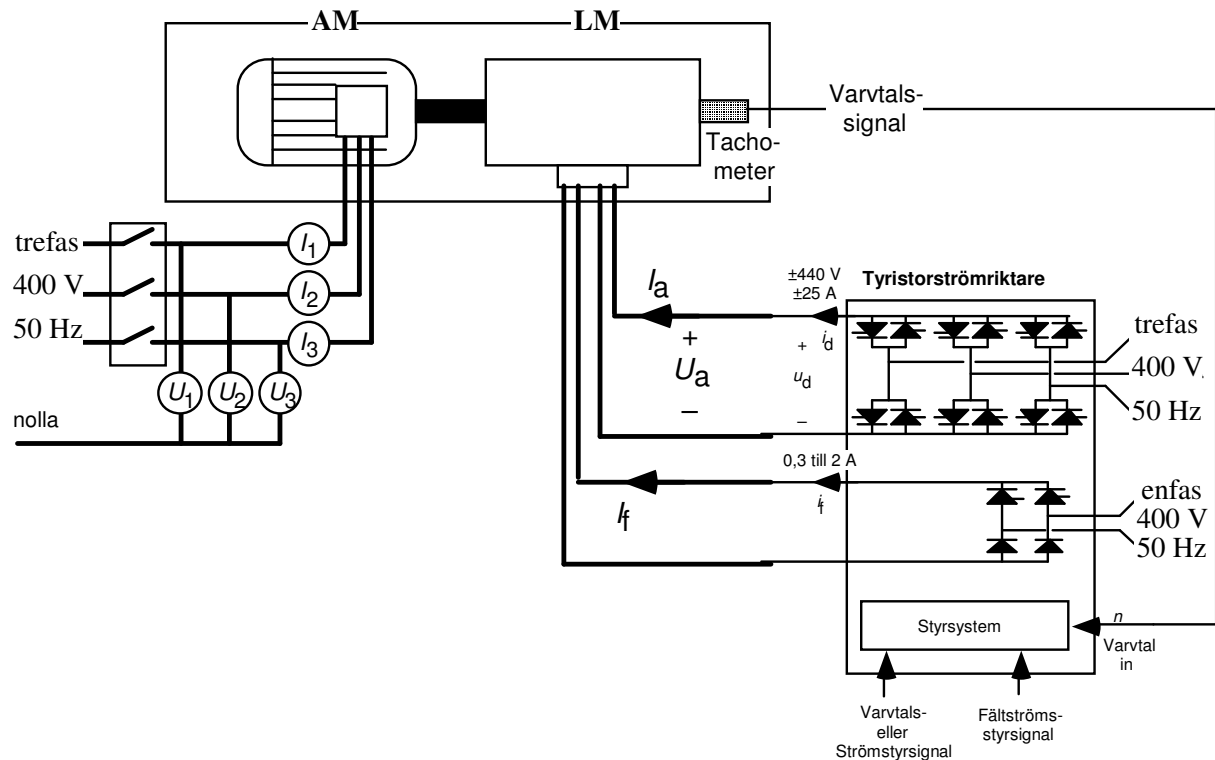
Koppla in likströmsmaskinens kylfläkt. Den skall matas med trefas 400 V från 10 A säkringen.

Först skall asynkronmaskinen testas i tomgång. Starta genom att:

- 1) Kontrollera först att strömriktaren står i läge "Från",
- 2) Starta asynkronmaskinen genom att slå till kontaktorn.
- 3) Kontrollera att maskinen går åt rätt håll; den skall rotera enligt pilen på lagerskölden.

Efter en snabb start kommer maskinen att gå på sitt tomgångsvarvtal, eftersom den avstängda likströmsmaskinen inte bromsar nästan alls. Mät ström, aktiv och reaktiv effekt som maskinen drar från nätet samt varvtal och för in dem i tabell 1.

Notera att varvtalet skall avläsas på bänkpulpeten och inte på datorskärmen, eftersom den varvtalsgivaren är mycket noggrannare än den som är kopplad till datorn. Datorn behöver varvtalssignalen framför allt för sin momentberäkning och då är noggrannhetskraven mycket lägre än vad som krävs för att få moment-varvtalskurvan att bli rätt.



Figur 1 Maskinuppkoppling för att testa asynkronmaskinen i normaldrift.

