



FORDONSSYSTEM/ISY

LABORATION 2

Likströmsmaskinen och trefas kraftöverföring

(Ifylles med kulspetspenna)

LABORANT:
PERSONNR:
DATUM:
GODKÄND: (Assistentsign)

Laboration 2

Roterande maskiner

Innehåll

1	Översikt	3
1.1	Målsättning	3
1.2	Genomförande	4
1.3	Utrustning Likströmsmotor	4
1.4	Utrustning Asynkronmotor	6
2	Laborationsuppgifter	8
2.1	Likströmsmaskin	8
2.1.1	Motorparametrar	8
2.1.2	Shuntmotorns karaktäristik	9
2.1.3	Seriemotorns karaktäristik	12
3	Kraftöverföring	14
4	Förberedelseuppgifter	15
4.1	Likströmsmaskin	15
4.1.1	Ekvivalenta kretsscheman för de olika motorkopplingarna	15
4.1.2	Momentkaraktäristik för motorkopplingarna	16
4.1.3	Matematiska samband för DC-Motorn	16

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

Likströmsmotorn

Tanken är att man under laborationsmomentet skall öva

- begreppen ankar- och fält-lindning samt användning av maskiner med olika lindningstyp.
- definiering och användning av märkdata i beräkningar.
- uppställning av likströmsmotorns ekvivalenta kretsschema för serie- och shunt-kopplad motor.
- beräkning av en motors varvtal givet ström och spänning i ankarkretsen samt bromsande moment.
- beräkningar på magnetiskt omättad motor.
- beräkningar på kopplingen mellan motorns effekt, förluster och verkningsgrad.

Trefasledning

Tanken är att man under laborationen ska få en ökad förståelse för hur spänning och ström påverkas vid kraftöverföring.

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

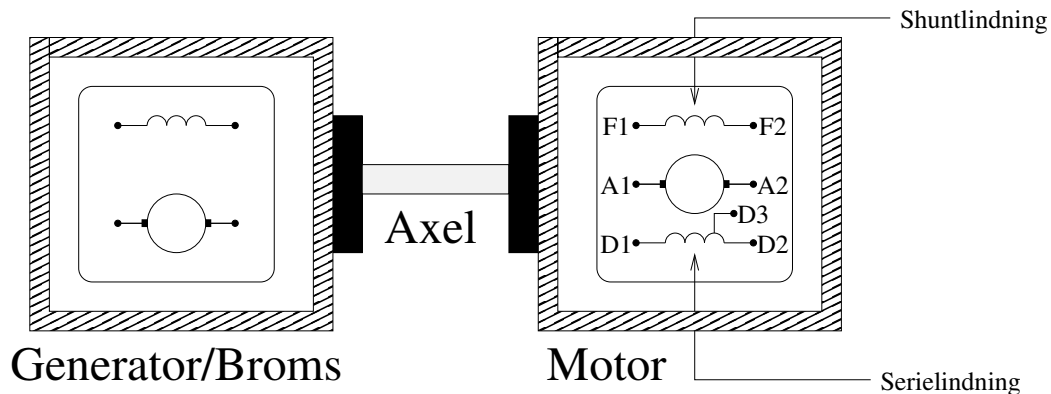
Tanken är att

- 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.

