



FORDONSSYSTEM/ISY

LABORATION 3

Roterande växelströmsmaskiner och lik- och växelriktning

(Ifylls med kulspetspenna)

LABORANT:
PERSONNR:
DATUM:
GODKÄND: (Assistentsign)

2018-05-17

Laboration 3

Roterande växelströmsmaskiner och lik- och växelriktning

Innehåll

1	Översikt	3
1.1	Målsättning	3
1.2	Genomförande	4
1.3	Utrustning Asynkronmotor	4
2	Kort handledning till Scope-meter	6
3	Laborationsuppgifter	7
3.1	Lik- och växelriktning	8
3.2	Asynkronmaskin	9
3.2.1	Grundkoppling för asynkronmotorn	9
3.2.2	Motorparametrar	10
3.2.3	Asynkronmotorns momentkurva	10
3.2.4	Förhållandet mellan $I_{L,D}$ och $I_{L,Y}$	12
3.2.5	Effekt, effektfaktor och verkningsgrad	14
3.2.6	Inkoppling av kondensatorbatteri	14
3.2.7	Körning med pådragsmotstånd	15
3.2.8	Körning av motor med varierbart poltal	16
3.3	Frekvensomriktaren	17
4	Förevisning - Infasning av Synkronmaskin	18
5	Förberedelseuppgifter	19
5.1	Lik- och växelriktning	19
5.2	Asynkronmaskin	20
5.2.1	Momentkaraktäristik för asynkronmaskinen	20
5.2.2	Tvåwattmetermetoden	20
5.2.3	Matematiska samband för asynkronmotorn	21
5.2.4	Y/D-kopplingar	22
6	Appendix: Frekvensriktare	23

Viktig säkerhetsinformation!

Vid en eventuell olycka:

Securitas: 013-28 58 88 (hjärtstartare)

Larmnummer: 112

Labblokal: Thyristorn, C-huset, korridor C mellan ingång 25 och 27

1 Översikt

1.1 Målsättning

Lik- och Växelriktning

- Laborationen innefattar likriktning med enpuls- trepuls- och sexpulskopplingar.

Asynkronmaskinen

Tanken är att man under laborationsmomentet skall öva:

- kunna koppla in och styra en trefas asynkronmaskin.
- förstå och tillämpa skillnaden mellan Y/D kopplade lindningar.
- definiering och användning av märkdata i beräkningar.
- beskrivning och genomförande av hur varvtalet kan styras genom att ändra poltal, fasspänning eller rotorresistans samt att beräkna varvtalet givet styrprincip.
- prova på att använda frekvensriktare för körning av växelströmsmaskinen.

Detta ska ske genom att en asynkronmotor med omkopplingsbara lindningar kopplas upp och körs.

Synkronmaskinen

Tanken är att förevisningen skall:

- visa hur infasning av en synkronmaskin går till.
- visa hur synkronmaskinen kan ta eller ge reaktiv effekt.

1.2 Genomförande

I labbsalen finns 5 st fasta arbetsplatser med diverse mätinstrument och motorer. Utöver detta finns 1 arbetsplats med en specialkoppling:

- Motor med varierbart poltal

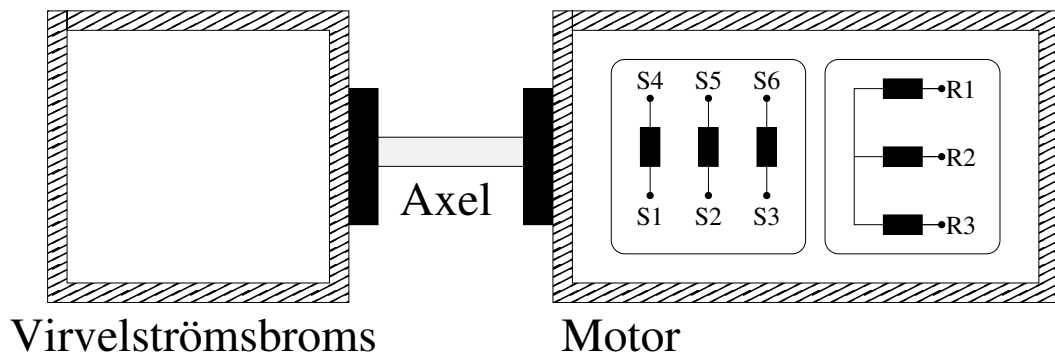
Tanken är att

- Man skall ha 1 av de 5 fasta arbetsplatserna som bas.
- Pådragsresistansen som ska kopplas in på rotorlindningarna delas mellan arbetsplatserna. (Finns endast i ett exemplar och krävs för endast ett av mät-momenten)
- Kondensatorbatterierna av vilka det endast finns 3st delas mellan arbetsplatserna.
- Man någon gång under labben ska flytta sig till arbetsplatsen där motorn med variabelt poltal är uppkopplad för att genomföra de moment som ska göras där.

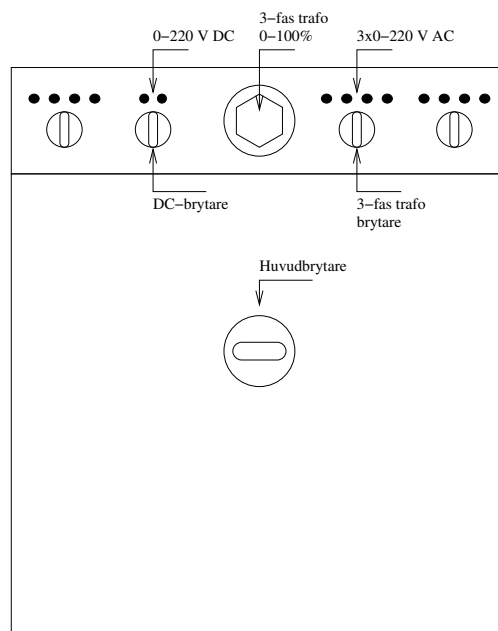
1.3 Utrustning Asynkronmotor

Den utrustning som finns tillgänglig för experimenten är

- Motorutrustningen, bestående av
 - En släpringad asynkronmaskin med omkopplingsbara lindningar mekaniskt kopplad till en virvelströmsbroms. Se vidare Figur 1 för en skiss och Figur 4 för en grundkoppling.
 - En färdiguppkopplad asynkronmotor med varierbart poltal även den mekaniskt kopplad till en virvelströmsbroms.
- Ett trefas rotorpådragsmotstånd.
- Mät/Styr-utrustning
 - Virvelströmsbroms med
 - * Momentmätare
 - * Varvtalsmätare
 - * Bromsmomentstyrning
 - 3-fas växelströmskälla, se vidare Figur 2.
 - Två wattmetrar för att mäta spänning och ström alternativt aktiv och reaktiv effekt med hjälp av tvåwattmetermetoden.
 - Fluke Scope-meter (ett digitalt oscilloscop), se Figur 3.



Figur 1: Motorskiss med olika inkopplingsalternativ. På manöverpanelen till virvelströmsbromsen kan man dels styra bromsmomentet, dels läsa av varvtal och moment. De olika max-strömmarna för motorn framgår av märkskylten. Notera att det går att koppla motorns stator-lindningar i både i Y och D formation. I figuren står S- respektive R-anslutningarna för stator respektive rotor.

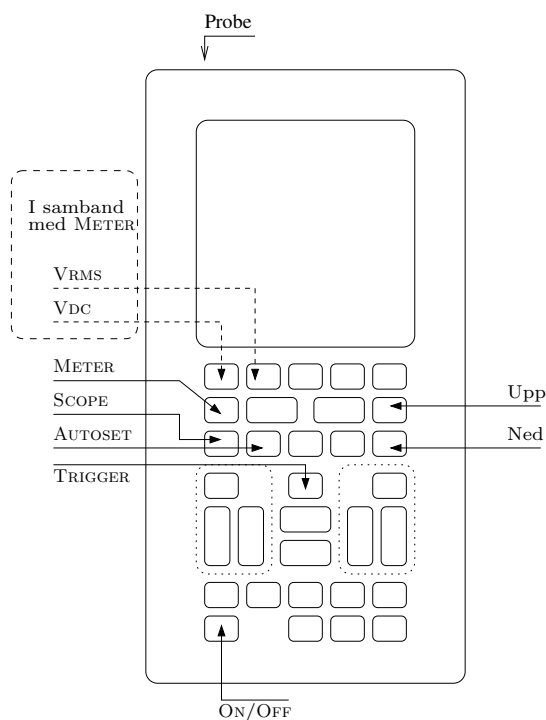


Figur 2: Översikt av Terco Power Pack. I de experiment som skall utföras skall utgångarna märkta 3x0-220V AC och 0-220V DC användas. För att få ut en variabel spänning på utgångarna måste *huvudbrytaren*, *3-fas transformatorbrytaren* samt vid användning av DC-utgången även *DC-brytaren* vara påslagna. Dessutom måste ställdonet till 3-fas transformatorn ställas i 0-läge för att återställa startspärren. Sedan justeras spänningen med 3-fas transformatorns ställdon. Notera att faserna här heter R, S och T istället för L1-L3.