Börja bromsa med likströmsmaskinen genom att:

- 1) Låta Asynkronmaskinen fortsätta vara på,
- 2) Se till att tyristorströmriktarens styrssystem är inställt på strömstyrning (omkopplaren ovanför styrsignalratten i läge "ström"). I detta läge kommer styrsystemet se till att ankarströmmen alltid håller det inställda, medan ankarspänningen kommer att behöva variera beroende på varvtal.
- 3) Se till att strömstyrsignalratten står i läge 0
- 4) Se till att omkopplarna för styrsignalerna är ställda uppåt (de sitter under styrsignalrattarna och skall peka upp mot rattarna, om de pekar neråt tas styrsignalen istället från BNC kontakten märkt "extern styrning").
- 5) Starta strömriktaren genom att ställa omkopplaren i läge "drift" (Det tar cirka 5 sekunder för strömriktarens styrdator att starta, innan dess händer inget).
- 6) Ställ in fältströmmen på 1.9 A

Nu kan likströmsmaskinens bromsande moment styras genom att dess ankarström styrs av tyristorströmriktaren. Eftersom likströmsmaskinen skall bromsa asynkronmaskinen innebär det att den skall ta mekanisk effekt från asynkronmaskinen och mata in den på elnätet igen.

Det vill säga, likströmsmaskinen skall gå i generatordrift. Eftersom U_a kommer att vara positiv innebär det att ni skall styra I_a till att vara negativ! Ni skall nu mäta upp värden för att plotta momentkaraktärstiken samt för att ta reda på hur den reaktiva effektförbrukningen varierar när den aktiva effekten ändras.

Mät ström, aktiv och reaktiv effekt som asynkronmaskinen drar från nätet samt varvtal och vridmoment, och för in dem i tabell 1. Mät även effekten till likströmsmaskinens ankarkrets.

H Vad är maskinernas varvtal när asynkronmaskinen kopplats till elnätet, men innan strömriktaren som matar likströmsmaskinen startats, och varför fås det varvtalet?

.....

.....

.....

.....

H Vad händer med maskinernas varvtal då ankarströmmen i likströmsmaskinen ökas (men med negativt tecken!) och varför? Fältströmmen är konstant 1.9 A

.....

.....

.....

.....

.....

H Vad händer med effektivvärdet på strömmen som asynkronmaskinen drar från nätet då ankarströmmen i likströmsmaskinen ökas (men med negativt tecken!) och varför? Fältströmmen är konstant 1.9 A Förklara strömändringen utifrån ekvivalenta schemat.

.....

.....

.....

.....

Mät samma saker som tidigare men vid en positiv ankarström till likströmsmaskinen (+10 A) och för in i tabell 1. Förklara vad som händer med aktiva effekten till asynkronmaskinen från elnätet, vridmoment och effekten från likströmsmaskinen till tyristorströmriktaren i detta fall.

.....

.....

Tabell 1 Asynkronmaskinen i normaldrift mot 400 V nätspänning. Storheter märkta med * mäts på likströmsmaskinen.

Ställ in	mät						Beräknas efteråt	
I_a^* (A)	P_s (W)	Q_s (VAr)	I_s (A)	n (rpm)	T (Nm)	P_a^* (W)	η_{AM} (%)	P_{mek} (W)
tomgång 0								
-5 A								
-10 A								
-15 A								
-20 A								
-23 A								
+10 A								

Titta nu på visardiagrammet över maskinens klämspänning och statorström, genom att byta panel i mätprogrammet. Variera lasten genom att ändra ankarströmmen till likströmsmaskinen. Strömvektorn kan anses bestå av två komponenter, den längs med spänningsvektor motsvarar aktiv effekt och den vinkelrät mot spänningsvektorn motsvarar reaktiv effekt. Testa och se att ändring i vridmoment ändrar strömmens storlek och vinkel. Om du vill, fundera över varför de olika strömkomponenterna varierar på olika sätt.

Ungefär vilken fasvinkel har strömmen då motorn går i tomgång?

Vad händer med strömmens fasvinkeln då maskinen går över i generatordrift?