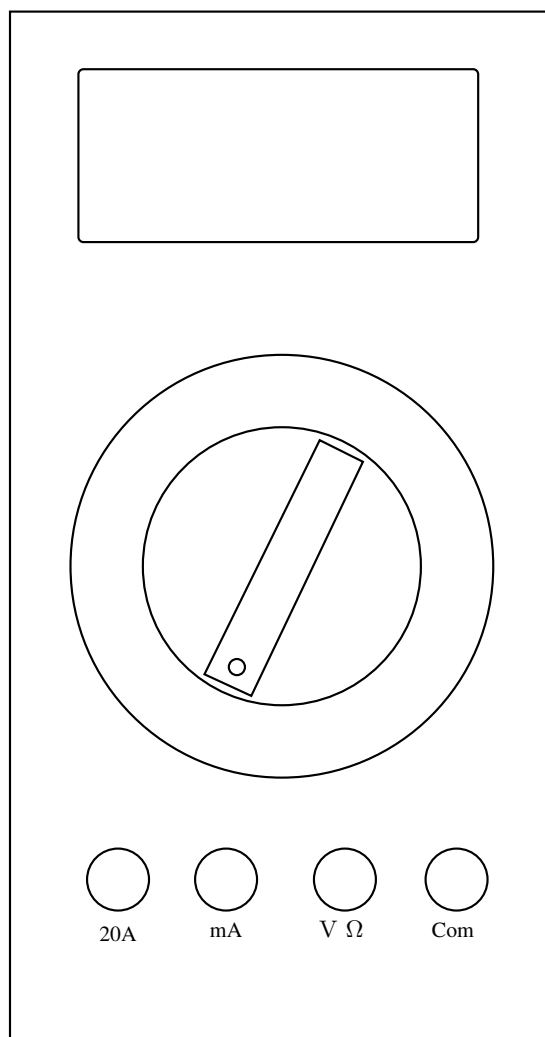
1.3 Utrustning Likströmsmotor

Den utrustning som finns tillgänglig för experimenten är

- Motorutrustningen består av två mekaniskt kopplade likströmsmaskiner med omkopplingsbara lindningar varav den ena används som generator/broms och den andra som motor. Se vidare Figur 1.
- Mätutrustning
 - Momentmätare
 - Varvtalsmätare
 - Likströmskälla, se vidare Figur 4
 - Multimeter för ström-mätning (för mätning av medelvärde), se Figur 2
 - Fluke Scope-meter (ett digitalt oscilloscop), se Figur ??



Figur 1: Motorskiss med olika inkopplingsalternativ. Bromsdelen är uppkopplad mot en resistiv belastning med variabel last. Motordelen går dock att koppla som man själv vill. Notera att det går att få två olika serie-alternativ genom att använda antingen D2 eller D3 i serielindningen. Notera även att på några av motorerna i labbet heter anslutningarna S1-S3 istället för D1-D3. De olika märkströmmarna för motorn framgår av märkskylten.

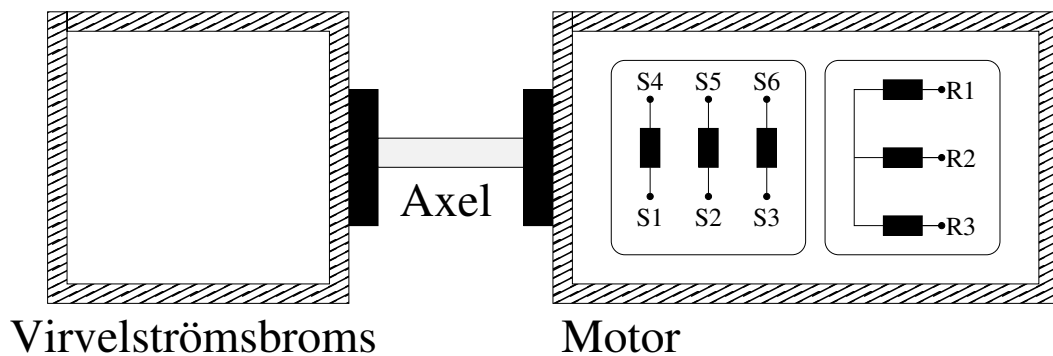


Figur 2: Översikt av den enkla multimetern. För amperemätning används 20A/mA ingången tillsammans med COM, se avsnitt 2.1.2 Uppkoppling. Notera den extra ingången för 20A området. Den är till för att inte bränna sönder multimetern vid mätning av stora strömmar. Fråga assistenten om ni är osäkra hur multimetern skall kopplas in.