2 Kort handledning till Scope-meter

En översiktsfigur av scope-metern finns in Figur 3. Nedan följer en kort användarhandledning.

1. Instrumentet startas med ON/OFF knappen.
2. Den röda oscilloscopsproben ansluts till en kanal, t.ex. kanal-A.
3. Oscilloscopsläge
 - (a) Tryck på SCOPE
 - (b) Tryck på AUTOSET
 - (c) Bildskärmen skall nu visa en bild av signalen som är ansluten till kanal-A. På skärmen skall även visas amplitud, prob, tidbas och trigginformation.
 - (d) Skulle signalen *fladdra* kan det bero på att trigginställningarna måste justeras. Tryck då på TRIGGER och justera med de blå pil upp eller pil ned knapparna till höger på panelen. Det går även att använda de blå knapparna direkt under displayen för att välja trig-kanal, trig på stigande eller fallande flank, trig-delay mm.
4. Mätläge
 - (a) Tryck på METER
 - (b) Välj mellan att visa effektivvärdet, VRMS, eller medelvärdet, VDC, på de blå knapparna direkt under displayen.



Figur 3: Översikt av scopemetern. Använd scopemetern för att mäta spänning. Detta görs t.ex. genom att starta instrumentet, välja METER följt av VRMS eller VDC. Ni ska nu se ett litet oscilloscop samt ett RMS värde alternativt ett medelvärde av signalen.

3 Laborationsuppgifter

Dessa uppgifter är tänkta att utföras under själva laborationen. **Tänk på att alltid ha huvudspänningen avstängd vid all koppling.** För att få genomföra laborationen måste man redovisa att man läst och förstått följande säkerhetspunktlista.

- Huvudspänningen skall alltid vara avstängd vid all koppling. Även vid enklare omkopplingar så som inkoppling och urkoppling av mätinstrument mm.
- Skarva inte banankontakter så att ledande stift blir liggande på labbbänken. Det skall finnas gott om kablar så att rätt längd alltid kan användas.
- Håll ordning och reda på labbplatsen. Använd alltid rätt längd på kabel så att sladdhärvor undviks och tänk igenom färgvalet. En olycklig felkoppling kan lätt förstöra utrustningen.

T.ex. bör man använda röd som plus och svart/blå som minus. Vid eventuella trefaskopplingar bör man, om möjligt, använda olika färg för de olika faserna. Ibland får man dock kompromissa eftersom antal färger är begränsat.

- Vi har läst och förstått ovanstående punktlista:

⇒ Signatur: _____

Lik- och växelriktning

Laborationen omfattar undersökning av **tyristorlikriktare**, enpuls-trepuls,-sexpuls, samt undersökning av en **frekvensomriktare** för motordrift.

Den grundläggande teoretiska behandlingen finns i kurslitteraturen. Som **förberedelse** ska du ha behandlat **alla** förberedelseuppgifter till labben. Frågor angående laborationen besvaras av ansvarig assistent eller examinator. Förberedelseuppgifterna visas för assistenten vid laborationens början.

Tyristorlikriktare, enpuls

En enpulslikriktare i enpulskoppling belastas resistivt av en lampa och likspänningens utseende och storlek undersöks vid olika storlek på tändvinkeln. För att studera likspänningen används *Scopemeter*, som kan visa spänningens utseende och spänningens likriktade medelvärde. Den teoretiska beräkningen ingår i förberedelseuppgiften.

Utrustning :

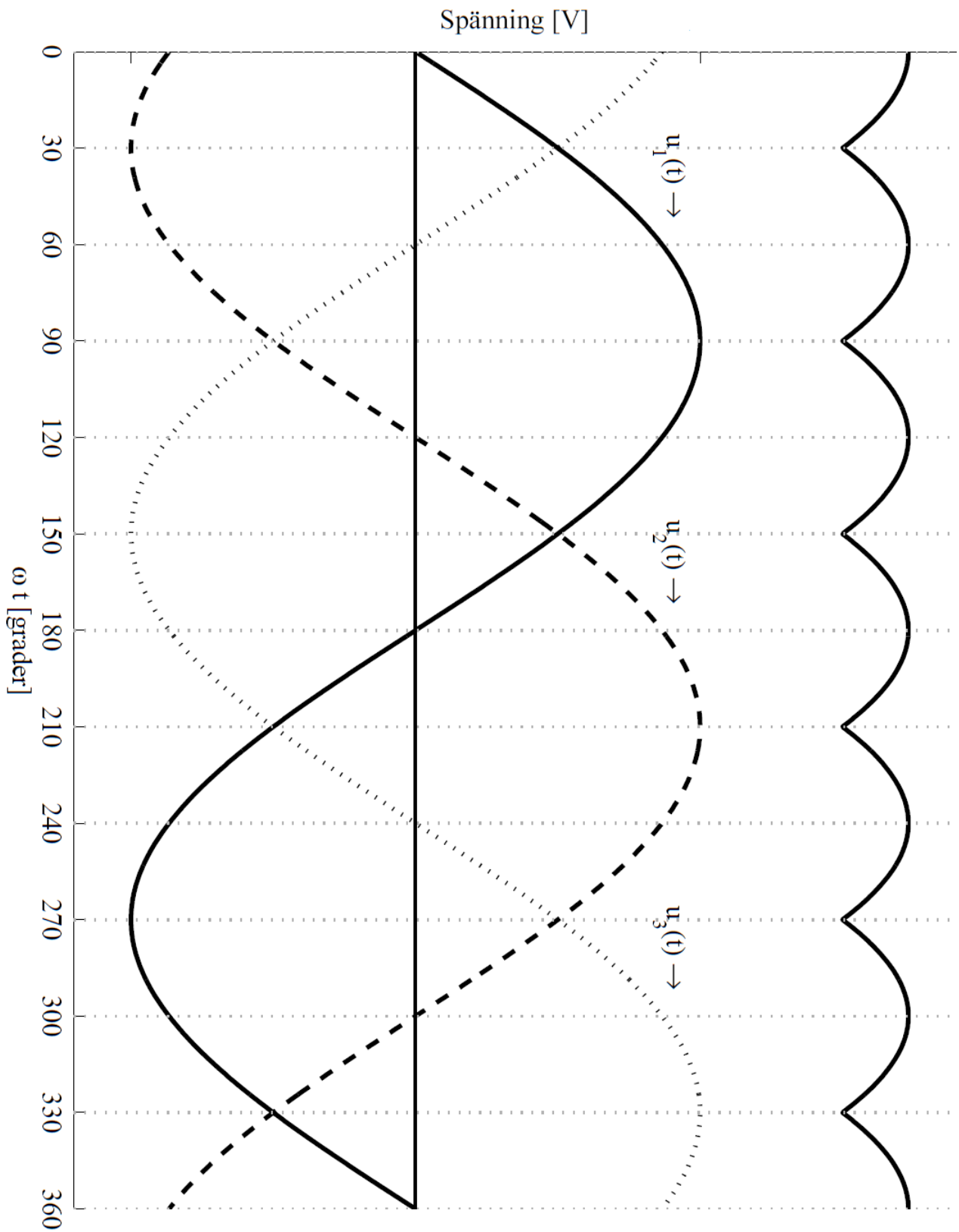
- Styrdon
- Tyristorenhet
- Lampa (L)
- Scope-meter (oscilloskop och voltmeter i samma instrument)

Kort handledning för mätinstrumentet Scope-meter:

1. Starta Scopemeter med ON/OFF knappen
2. Anslut en signal via den röda oscilloskopproben till kanal A.
3. Tryck på SCOPE och därefter på funktionen AUTOSET.
4. Bildskärmen visar nu en bild av signalen som är ansluten till kanal A. Upptill på skärmen visas data för amplitud, prob, tidbas och trigg.
5. Tryck på knappen METER.
6. Scopemeter antar automatiskt grundinställningen
Ingång: Kanal A
Funktion: Volt med separat växel- och likspänningskomponent.
7. Skulle bilden på skärmen "fladdra" förbi kan det bero på att triggsignalen måste justeras. Tryck TRIGGER och justera med pil upp eller pil ner till höger på panelen.

Oscilloskopbild vid enpuls likriktarbrygga och 90°-tändvinkel

Markera medelvärdesnivån i figuren och sätt ut spänningsnivåer för de olika kurvorna.