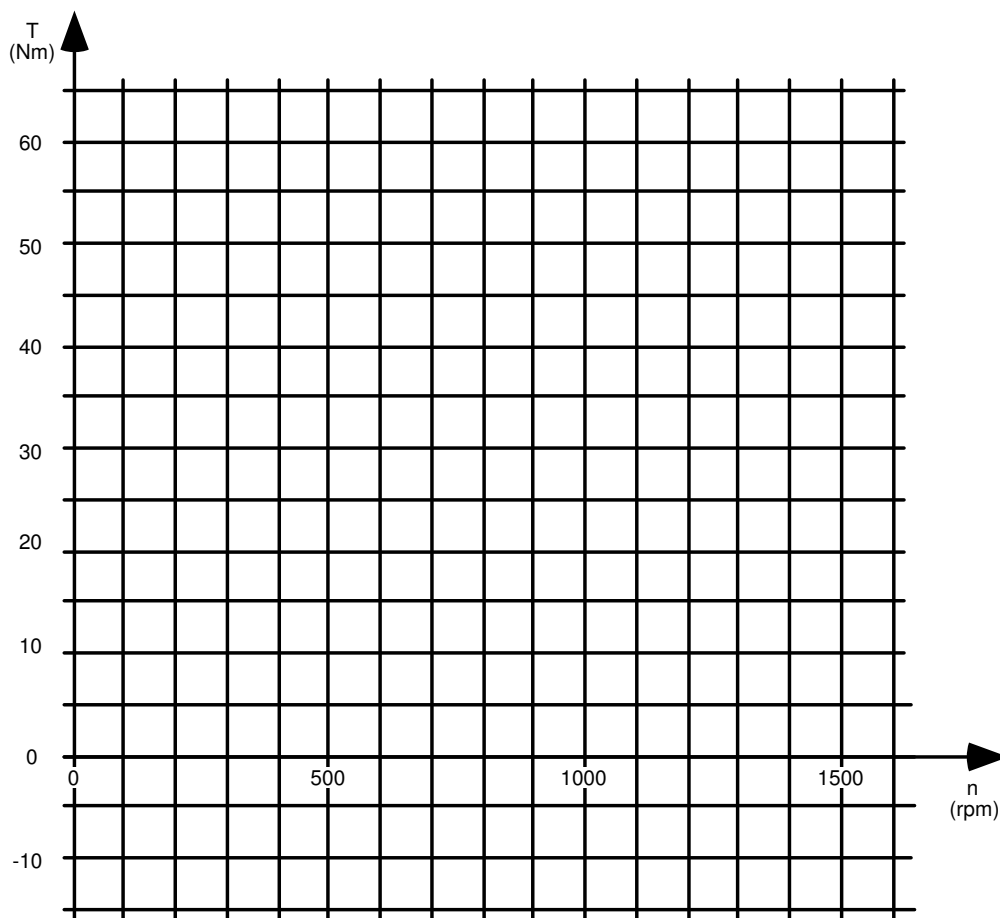
.....

När ni skall stänga av systemet är det viktigt att det görs i rätt ordning, annars kommer maskinerna att rusa upp i ett för högt varvtal. Stäng av genom att:

- 1) Vrida strömstyrsignalen till 0,
- 2) Stänga av strömriktaren (läge "från")
- 3) **SIST** skall asynkronmaskinen stängas av (eftersom det är den som begränsar varvtalet).

Rita in asynkronmaskinens momentkurva vid normaldrift i figur 2 med hjälp av de uppmätta driftpunkterna. Stämmer punkten med märkvarvtal och märkmoment från märkplåten med den uppmätta momentkurvan? (Märkmomentet måste beräknas ur data från märkplåten)

Ofta stämmer märkdriftpunkten dåligt med den mätta kurvan. Detta beror bland annat på att lutningen på maskinens momentkurva varierar med nätspänning och med temperatur, vilket gör att varvtalet vid märkmoment också varierar. Det varvtal som står på märkplåten gäller alltså bara vid viss temperatur och nätspänning.



Figur 2 Uppmätt moment som funktion av varvtal vid 400 V statorspänning

Beräkna den mekaniska effekten vid de olika belastningarna och för in i tabell 1. Rita upp den aktiva och reaktiva effekten som asynkronmaskinen drar från elnätet som funktion av den avgivna mekaniska effekten, i figur 3. Varför ser kurvan för aktiv effekt ut som den gör?

.....

.....

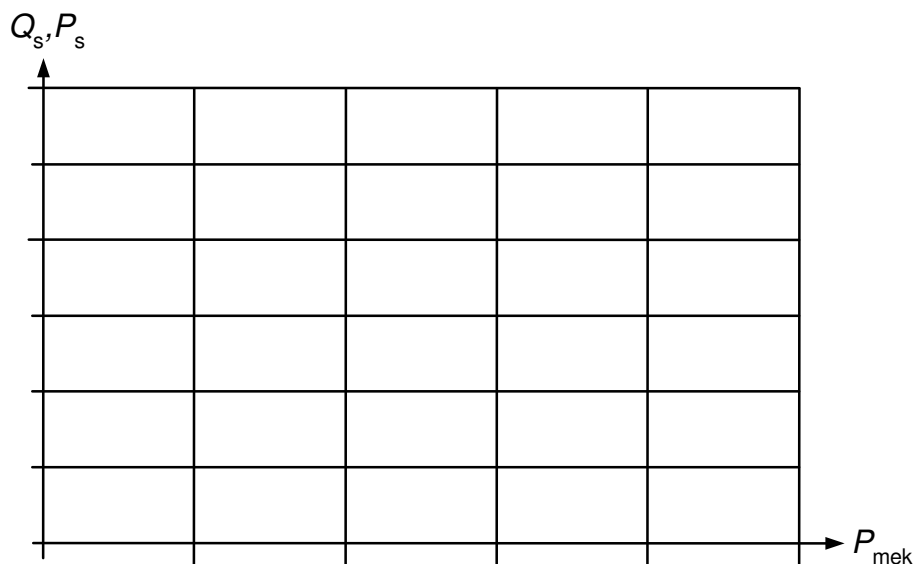
.....