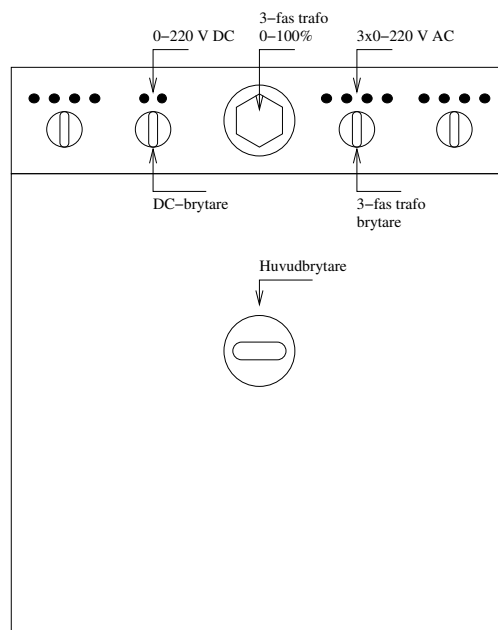
1.4 Utrustning Asynkronmotor

Den utrustning som finns tillgänglig för experimenten med ledningsmodellen är

- Motorutrustningen, bestående av
 - En släppringad asynkronmaskin med omkopplingsbara lindningar mekaniskt kopplad till en virvelströmsbroms. Se vidare Figur 3 för en skiss och Figur ?? för en grundkoppling.
- Mät/Styr-utrustning
 - Virvelströmsbroms med
 - * Momentmätare
 - * Varvtalsmätare
 - * Bromsmomentstyrning
 - 3-fas växelströmskälla, se vidare Figur 4.



Figur 3: 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 4: 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 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: _____

2.1 Likströmsmaskin

2.1.1 Motorparametrar

- Läs av informationen på märkskylten och fyll i nedan. Mät därefter resistansen i de olika lindningarna, dvs $R_{f,shunt}$, $R_{f,series}$ och R_a , gärna med scope-metern. För att mäta R_a , mät för lite olika rotorpositioner och snurra rotorn med handen mellan mätningarna. Anteckna det lägsta uppmätta värdet. I seriefallet skall hela serielindningen, dvs från D1 till D2, användas.

⇒

U	:	_____
I_a	:	_____
$I_{f,shunt}$:	_____
$R_{f,shunt}$:	_____
$R_{f,series}$:	_____
R_a	:	_____
n_{series}	:	_____ rpm
n_{shunt}	:	_____ rpm
Motor nr	:	_____ 1-5,Närmast C-korridor=1

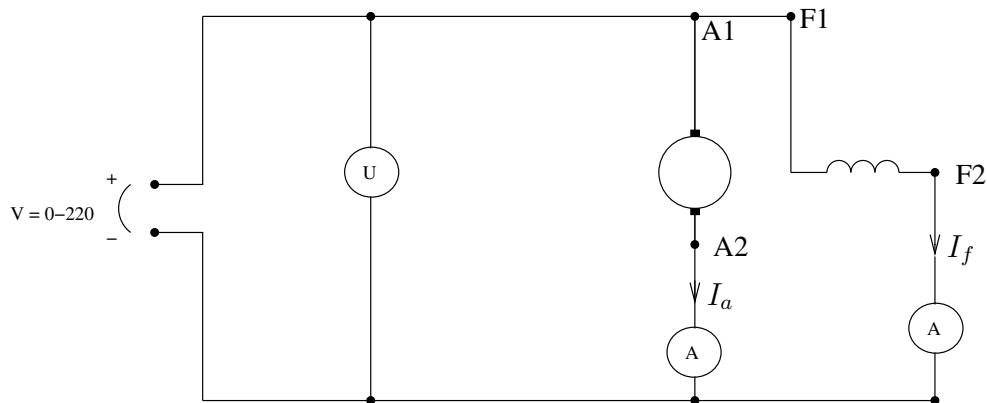
2.1.2 Shuntmotorns karaktäristik

I den här uppgiften skall ni

- Mäta moment T , varvtal N/ω , ankarström I_a och fältström I_f för olika laster men med fix terminalspänning V_a .
- Rita in det uppmätta momentet som funktion av varvtal i den förberedda figuren.

Uppkoppling

- Koppla upp motorn som shuntmotor enligt Figur 5 nedan.
- Använd Fluke scopemetern för mätning av DC-spänningen. Ställ in den i DC-mätläge så som beskrivs i avsnittet *Kort handledning av Scope-meter*.
- Som strömmätningssinstrument används en enklare multimeter. Här är det viktigt att använda rätt ingång/utgång. Ställ ratten på mätning i 20A's området och använd **20A ingången** tillsammans med COM, se vidare Figur 2. **Säkerställ att mätarna som mäter ström är korrekt inkopplad och inställd på att mäta i 20A området.**
- Spänningen 0-220V tas från golvtransformatorn som finns beskriven i Figur 4.



Figur 5: Kopplingsschema för shuntmotorn. Multimeterarna som mäter I_a och I_f skall vara kopplade så att de mäter i 20A området.