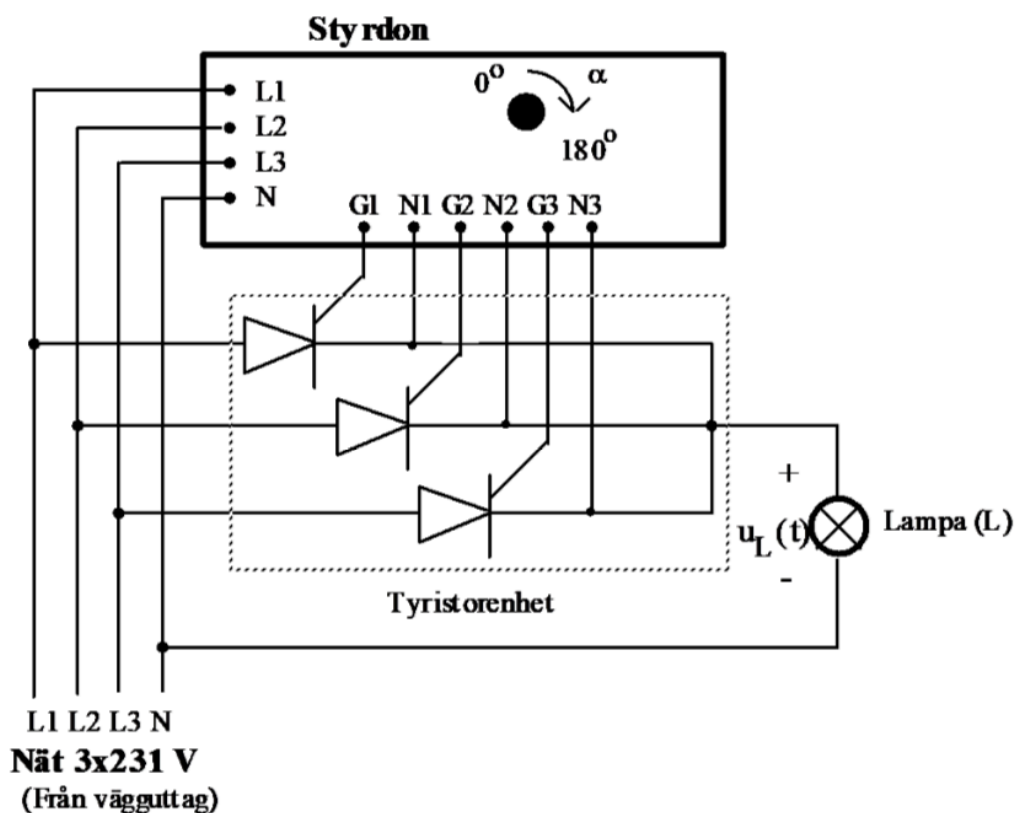


Tyristorlikriktare, trepuls 1-vägs styrd likriktare

En trepulsl rikriktare i trepulskoppling belastas resistivt. Likspänningens utseende och storlek undersöks vid olika storlek på tändvinkeln. Även här ska ni studera spänningens utseende och spänningens likriktade medelvärde.

Uppkoppling

Anslut de andra två tyristorerna på samma sätt som i föregående uppgift så att ni får en styrd trepulsl rikriktare, enligt *Figur 2*.



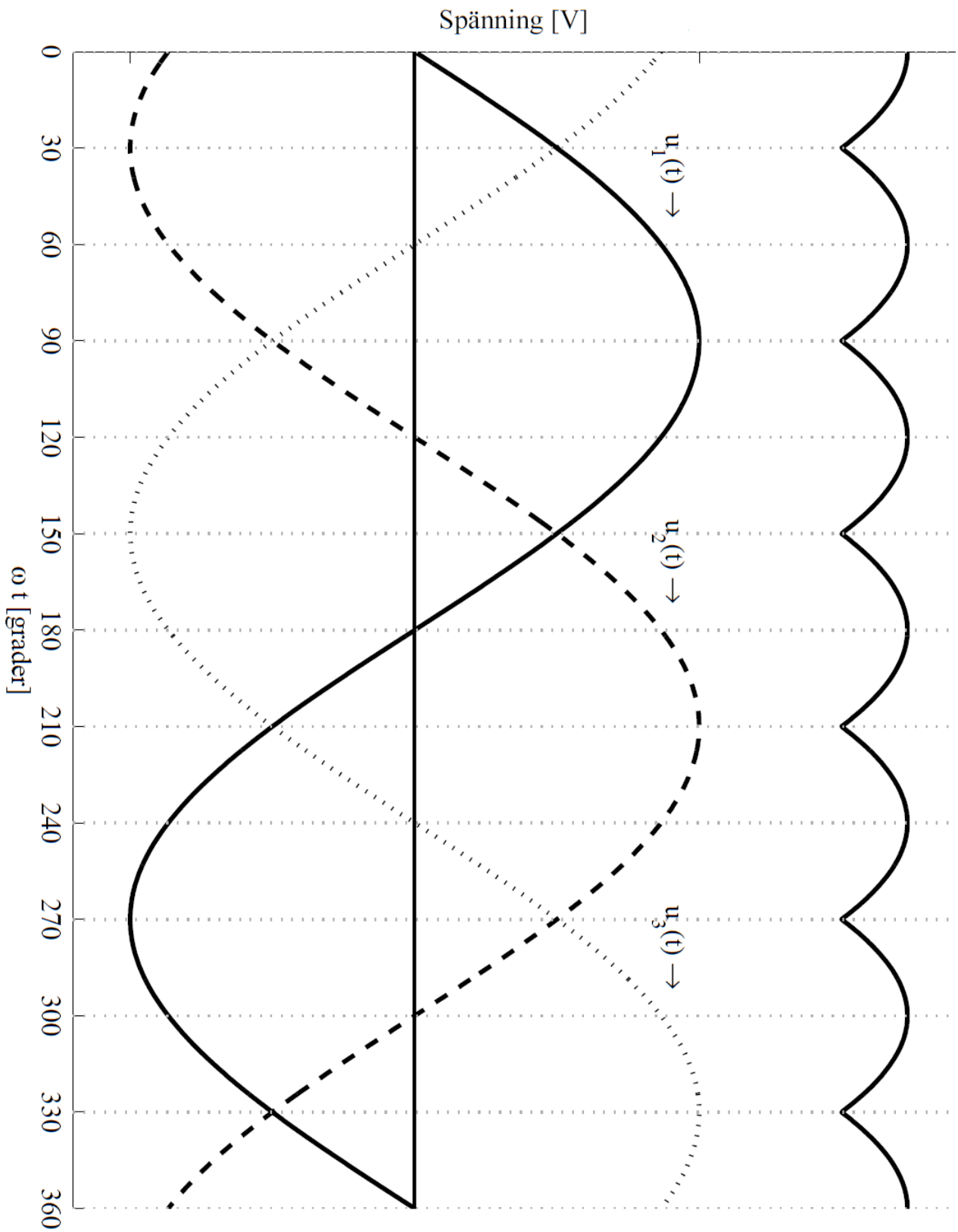
Figur 2. Trefas trepuls tyristorlikriktare

Mätning

- Studera spänningen över lasten (lampan) med scope-metern för olika tändvinklar. (Likriktat medelvärde och RMS)
- Ställ in vinkelratten så att oscilloskopsbilden stämmer med 60° tändvinkel. **Notera:** Vinkelratten på styrdonet är inte linjär, använd oscilloskopsbilden för att ställa in rätt tändvinkel.
- Avläs medelspänningen och jämför med förberedelseuppgiften
- Rita oscilloskopsbilden av likspänningens momentanvärde över lasten för på nästa sida. Gradera axlarna och markera den uppmätta medelvärdesnivån i grafen.

Oscilloskopbild vid trepuls likriktarbrygga och 60°-tändvinkel

Markera medelvärdesnivån i figuren och sätt ut spänningsnivåer för de olika kurvorna.