Beräkna asynkronmaskinens verkningsgrad ur de mätta storheterna, och för in resultatet i tabell 1. Vad blir verkningsgraden för asynkronmaskinen som högst?

.....

Vad blir verkningsgraden när maskinen går i tomgång? (Observera att maskinen inte går helt i tomgång när ankarströmmen i likströmsmaskinen är noll, för fortfarande bromsas den av friktionen i likströmsmaskinen)

.....



Figur 3 Aktiv och reaktiv effekt som AM upptar från elnätet, som funktion av avgiven mekanisk effekt.

Titta nu på visardiagrammet över maskinens klämspänning och statorström, genom att byta panel i mätprogrammet. Variera lasten genom att ändra ankarströmmen till likströmsmaskinen. Strömvektorn kan anses bestå av två komposanter, den längs med spänningsvektor motsvarar aktiv effekt och den vinkelrät mot spänningsvektorn motsvarar reaktiv effekt. Testa och se att ändring i vridmoment ändrar strömmens storlek och vinkel. Om du vill, fundera över varför de olika strömkomposanterna varierar på olika sätt.

Ungefär vilken fasvinkel har strömmen då motorn går i tomgång?

Vad händer med strömmens fasvinkeln då maskinen går över i generatordrift?

.....

2 Start av asynkronmaskinen

Syfte: Se hur en asynkronmaskin uppför sig under en start.

En av de stora fördelarna med asynkronmaskinen är att den kan startas och drivas direkt med spänningarna från ett elnät, utan någon speciell startutrustning. Att den kan startas är dock inte det samma som att starten är bra för nätet. Nedan skall ni upptäcka att strömmarna som dras i starten är väldigt stora, vilket kan ge störningar på elnätet. Dessutom blir starten inte mjuk sedd ur den mekaniska lastens perspektiv.

Nu skall asynkronmaskinen direktstartas med 400 V spänning. Använd samma koppling som i uppgift 1, men flytta nu strömmen i T-fasen till asynkronmaskinen till mätgivaren I_6 med 140 A område. Då skall även BNC-sladden på pulpeten, för den fasströmmen, flyttas till mätuttaget för I_6 . Dessutom skall datorn kunna styra tillslaget av asynkronmaskinen genom att en BNC-sladd kopplas från en digital utgång "DOØ" till kontakten märkt "extern styrning" som sitter under vredet för kontaktorstyrning. Vredet skall stå i läget "av" när man kopplar på spänningen och ställs sedan i läge "ext" när rätt del av mätprogrammet har startats.

Datorn gör en mätning när man trycker på "start"-knappen på skärmen och plottar tidsfunktionerna för en statorström, nätspänningen och maskinernas varvtal i ett diagram.

Skriv ut de uppmätta kurvorna (tryck på utskriftsknappen i fönstret).

Skriv ner maxvärdet på strömmen under starten:.....

Hur många gånger större än märkströmmens toppvärde är max strömmen under starten?

.....

Förklara varför amplituden på asynkronmaskinens ström är som den är vid startens början, förklara varför strömmens amplitud ändras under starten och varför den har den amplitud den har då starten är slut och stationärtillstånd inträtt.

.....
.....
.....
.....

Vad skulle konsekvenserna bli för startströmmen och varvtalet under startförloppet om den mekaniska lasten bromsade med ett större vridmoment under starten?

.....
.....

3 Asynkronmotordrift med frekvensomriktare

Syfte: Att visa hur en frekvensomriktare fungerar och hur den kan användas för att varvtals styra en asynkronmaskin, samt att visa hur motorn uppför sig vid olika matningsfrekvenser.

För att ha en mekanisk last till asynkronmotorn kommer likströmsmaskinen att användas som generator och lastas elektriskt med en resistans kopplad till ankarkretsen. Likströmsmaskinens fält skall matas från tyristorströmriktaren.