Experiment

- Verifiera att mätaren som mäter ström är korrekt inkopplad och inställd på att mäta i 20A området.
- ⇒ Kontrollruta:
- Ställ belastningsresistansen till motorbromsen i läge 0.
 - Starta golvtransformatorn genom att slå till huvudbrytaren, 3-fas transformatorbrytaren och DC-brytaren enligt Figur 4. Vrid sedan ratten för 3-fas transformatorn till läge 0 för att återställa säkerhetsspärren (ett klick/klonk-ljud ska höras).
 - Vrid nu **sakta** upp transformatorns spänning tills dess att 180 [V] avläses på scopemetern. Vrider man för fort kommer motorn kortvarigt att dra mycket ström medan den varvar upp. Se till att inte överskrida märkspänning/ström på motorn annat än under korta perioder.

- Öka belastningen till 10 och justera spänningen till **180 [V]**. Gör en mätning för varje belastningsresistans genom att succesivt stega igenom lasterna märkta med 1-10. På grund av belastningsförluster i spänningsaggregatet kan spänningen behöva justeras mellan varje mätning för att hålla spänningen på 180 V. För varje last låter man sedan alla värden svänga in och fyller i nedanstående tabell.

Varmkör motorn någon minut innan mätningarna utförs.

- Vad är det egentligen som blir varmt och hur kan ni kontrollera att motorn är varmkörd?

⇒ Svar: _____

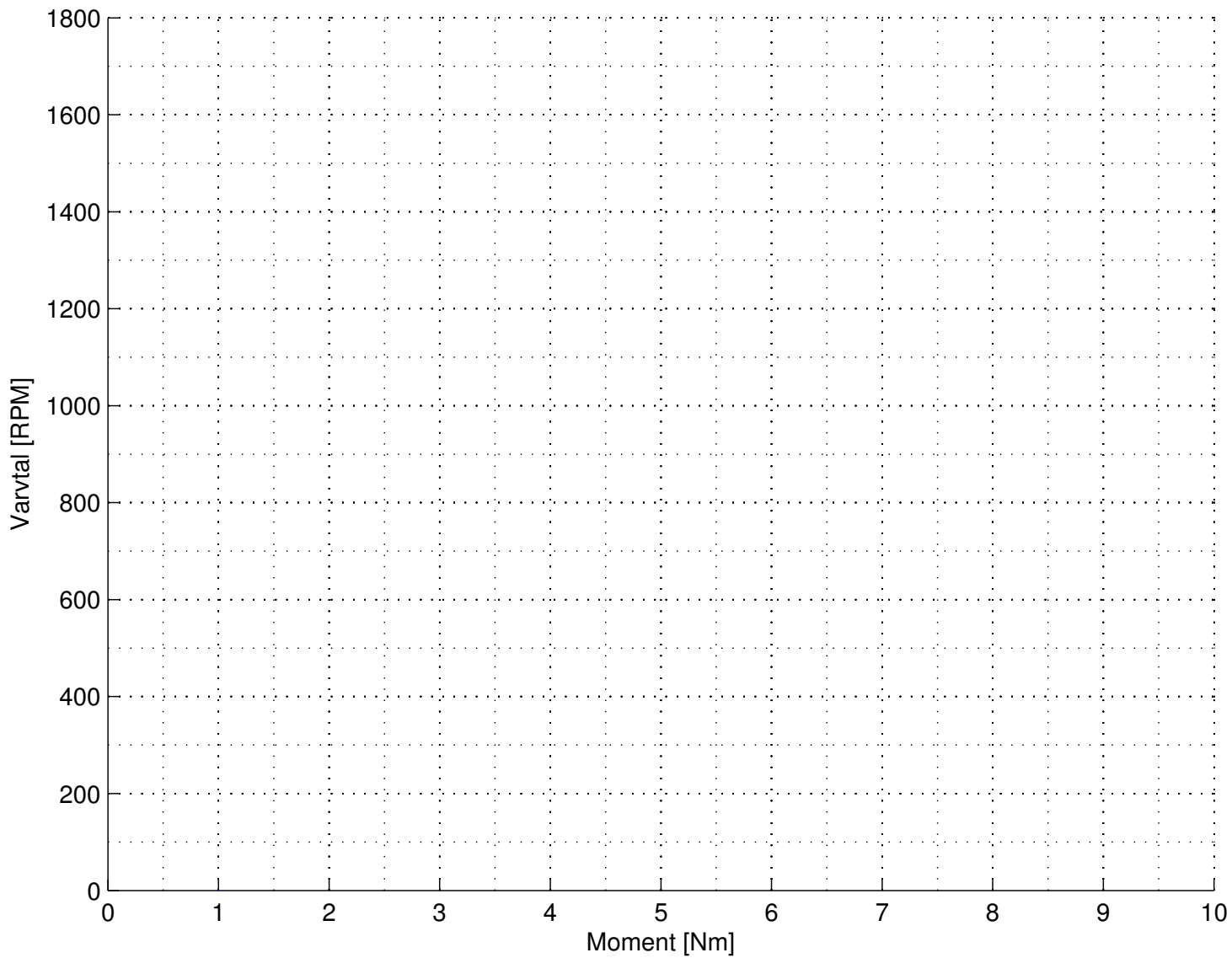
Last Nr	Varvtal	Moment	Ankarspänning, V_a	Ankarström, I_a	Fältström, I_f
10					
09					
08					
07					
⇒ 06					
05					
04					
03					
02					
01					