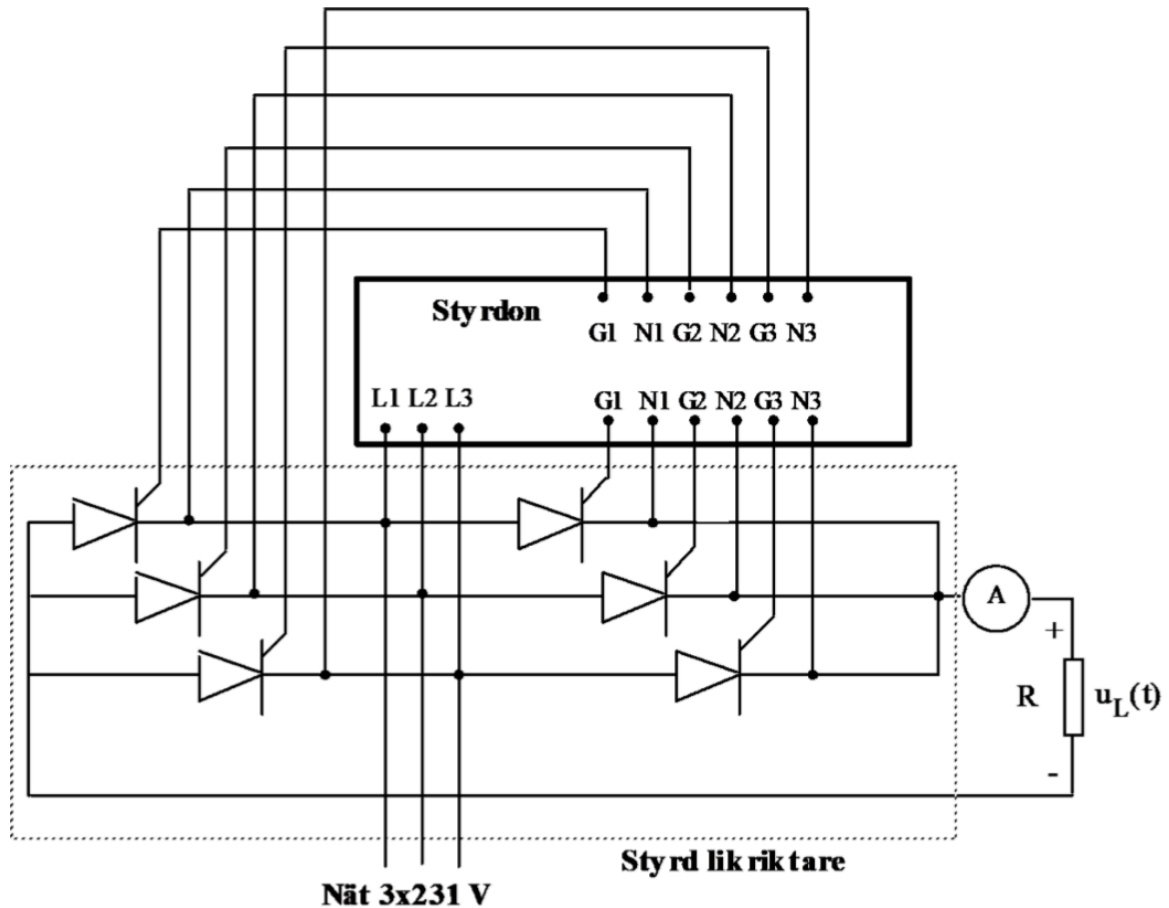


Tyristorlikriktare – trefas, sexpuls, 2-vägs, styrd likriktare

Uppkoppling

I denna koppling är ytterligare tre tyristorer inkopplade till styrdonet. Koppla som förut och använd Figur 3 nedan som hjälp.

För att skapa en stor resistans så kopplas tre glödlampor i serie.



Figur 3 Sexpulskoppling eller trefas, sexpuls, 2-vägs, styrd likriktare.

Mätning

Starta alltid med tändvinkeln $\alpha = 180^\circ$, dvs fullt medurs på panelen. Studera spänningen över lasten med scope-metern för olika styrvinklar. Vilken maximal likspänningsnivå kan erhållas?

Vad blir maximala medelvärdet av likspänningen?

Beräknat:

$U_{Lber} = \dots\dots\dots V$

Uppmätt:

$U_{Lmätt} = \dots\dots\dots V$

Oscilloskopbild vid sexpuls likriktarbrygga och 0°-tändvinkel

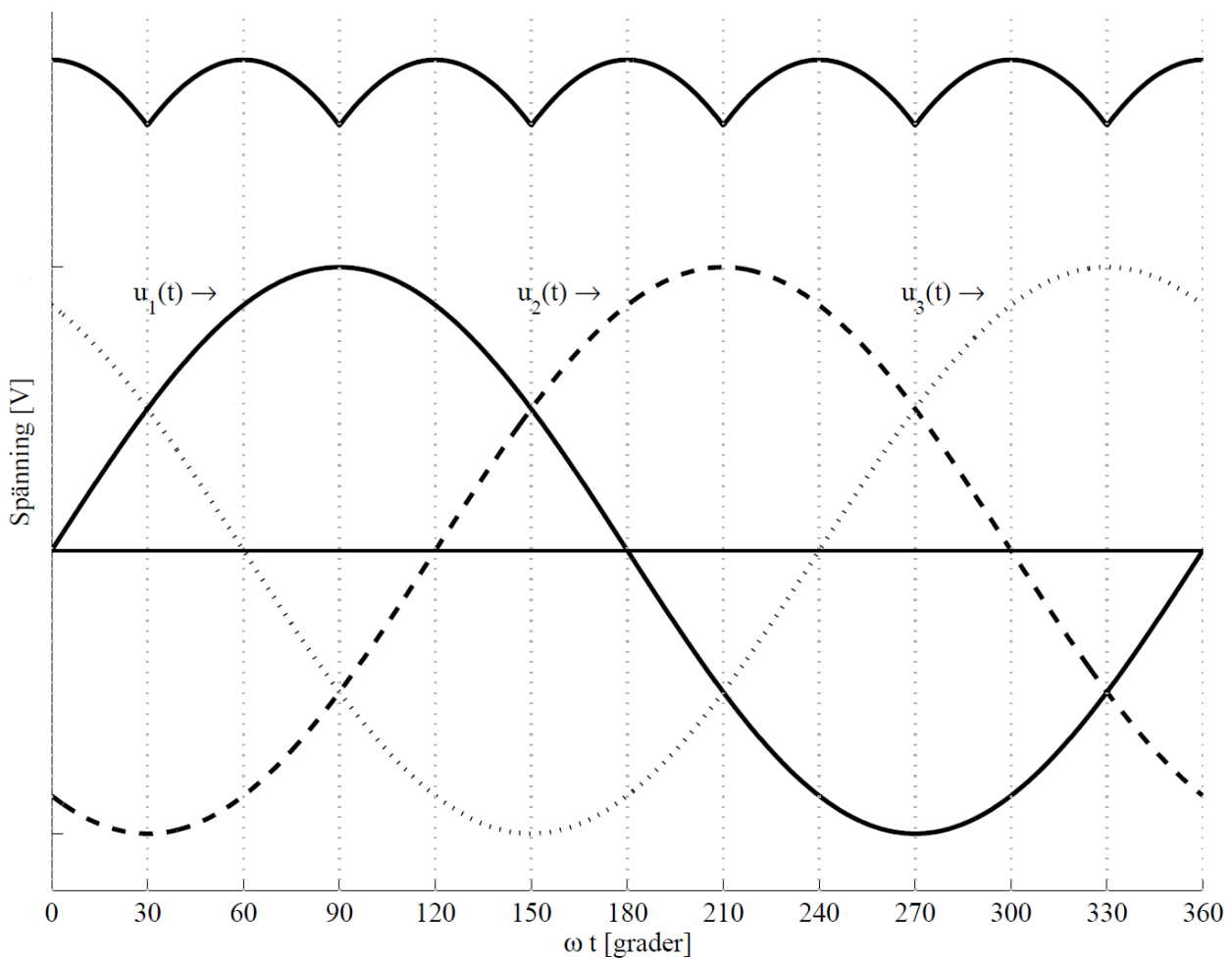
Rita en graf av likspänningens momentanvärde över lasten för 0° tändvinkel. Använd figuren nedan och gradera axlarna i grafen.

I samma figur, skissa också:

- medelvärdesnivån av den liktiktade spänningen i figuren och sätt ut spänningsnivåer för de olika kurvorna.
- princip-utseende för spänningen från en likriktare med en glättningskondensator.