Man får inte koppla om resistansen som lastar likströmsmaskinen under drift, eftersom de kontaktorer som används i resistanslasten inte är gjorda för att bryta likström! Istället för att variera lasten med lastresistansens motståndsvärde så kommer fältströmmen att användas för det syftet. När fältströmmen ändras varierar den spänning som genereras, och följaktligen ändras även strömmen i ankarkretsen och därmed det bromsande vridmomentet.

Observera att det inte går att justera ner fältströmmen till noll med ratten, utan minimivärdet är cirka 0,3 A. För att få noll fältström skall hela strömriktaren stängas av med vredet på pulpeten i läge "Från".

H Härled ett uttryck för hur likströmsmaskinens vridmoment kommer att variera med varvtal och fältström. (När ankarkretsen lastas med en fast resistans, R_{ytte})

.....

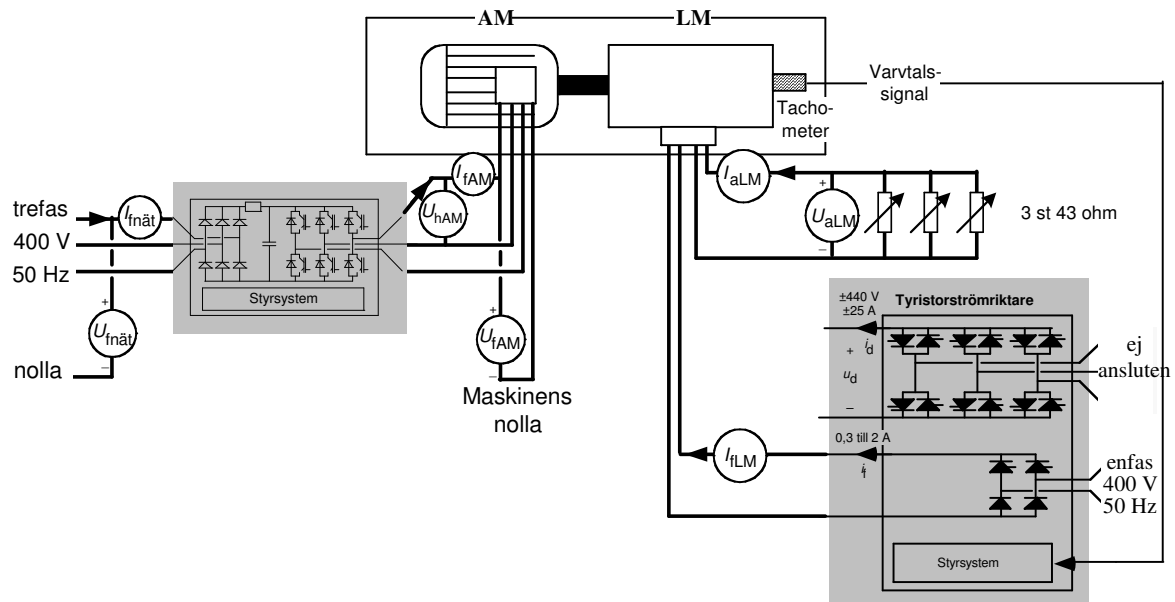
H Vilka frekvenser skall asynkronmaskinen matas med för att gå på varvtalen 1000 respektive 2000 rpm, då den går obelastad?

.....

Koppla upp asynkronmaskinen matad från transistorfrekvensomriktaren och lastad med likströmsmaskinen, som figur 4 visar. Ström och spänning in till frekvensomriktaren skall mätas, liksom ström och spänning till asynkronmaskinen samt dess varvtal. För att kunna beräkna vridmomentet skall även likströmsmaskinens strömmar och ankarspänning mätas.

Mata tyristorströmriktaren från 10 A trefassäkring. Ställ resistanslasten på 43 ohm, max last.

OBS! Asynkronmaskinens nolla FÅR INTE anslutas till nätets nolla, utan skall bara vara ansluten till spänningsmätningen för maskinens fasspänning. Nollan i en maskin matad av frekvensomriktare kommer nämligen att ha en spänning på några 10-tals volt relativt nätets nolla.



Figur 4 Asynkronmaskinen matad från frekvensomriktaren och belastad med likströmsmaskinen.

H Ungefär vilken frekvens behövs för att asynkronmaskinen skall gå på varvtalen 1000 och 2000 rpm med märkmoment på maskinens axel ?

.....