- Vrid nu ner transformatorns spänning och stäng av **huvudspänningen** till transformatorn.
- Rita in värdena från tabellen ovan i Figur 6.

⇒ Finns det någon relation mellan varvtal och moment?

Svar: _____

Varvtal som funktion av moment för likströmsmotor



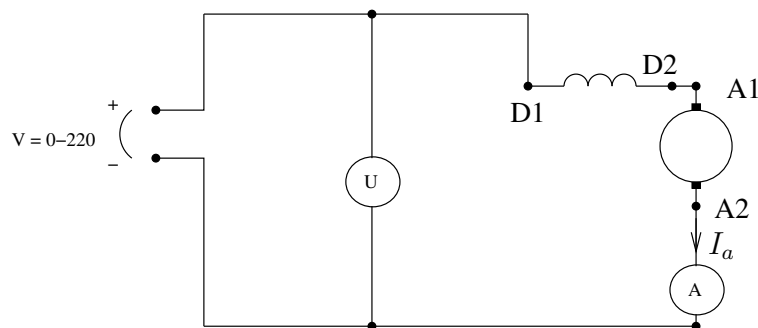
Figur 6: Varvtalskaraktäristik för olika kopplingar likströmsmotorn

2.1.3 Seriemotorns karaktäristik

I den här uppgiften skall motorn kopplas som en Seriemotor och samma typ av experiment som för Shuntmotorn skall utföras. I den här uppgiften är det viktigt att belastningsresistansen som bromsar motorn ställs in på ett lite högre värde, typ 3-5 redan från början för att motorn inte skall rusa.

Uppkoppling

- Koppla upp motorn som Seriemotor enligt Figur 7 nedan.
- Använd återigen Fluke scopemetern för mätning av DC-spänningen.
- Låt oss påminna om att använda rätt ingång/utgång på multimetern för strömmätning. Ställ alltså återigen ratten på mätning i 20A området och använd **20A ingången** tillsammans med COM. **Säkerställ att mätaren som mäter I_a är rätt inkopplad och inställd på att mäta i 20A området.**



Figur 7: Kopplingsschema för Seriemotorn. Strömmätaren som mäter I_a skall vara kopplad så att den mäter i 20A området. **På några labuppställningar heter D1/D2 istället S1/S2.**

Experiment

- Verifiera att mätaren som mäter I_a är korrekt inkopplad och inställd på att mäta i 20A området.
⇒ Kontrollruta:
- Ställ belastningsresistansen till motorbromsen i läge 3-5.
⇒ Kontrollruta:
- Starta golvtransformatorn genom att slå till huvudbrytaren, 3-fas transformatorbrytaren och DC-brytaren enligt Figur 4. Vrid sedan ratten för 3-fas transformatorn till läge 0 för att återställa säkerhetsspärren.
- Vrid nu **sakta** upp transformatorns spänning tills dess att 180 [V] avläses på scopemetern. Vrid man för fort kommer motorn kortvarigt att dra mycket ström medan den varvar upp. Se till att inte överskrida märkspänning/ström på motorn annat än under korta perioder.
- Öka belastningen till 10 och justera spänningen till **180 [V]**. Gör en mätning för varje belastningsresistans genom att succesivt stega igenom lasterna märkta med 1-10. För varje last låter man sedan alla värden svänga in och fyller i nedanstående tabell. För de lite lägre lasterna så kommer motorn att rusa och varvtalet kommer att gå över märkvarvtalet. Detta är som det ska men man bör inte köra motorn på detta sätt allt för länge för att spara lagren. Varmkör motorn någon minut innan mätningarna utförs.