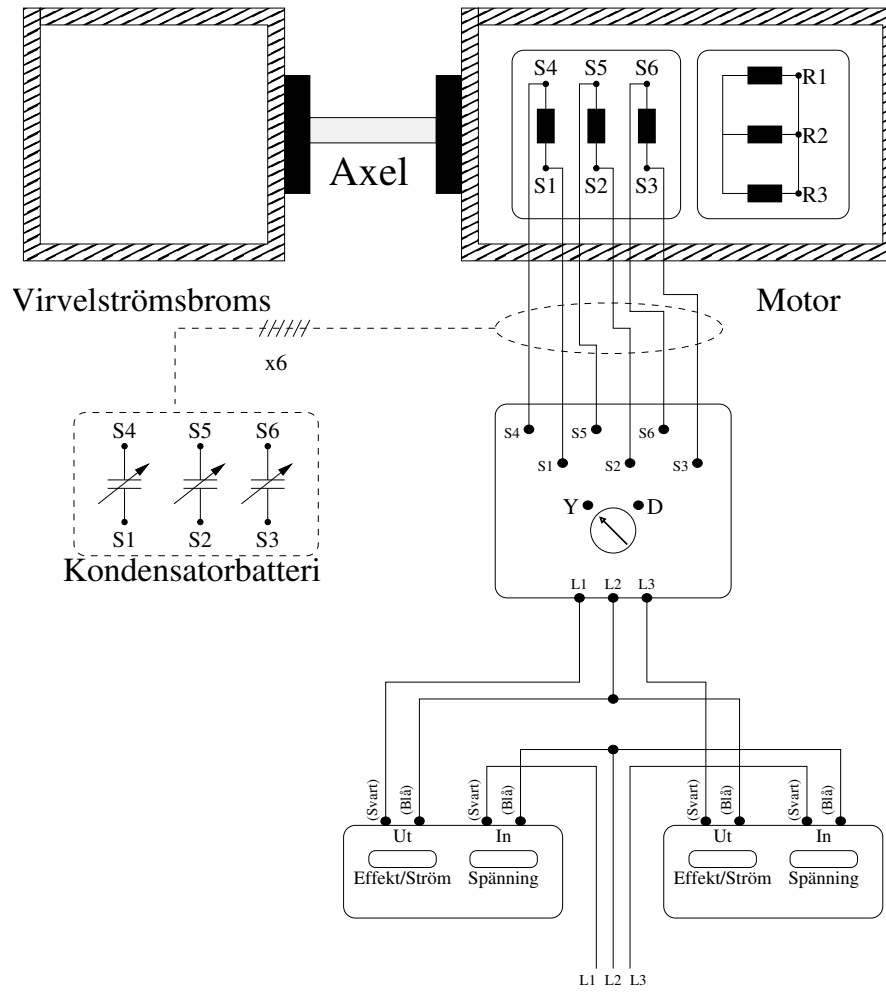
Vad blir det likriktade medelvärdet för en spänningsstyv koppling?

$U_{L,MAX} =$ _____ (Dvs en likriktare med oändligt stor glättningskondensator)



3.2 Asynkronmaskin

3.2.1 Grundkoppling för asynkronmotorn



Figur 4: Grundkopplingsschema för asynkronmotorn. Spänning 3 x 0-220V tas från golvtransformatorn som finns beskriven i Figur 2. Notera att rotorn är kortsluten samt att ställdonet här är ställt på Y-koppling. Notera även att L1-L3 ibland kallas R, S och T.

3.2.2 Motorparametrar

- Läs av informationen på märkskylten och fyll i nedan.

Märkeffekt	P	:	_____
Märkvarvtal	N	:	_____
Matningsspänning vid D-koppling	U_D	:	_____
⇒ Matningsspänning vid Y-koppling	U_Y	:	_____
Märkström vid D-koppling	I_D	:	_____
Märkström vid Y-koppling	I_Y	:	_____
Motor (1-5 , Närmast C-korridor=1)	Nr	:	_____

3.2.3 Asynkronmotorns momentkurva

I den här uppgiften skall ni

- Mäta moment, T , varvtal, N/ω , samt ström, I , för olika laster men med **fix huvudspänning** U_H .
- Rita in det uppmätta momentet som funktion av varvtal i den förberedda figuren.

Uppkoppling

- Koppla upp motorn enligt grundkopplingen i Figur 4. **Se till att statorlindningarna är D-kopplade.**
- ⇒ Motorn är D-kopplad:
- Spänningen 0-220V tas från golvtransformatorn som finns beskriven i Figur 2.

Experiment

- Stäng av virvelströmsbromsen helt genom att slå av den på knappen.
- Se till att wattmetrarna står i läge **ON**.
- Starta golvtransformatorn genom att
 - Slå till huvudbrytaren
 - Slå till 3-fas transformatorbrytaren (enligt Figur 2).
 - Vrida ratten för 3-fas transformatorn till läge 0 för att återställa säkerhetspärren.
- Starta motorn genom att
 - Vrida upp transformatorns spänning tills dess att huvudspänningen $U_H = 70$ V avläses på wattmetrarna.
 - Knuffa i gång motorn om den inte startar av sig själv.

Se till att inte överskrida märkspänning/ström på motorn annat än under korta perioder.

- Kontrollera rotationsriktningen på motorn. **Den skall rotera medurs sett från motorn till bromsen.** Skulle den rotera åt andra hållet får man stänga av och koppla om två faser. Fråga assistenten om ni är osäkra.
- När motorn börjat varva upp
 - Öka spänningen till märkspänningen $U_H = 220$ V.
 - Slå på virvelströmsbromsen men låt ratten som styr bromsmomentet vara nedvriden.

- När motorn är *varmkörd* så är det dags att mäta.
 - Nollställ momentvisningen på virvelströmsbromsen med hjälp av vridreglaget på bromsens styrenhet.
- Gör mätningar för olika belastningar
 - Öka lasten tills märkström erhålls. Alternativt kan man öka bromsmomentet ytterligare något men se till att inte överskrida märkströmmen annat än kortvarigt.
 - Minska successivt lasten under mätserien till nollmoment.
 - Skriv upp mätpunkterna i tabellen nedan.
 - När belastningen ändras, efterjustera spänningen så att $U_H = 220 \text{ V}$ för alla mätpunkter.

Varvtal, N [RPM]	Moment, M [Nm]	Linjeström, I_L [A]
⇒		
	0	

- Upprepa experimentet, men nu med Y-kopplad stator och för lastmoment som ger samma varvtalsintervall som tabellen ovan.
- ⇒ Motorn är Y-kopplad:

Varvtal, N [RPM]	Moment, M [Nm]	Linjeström, I_L [A]
⇒		
	0	

- Stäng av motorn
 - Vrid ned belastningen.
 - Vrid ned transformatorns spänning.
 - Stäng slutligen av **huvudbrytaren** till transformatorn.
- Rita in mätvärdena från tabellen i Figur 5 på sidan 13.
- Hur stämmer kurvan med momentkurvorna från teorin? (Vad blir momentskillnaden mellan Y- och D-koppling för ett visst givet varvtal?)

⇒ Svar: _____

- Finns det något speciell förenklad momentekvation som beskriver den del av kurvan vi mätt upp tillräckligt bra?

⇒ Svar: _____

- Om vi tillåter oss att överskrida märkströmmen, kan vi då mäta upp hela kurvan med den använda metoden?

⇒ Svar: _____

3.2.4 Förhållandet mellan $I_{L,D}$ och $I_{L,Y}$

- Använd samma uppkoppling som tidigare (med Y-kopplad stator). Håll fast rotorn med ena handen och öka spänningen sakta till 50 V. Avläs sedan strömmen.