3.1 Frekvensomriktarens funktion (Demonstreras av handledarna)

Frekvensomriktaren bygger på pulsbreddsmodulering, förkortat PWM på engelska (Pulse Width Modulation), vilket innebär att den inte kan styra amplituden på spänningen den skapar. För denna frekvensomriktare kan utspänningen (huvudspänningen) bara anta tre värden, cirka +550 V, 0 V och -550 V. För att få andra spänningar måste den snabbt koppla om mellan de tre spänningsnivåerna och ligga kvar olika länge på de olika nivåerna. På så sätt kan medelvärdet av den skapade spänningen varieras genom att pulsbredderna varieras, utan att amplituden ändras. Denna teknik används för att den gör att förlusterna i omriktaren kan hållas på ett minimum. Omkopplingarna sker med en fast frekvens, modulationsfrekvensen, som är mycket högre än den växelspänningsfrekvens man vill driva motorn med. Modulationsfrekvensen för transistorfrekvensomriktare i denna effektklass är typiskt mellan 1 kHz och upp till 20 kHz, medan den grundton man vill skapa till motorn oftast ligger under 100 Hz.

Tack vare att asynkronmotorn är induktiv kommer den att motverka snabba strömändringar och vara känslig framför allt för de långsamma variationerna i medelvärdet på den pulsbreddsmodulerade spänningen, medan de snabba omkopplingarna mellan de tre spänningsnivåerna (modulationen) har så hög frekvens att motorn inte hinner reagera speciellt mycket på dem. Motors ström kommer alltså att påverkas mest av den lågfrekventa grundtonen hos spänningen som transistorfrekvensomriktaren skapar och därför vara nästan sinusformig. Tittar man noggrannare på motorströmmen kommer man dock att se ett överlagrat rippel (strömvariation) med samma frekvens som modulationen. Genom att välja modulationsfrekvensen hög kommer amplituden på rippet i motorströmmarna att bli litet. I denna lab används dock en relativt låg switchfrekvens för att det lättare skall gå att se hur PWM spänningen är uppbyggd.

Labhandledarna demonstrerar hur frekvensomriktaren skapar en PWM spänning vars grundton har varierande frekvens och amplitud. De visar hur bland annat hur:

- omriktaren skapar en sinusformig utsignal genom att variera pulslängden
- frekvensen kan varieras, utan att modulationsfrekvensen ändras
- spänningens grundtonsamplitud sänks, utan att spänningspulsernas amplitud ändras

För sinusformiga storheter kommer alla typer av växelströmsvoltmetrar att visa samma resultat, men det gör de inte för PWM spänningar. När man mäter på en PWM spänning är det mycket viktigt att veta vilken egenskap hos spänningen man vill mäta och välja

mätinstrument och mätmetod därefter. Vilken egenskap man vill mäta hos spänningen beror på vad resultatet skall användas till.

Skall man till exempel beräkna förlusteffekt i en resistans, så är det spänningens effektivvärde som skall mätas.

Skall man beräkna hur magnetfältet i en induktans påverkas av spänningen, så är det spänningens medelvärde (eller likriktade medelvärde) som är intressant.

Om spänningen matar en växelströmsmotor så är det framför allt grundtonens effektivvärde som är intressant för hur motorn kommer att uppföra sig. Dock är vissa förluster i motorn beroende av totala effektivvärdet på spänning och ström.

I labprogrammet visas både det totala effektivvärdet och grundtonens effektivvärde på flera storheter. Syftet är inte att ni skall bli experter på att välja mätmetod, utan bara att ni skall notera den stora skillnad man får med olika mätmetoder, när man mäter på icke sinusformiga storheter.

Kom ihåg: Mätning på icke sinusformiga storheter, speciellt när kraftelektronik är inblandad, är svårt. Ta alltid reda på hur storhetens tidsfunktion ser ut innan du mäter med en voltmeter eller amperemeter. Fundera noga över vad du skall använda mätresultatet till och vilken mätmetod som passar för det ändamålet.

3.2 Varvtalsreglering med frekvensomriktare

Först skall en mekanisk last varvtalsregleras genom att asynkronmaskinen matas med varierande frekvens.

Eftersom tyristorströmriktaren bara används för att mata fältström till maskinen, så är bara fältlikriktaren spänningsmatad. Detta leder till att omriktaren tror att det är fel på nätspänningen som matar huvudkretsen i strömriktaren. För att detta fel inte skall leda till att den stänger av fältlikriktaren så skall asynkronmaskinen startas först, så att likströmsmaskinen roterar, innan strömriktaren sätts på.