⇒ Linjeström, $I_{L,Y}$: _____ A

- Gör sedan om försöket med D-kopplad stator och avläs strömmen

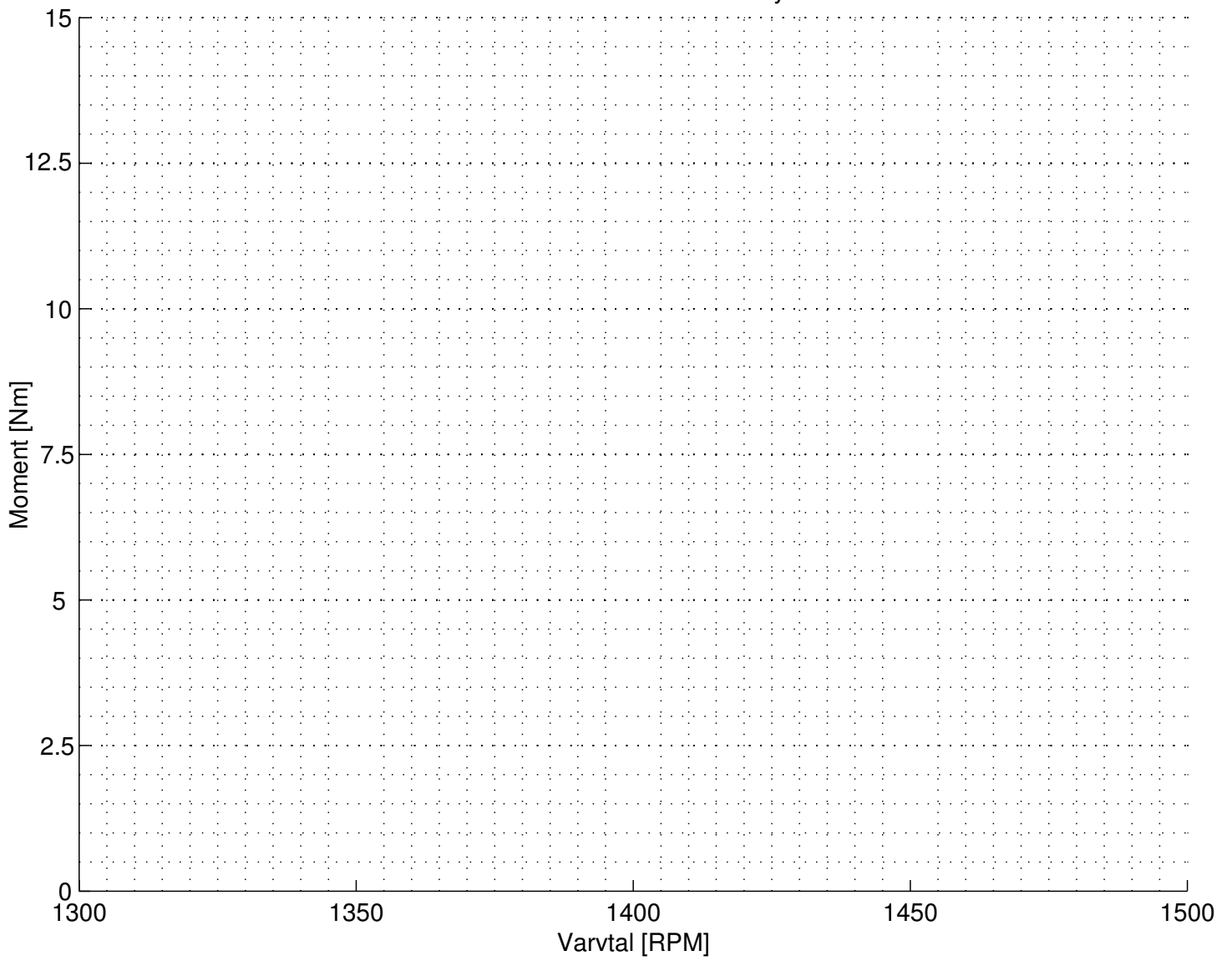
⇒ Linjeström, $I_{L,D}$: _____ A

- Stäng av motorn
 - Vrid ned transformatorns spänning.
 - Stäng av **huvudbrytaren** till transformatorn.

- Vilket förhållande råder mellan linjeströmmarna vid $I_{L,D}$ och $I_{L,Y}$? Stämmer teorin?

⇒ Svar: _____

Moment som funktion av varvtal för asynkronmotor



Figur 5: Varvtalskaraktäristik för asynkronmotorn.

3.2.5 Effekt, effektfaktor och verkningsgrad

Tillförd effekt mäts med hjälp av tvåwattmetermetoden. Använd kopplingsschemat i Avsnitt 3.2.1, Figur 4.

- Starta motorn D-kopplad, använd samma procedur som förut. Vrid sedan upp spänningen till märkspänning.
- Belasta motorn med ett moment så att märkström erhålls. Avläs moment och varvtal och kontrollera om det stämmer med märkdata.

⇒ $M = \underline{\hspace{2cm}}$ Nm, $n_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ rpm

- Beräkna avgiven effekt

⇒ $P_{2a} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

- Avläs wattmetrarna P_I och P_{II} .

⇒ $P_I = \underline{\hspace{2cm}}$ W, $P_{II} = \underline{\hspace{2cm}}$ W

- Beräkna effektfaktorn för motorn

⇒ $\cos \varphi = \underline{\hspace{2cm}}$

- Beräkna verkningsgraden η för motorn

⇒ $\eta = \underline{\hspace{2cm}}$

3.2.6 Inkoppling av kondensatorbatteri

- Använd samma uppkopplings som tidigare men lägg till ett parallellkopplat kondensatorbatteri till kopplingen. Kondensatorbatteriet skall kopplas in mellan Y/D-omkopplaren och statorn hos motorn.
- Starta motorn på samma sätt som tidigare och vrid upp till märklast.
- Ställ in kondensatorerna så att fullständig faskompensering ($\cos \varphi = 1$) erhålls. Enligt teorin ska wattmetrarna då visa lika mycket ($P_{II} - P_I = \frac{Q}{\sqrt{3}}$).
- Vad händer med strömmen respektive varvtalet när man faskompenserar?

⇒ Svar: $\underline{\hspace{2cm}}$

3.2.7 Körning med pådragsmotstånd

Enligt momentformeln så kan slippet, s , göras godtyckligt stort med bibehållet moment under förutsättningen att rotorresistansen, R_2 , ändras enligt sambandet $\frac{s_0}{R_2} = \frac{s_i}{R_2 + R_{i,ext}}$. Vi ska nu testa att använda ett pådragsmotstånd vid start för att undersöka hur detta kan utnyttjas.

Uppkoppling

- Använd samma uppkoppling som för mätningarna i Avsnitt 3.2.3
 - D-koppla statorn.
 - Koppla in pådragsresistansen till rotorn.
- ⇒ Motorn är D-kopplad:

Experiment

Observera: Under de följande experimenten bör man vara försiktig så att effektutvecklingen i pådragsresistansen inte blir för stor under för lång tid. Låt alltså inte motorn stå och gå under en längre period med pådragsresistansen inkopplad och uppskruvad. Tänk på att övervaka strömmen så att märkström inte överskrids.

- Starta motorn
 - Stäng av virvelströmsbromsen.
 - Ställ resistansen i max-läge och starta motorn genom att vrida upp spänningen till märkspänning för D-koppling.
 - När motorn börjat varva upp så sänks rotor-resistansen stegvis tills dess att den är helt urkopplad.

Förfarandet illustrerar den normala användningen av en pådragsresistans för motorstart.

- Varför vill man starta på detta sätt att starta med hög resistans i rotorn (R_2) för att sedan minska den när motorn varvar upp?
- ⇒ Svar: _____

3.2.8 Körning av motor med varierbart poltal

Ett effektivt men ur tillverkningsynpunkt klumpigt sätt att ändra varvtal på en asynkronmotor är att ändra poltalet. Poltalet beror som bekant på hur lindningarna är lindade och ihopkopplade. På den motorn som finns tillgänglig kan man variera antalet poler mellan 2 och 4. Motorn är redan uppkopplad och ska alltså bara provköras. Inga mätningar behöver utföras i denna labbuppgift.

- Vilka varvtal förväntar ni er för de olika poltalen?

⇒ Svar: 4-pol: _____ 2-pol: _____

- Förflytta er till arbetsplatsen med asynkronmotorn som har varierbart antal poler. Studera inkopplingen och försök förstå hur omkopplingen går till. **Tips:** Studera vilket av alternativ av 1 och 2 på kopplingsdosan som svarar mot att kortsluta 3 av sladdarna och jämför med figuren på motorn som svarar för 1500 eller 3000 rpm.
- Säkerställ att bromsen är avstängd och nedvriden. Tänk på att strömmätare saknas för denna koppling och att det därför är lätt att lasta motorn så att märkström överskrids. Tänk också på att spänningsaggregatet för den aktuella uppkopplingen saknar säkerhetsspärr och alltså kan startas på full spänning.
- Ställ in reglaget på kopplingsboxen till motorn så att den blir 4-polig. Fråga assistenten om ni är osäkra. Starta sedan motorn på samma sätt som tidigare genom att slå på spänningen och vrida upp den till ca 70V för att få motorn att varva upp. Vrid sedan upp spänningen till matningsspänning ($U_H = 220V$).
- drift. Ändra reglaget så att motorn blir 2-polig istället. Gör gärna egna experiment med motorn men tänk på att ni inte kan mäta strömmen och därmed inte vet säkert om ni överskrider märkström.
- Stäng av motorn genom att vrida ned spänningen och stänga av allt precis som för era egna kopplingar.

OBS: Om poltalet ändras från 2 till 4 under drift, så måste switchen ställas i läge 0 under ett antal sekunder, tills varvtalet sjunker till det synkrona varvtalet för 4-poliga uppkopplingen. När varvtalet är lägre än det 4-poliga synkrona varvtalet, så kan switchen ställas in på läget för den 4-poliga uppkopplingen.

Frekvensomriktaren

Lite teori

Varvtalsändring av asynkronmaskinen kan i princip ske på tre olika sätt, nämligen ändring av eftersläpningen, ändring av poltalet och ändring av frekvensen. I denna laboration får du bekanta dig med varvtalsändring med rotorpådrag och frekvensreglering.

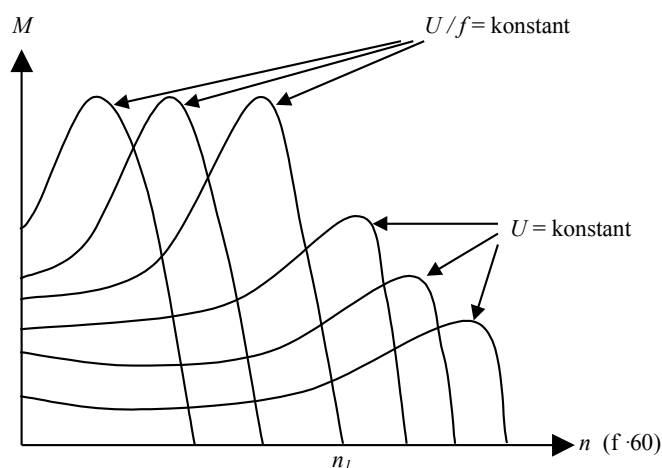
Vid ändring av frekvens behövs en elektronisk frekvensomriktare. På labbet finns en frekvensomriktare av märket Vacon. Denna finns utförligt beskriven i detta kapitel.

Enligt teorin så är spänningen U proportionell mot frekvensen f , vilket ger konstant flöde. (Se kompendiet.) Därför måste också spänningen minskas om frekvensen minskas så att:

$$U = k \cdot f \quad (k = \text{konstant})$$

Frekvensomriktaren begränsar på elektronisk väg strömstyrkan så att inställd strömgräns aldrig överskrids. Därmed får man också en automatisk startströmbegränsning.

Omriktaren är så konstruerad att U/f är konstant upp till nätfrekvensen. Detta innebär att konstant moment kan tas ut över hela frekvensområdet, se *Figur 4*. Vid frekvenser högre än nätfrekvensen är U konstant, dvs uttagbart moment minskar med ökande frekvens (konstant effekt). Varje frekvensvärde ger då en momentkurva enligt *Figur 4*.



Figur 4: Asynkronmaskinens moment-varvtalskaraktäristik vid frekvensreglering

Uppgiftsbeskrivning

Uppgiften går ut på att ställa in driftparametrar hos en frekvensomriktare, samt utföra mätningar på omriktaren vid drift av en kortsluten asynkronmotor. En kortfattad manual för att komma igång med frekvensriktaren finns på nästa sida under ”5.4 Inprogrammering av driftparametrar”.

Uppkoppling

Frekvensomriktaren ansluts till 3-fasnätet via kopplingsladdar från plintuttaget. Se till att spänningen är avslagen! Anslut frekvensomriktaren till asynkronmotorn (D-kopplad stator och kortsluten rotor).

Labhandledning Frekvensriktare

Se appendix för information om hur inmatning av parametrar, start/stop, ändring av rotationsriktning samt ändring av frekvens går till.

Experiment och mätningar

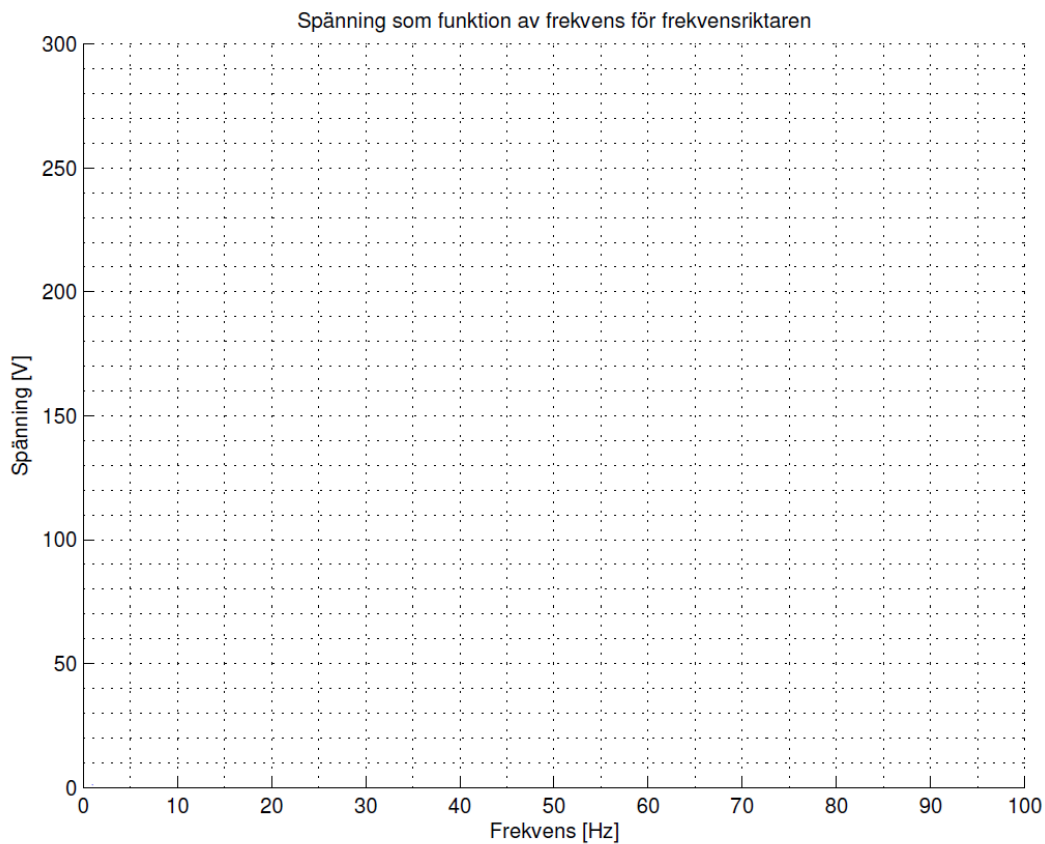
Experiment 1 – Ändra rotationsriktning

- Starta asynkronmaskinen genom att trycka på den gröna knappen på frekvensriktaren.
- När maskinen har varvat upp, prova att byta rotationsriktning på asynkronmaskinen (detta kan göras under drift).

Experiment 2 – Samband mellan frekvens och spänning

Tag upp sambandet mellan inställd frekvens och utspänning för omriktaren i frekvensområdet 0–80 Hz. Se till att displayed (börvärdessidan) visar spänning, ändra sedan frekvens från 0-80 Hz, lämpligen i steg om 10 Hz enligt tabellen nedan.

Anteckna spänningen för respektive frekvens och fyll i grafen.



Figur 9 Frekvenskaraktäristik för frekvensomriktaren.

Frekvens	Spänning
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	

Experiment 2 – Funktionskontroll strömgräns

I den här uppgiften ska ni pröva en av säkerhetsfunktionerna i frekvensriktaren, nämligen motorskyddet som ser till att maximal ström inte överskrider. Kontrollera först att maxströmmen är korrekt inställd i frekvensriktaren (se Inställning av maxström i Labbhandledning Frekvensriktare).

Starta motorn och belasta den till över märkström. Vad händer?

.....

Experiment 3 – Mätning av ström och spänning

Anslut Scopemetern till en av faserna hos frekvensriktaren. Starta motorn och kör den i tomgång. Försök ställa in Scopemetern så att ni ser en hel period, använd **Hold**-knappen för att pausa bilden så att ni ser ordentligt.

Notera: Det är osannolikt att oscilloscopets Auto-set gör ett bra jobb för just denna mätning så prova med att ändra trig-nivå, x-skala, y-skala och mellan AC/DC-läget.

Ser spännings-signalen sinus-formad ut?

Stäng av motorn och koppla in den lilla resistans-boxen. Boxen innehåller 3 resistanser på 0.1Ω och som skall **seriekopplas** med de tre fasledarna. På detta sätt så kan linjeströmmarna mätas med hjälp av Scope-metern.

Se till att få kopplingen godkänd av assistenten före ni utför experimentet.

Ser ström-signalen sinus-formad ut?

Pröva gärna olika skalor och olika lägen på oscilloskopet för att försöka se hur frekvensriktaren arbetar.

OBS:

Resistanslådorna tål endast begränsad effekt så säkerställ att motorn körs i tomgång och kör endast under begränsad tid. Var observant på lukt som indikerar att något håller på att bli för varmt.

Experiment 4 – Kontroll av likspänningsnivå

Ställ om visning på ett av displayens små fält till att visa likspänningsnivån, kontrollera detta vid tomgångsdrift och märfrekvens. Med tanke på vilken likspänningsnivå som frekvensriktaren skapar, vilken typ av likriktare är implementerad i konstruktionen?

Observerad likspänningsnivå: V

Typ av likriktare i konstruktionen:

4 Förevisning - Infasning av Synkronmaskin

Förevisningens syfte är att visa hur man fasar in en synkronmaskin på elnätet. Synkronmaskinen som fاسas in på nätet under förevisningen skulle t.ex. kunna användas till att faskompensera en mindre maskinpark, genom att parallellkoppla synkronmaskinen med övriga inkopplade maskiner. Under kursens gång har vi lärt oss att roterande växelströmsmaskiner och transformatorer behöver reaktiv effekt för sin magnetisering. Reaktiv effekt är inte önskvärt att överföra mellan kraftstation och brukare, så dessa maskinparker bör faskompenseras för att få bättre verkningsgrad i kraftöverföringen. En variant för att faskompensera en maskinpark är en övermagnetiserad synkronmaskin.