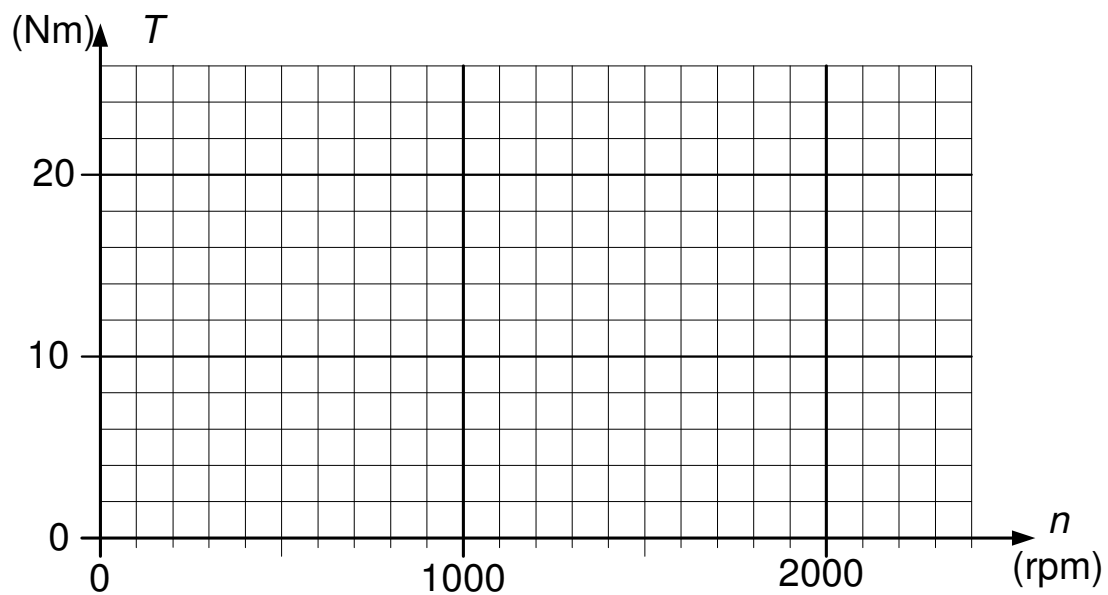
Om varvtalet går ner till noll under mätningen så kommer fältlikriktaren att stängas av, på grund av felsignal från huvudkretsen. För att kunna starta om den måste tyristorströmriktaren först ställas i läget "från", sedan accelereras asynkronmaskinen upp så att den roterar, och till sist sätts tyristorströmriktaren i läge "drift" igen.

Starta systemet och ställ in 1.9 A fältström. Ställ sedan in frekvensomriktaren på olika frekvenser och mät varvtal, vridmoment, strömmar och spänningens grundton. Fyll in resultaten i tabell 2. Det beräknade vridmomentet blir negativt, men det beror på att ström och spänning från likströmsmaskinens ankarkrets är mätta med motoriska referenser. Därmed får även vridmomentet motoriska referenser, och eftersom likströmsmaskinen går som generator i denna uppgift blir värdet på vridmomentet alltså negativt.

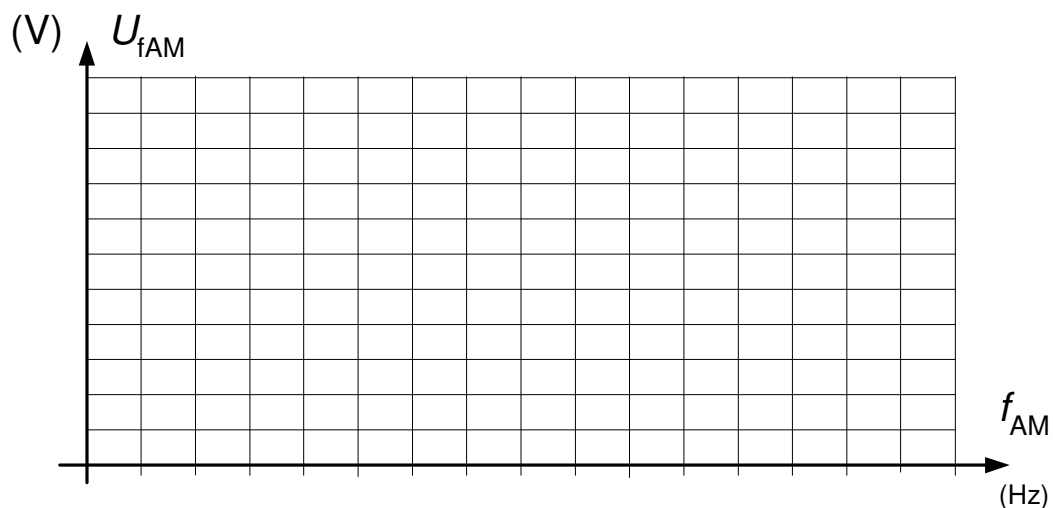
Tabell 2 Mätning på den lastade asynkronmotorn vid olika matningsfrekvens, med 1.9 A fältström i likströmsmaskinen.