I labbet så används en motor för att fasa in synkronmaskinen, när synkronmaskinen är infasad på nätet så kan den drivande motorn stängas av. Synkronmaskinen kommer nu att arbeta med den spänning och den frekvens som elnätet har. Genom att förändra magnetiseringsspänningen i synkronmaskinen så kan andelen reaktiv effekt som tas eller ges till nätet regleras.

Förfarande för infasning av synkronmaskin:

1. Starta motorn och öka motorns varvtal för att driva synkronmaskinen, öka hastigheten tills frekvensen på spänningen från synkronmaskinen stämmer med frekvensen i elnätet.
2. Öka magnetiseringsspänningen på synkronmaskinen, tills spänningens amplitud stämmer med elnätet.
3. Fäföljden på synkronmaskinen måste stämma med elnätet (120 grader mellan varje fas, i *rätt* ordning). När synkronmaskinen ger ifrån sig trefassspänning med denna egenskap, så villkoret är uppfyllt.
4. För att slutligen koppla in synkronmaskinen så måste fasläget stämma med fasläget på elnätet. Genom att öka eller sänka rotationshastigheten på motorn så kan man *arbeta ikapp* eller *vänta in* fasläget i elnätet.

Förberedelseuppgifter

(Uppvisas för assistenten vid laborationens början)

- I. Rita en envägs, enpuls likriktare med tyristorer samt spänningens utseende över en resistiv last för tändvinkel 90° . Beräkna också medelvärdet av spänningen över lasten om likriktaren ansluten till fasspänningen 133 V, 50 Hz. (redovisa beräkningarna för spänningens medelvärde)

-
- II. Rita ett schema för en envägs trepuls tyristorlikriktare, samt skissa utspänningens utseende vid resistiv last och vid tändvinkel 60° när likriktaren är ansluten till fasspänningen 133 V, 50 Hz. Beräkna också medelvärdet av utspänningen, om likriktaren ansluten till fasspänningen 133 V, 50 Hz. (redovisa beräkningarna för spänningens medelvärde)

-
- III. Beräkna medelvärdet U_L för en sexpulskoppling med tyristorer och $\alpha = 0^\circ$ och huvudspänningen 231 V, 50 Hz. För in det beräknade medelvärdet på sid 8. (redovisa beräkningarna för spänningens medelvärde)

-
- VI. Läs igenom manualen Labbhandledning Frekvensriktare innan labben för att få förståelse för vad frekvensriktaren kan användas till.

5.2 Asynkronmaskin

5.2.1 Momentkaraktistik för asynkronmaskinen

- Skissa i samma diagram $M = f(n)$ (moment/varvtalskaraktistik) för en asynkronmaskin med och utan rotorpådrag, då statorn är D-kopplad, samt för en asynkronmaskin med Y-kopplad stator. Markera i figuren respektive kurva.

5.2.2 Tvåwattmetermetoden

Mätning av trefaseffekt till motor kan göras med tvåwattmetermetoden. Wattmetern i fas 1 ger effekten P_I och wattmetern i fas 3 ger effekten P_{II} .

- Rita en skiss på wattmetrarnas inkoppling

- Hur stor är tillförd effekt till asynkronmotorn uttryckt i P_I och P_{II} ?

⇒ Svar: $P_{Tot} =$ _____ W

- Avgiven effekt kan beräknas med hjälp av moment och varvtal med formeln

⇒ Svar: $P_{2a} =$ _____ W

- Teckna ett uttryck för effektfaktorn $\cos \varphi$ för motorn uttryckt i P_I och P_{II} (Alltså **endast** dessa två mät-storheter).

⇒ Svar: $\cos \varphi =$ _____

5.2.3 Matematiska samband för asynkronmotorn

Motorns moment

- Ställ upp momentekvationen från boken/föreläsningarna som funktion av slippet s , resistanser/impedanser och spänning.

⇒ Svar: $M =$ _____

- Ställ upp momentekvationen för små slip

⇒ Svar: $M =$ _____

5.2.4 Y/D-kopplingar

- För att Y/D-koppla statorn på asynkronmaskinen under labben, så skall ni använda en kopplingsbox, som enkelt ställs om mellan Y/D-koppling (se Figur 4).

Rita kopplingsschema för en motor med Y-kopplad stator samt kortsluten rotor. Utgå från fasspänningarna L1-L3 och tre induktanser $Z_1 - Z_3$ på stator- samt rotorsida. Tanken är alltså att ni ska rita kopplingen som i figuren representeras av omkopplingslådan med ställdonet ställt på Y.

- Rita nu samma koppling fast med D-kopplad stator. Tanken är alltså att ni ska rita kopplingen som i Figur 4 representeras av omkopplingslådan med ställdonet ställt på D.

- Antag en last med induktans $Z = U/I$ och med fasvinkel/lastvinkel φ . Teckna effektutvecklingen i lasten för Y resp D koppling. **Använd endast huvudspänning U_H och lastimpedans Z (med fasvinkel) i uttrycken.**

Tips: använd ohms lag och/eller se formelbladet för liknande uttryck. Finns det något trevligt samband mellan dem?

⇒ Svar: $P_Y =$ _____ $P_D =$ _____

Labbandledning Frekvensriktare



Inledning

På frekvensriktaren finns det en display med ett antal tryckknappar, samt 6 stycken kontakter. De tre röda kontakterna skall användas för att ansluta asynkronmaskinen, de 3 svarta kontakterna skall anslutas till 3-fas vägguttaget.

Uppkoppling och inmatning av parametrar

Slå av strömmen på labbänken Stäng av strömmen med den huvudbrytare som sitter till vänster på labbänkens elkraftuttag.

Koppla in sladdarna När sladdarna har anslutits till frekvensriktaren samt asynkronmaskinen så kan strömmen på labbänken slås på.

Slå på strömmen När frekvensriktaren har startat så visar displayed en sida kallad Panelbörvärde (även kallat "Börvärdessida" i menyerna), det är denna sida vi kommer att använda för att styra asynkronmaskinen. Före asynkronmaskinen får startas så måste driftparametrarna matas in i frekvensriktaren.

Inmatning av parametrar

1. Tryck på knappen BACK/RESET
2. Välj Snabbinställningar i menyn, tryck på OK
3. Välj Guider - Startup guide - Aktivera
4. Mata in följande parametervärden. Välj parametervärde med upp/ner-pilarna på displayen, bekräfta med OK, nästa inmatningsparameter blir då begärd:

Språk	Svenska
Startguide?	Ja
Applikation	Standard
Motortyp	Asynkronmotor
Märkspänning	MOTORNS MÄRKSPÄNNING
Motormärkffrekvens	MOTORNS MÄRKFREKVENS
Motormärkvarvtal	MOTORNS MÄRKVARVTAL
Märkström	MOTORNS MÄRKSTRÖM
Motor Cos(Φ)	MOTORNS ANGIVNA EFFEKTFAKTOR
Min Frekvens Referens	MIN FREKVENS
Max Frekvens Referens	MAX FREKVENS
Accelerationstid	5s (kommer ej att användas under labben)
Retardationstid	5s (kommer ej att användas under labben)
Applikationsguide	Ja
5. Fortsätt inmatningen i Applikationsguiden:
Styrplats Panel
6. Tryck på OK och godkänn de inmatade parametrarna.

Inställning av maxström Tryck på BACK/RESET, välj Parametrar - Motorinställning - Gränser - Strömgräns, ställ där in den valda strömgränsen.

Navigera till panelens börvärdessida Navigera till panelens Börvärdessida genom att trycka på FUNCT-knappen och välja Börvärdessida.

Inmatning klar Inmatningen av parametrar är nu färdig och asynkronmaskinen kan startas.

Starta och styra asynkronmaskinen

Efter att samtliga parametrar har matats in i frekvensriktaren, så kan asynkronmaskinen startas. Beskrivning av start, stopp och ändring av rotationsriktning:

Starta asynkronmaskien Tryck på den gröna knappen nere till höger på displayen.

Stoppa asynkronmaskinen Tryck på den röda knappen nere till vänster på displayen.

Ändra rotationsriktning Från Börvärdessidan, Tryck på FUNCT, välj Ändra Riktning, Välj Reversering / Framåt, bekräfta med OK.

Ändra frekvens Markera Frekvens i displayed med hjälp av pilarna, tryck på OK, ändra frekvens med upp/ner-pilarna, bekräfta med OK.