Ställ in f_{AM} (Hz)	mät U_{fAM} (grundton, V)	n (rpm)	T (Nm)
10			
20			
30			
40			
50			
60			
65			

Ta reda på lastens momentkaraktäristik, då fältströmmen är på 1.90 A, ur mätvärdena i tabell 2. Plotta den i Figur 5. Plotta även asynkronmaskinens statorspänning som funktion av frekvens i Figur 6.



Figur 5 Lastens momentkaraktäristik samt asynkronmotorns momentkaraktäristik vid två olika matningsfrekvenser.



Figur 6 Asynkronmaskinens grundtonsspänning som funktion av matningsfrekvens.

Notera att asynkronmaskinen kan köras med högre varvtal än märkvarvtalet 1435 rpm, genom att frekvensen ökas över 50 Hz. Dock måste spänningen begränsas till märkspänning, se figur 6, vilket leder till att magnetfältet minskar i motorn vid höga frekvenser. Motorn blir då "svagare" och dess maximala vridmoment minskar.

3.3 Start av asynkronmaskin med frekvensomriktare

Asynkronmaskinen skall nu startas från 0 till ca 1500 rpm med frekvensomriktaren.

Starta rätt del av mätprogrammet.

Låt datorn styra frekvensen via A00 som kopplas till frekvensomriktarens "extern styrsignal".

För att koppla in den externa styrningen skall omkopplaren mellan potentiometern och styrsignalkontakten ställas så den pekar nedåt.

Tryck på knappen "start" på mätprogrammets fönster och titta på startström till motorn samt varvtalet. Vad blir toppvärdet på startströmmen till motorn?

Jämför med direktstarten i förra labben (se diagrammet på labbplatsen). Varför blir startströmmen till asynkronmotorn lägre nu?

.....
.....

Titta nu även på den ström som dras från elnätet, genom att zooma in början av starten. Den är inte alls sinusformig, vilket beror på att det sitter en diodlikriktare i frekvensomriktaren. Strömmen ser dock inte ut som nätströmmen från de diodlikriktare som undersökts i denna kurs. Det beror på att den har mycket lite induktans för att glätta likströmmen, istället är likspänningssidan av likriktaren kopplad, via en liten induktans, till en stor likledskondensator. Resultatet är en mycket övertonsrik nätström, som avviker mycket från vad man önskar sig. Skälet för att man har denna "fula" nätström är att det blir billigare att göra omriktaren så. På grund av den dåliga glättningen av likströmmen kommer nätströmmen att ha ett väsentligt högre toppvärde än vad som hade krävts om den var mer sinusformig.

Trots detta blir nätströmmen ändå lägre än motorströmmen i början av starten. Hur är det möjligt att omriktaren ger en högre ström till motorn än vad den själv drar från nätet?

.....
.....

Starten med frekvensomriktare tar dock längre tid än direktstarten. Det beror på att frekvensomriktaren har en inställning för maximal frekvensderivata, för att skydda den mekaniska lasten från snabba belastningsändringar. Dessutom kan överströmskyddet begränsa frekvensökningen i starten. Måste starten ske mycket snabbt kan frekvensomriktarens strömgräns och frekvensderivata ställas upp, och starten kan bli lika snabb eller snabbare än en direktstart. Viktigare än snabbheten är dock oftast att starten skall ske mjukt för att minimera mekaniska påkänningar och att startströmmen skall hållas låg för att minimera påverkan på nätspänningen.

Appendix A: Data på maskinerna

Asynkronmaskinens märkplåt:

Observera att asynkronmaskinen får användas på både 50 och 60 Hz nät. Dock kommer märkeffekt, märkvarvtal och märkspänning att ändra sig med nätfrekvensen.

Motor 3~	50/60 Hz	IEC 34-1
MBT 112 M		1435 / 1735 r/min
4 / 4.6 kW	Cl. F	cos ϕ =0.80
380-420/440-480 V Y		9.1/9.1 A
220-240/250-280 V Δ		15.8 / 15.8 A
No. MK	IP 55	31 kg

Likströmsmaskinens märkplåt:

Likströmsmaskinen har ett märkvarvtal på 1445 rpm som är det lägsta varvtal vid vilket den kan producera märkeffekt. Den kan dock köras på högre varvtal upp till 2835 rpm genom att minska fältströmmen.

Motor ---- Sep	IEC 34-1-1969
Type DMP 112-2 M	No.
4.5 / 4.5 kW	1445 / 3835 r/min
Duty S1	Ins Class F
Arm 260 V	Arm 23.4 A
Exc 220 V	Exc 1.89 A
IP 23 IC 06	IM 1001
	90 kg

20150512