Last Nr	Terminalspänning, V_t	Varvtal	Moment	Ankarström, $I_a = I_f$
10				
09				
08				
07				
⇒ 06				
05				
04				
03				
02				
01				

- Vrid nu ner transformatorns spänning och stäng av **huvudspänningen** till transformatorn.
- Rita in värdena från tabellen ovan i Figur 6
- ⇒ Finns det någon relation mellan varvtal och moment?

Svar: _____

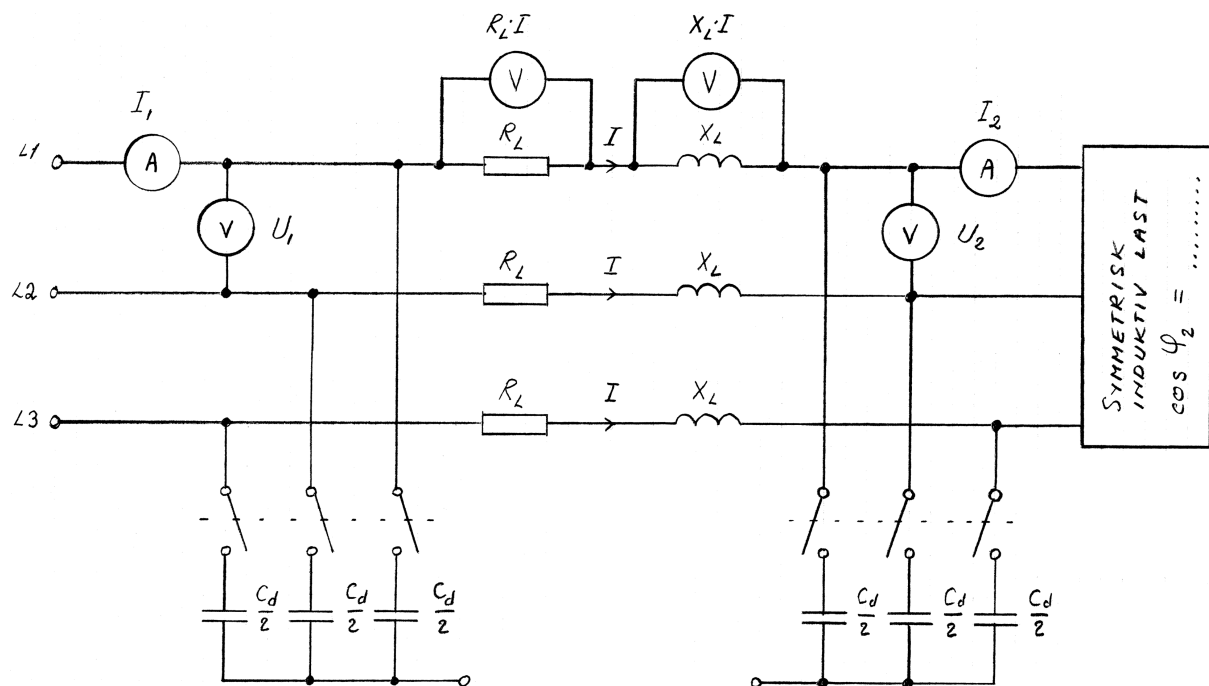
Kraftöverföring

Inledning

Syftet med den här laborationen är att du skall få en känsla för hur en lång trefasledning beter sig vid belastning. Eftersom det är omöjligt att utföra laborationen på en riktig ledning, som är flera kilometer lång, används istället en ledningsmodell. P.g.a. sitt utseende kallas modellen för *ekvivalent π -schema* för en trefasledning. Modellens schema ser du nedan.

Mätuppgift:

Koppla upp ledningsmodellen inklusive last enligt schemat nedan. Ledningsmodellen matas med huvudspänningen $U_1 = 220$ V, 50 Hz och den induktiva lasten utgörs av en symmetrisk asynkronmotor. Avläs effektfaktorn $\cos \varphi_2$ på motorns märkskylt (om uppgiften inte finns, använd 0.8) och skriv in den på avsedd plats i schemat.



Ledningsmodellen används här med all driftkapacitans fränkopplad. Modellen belastas med märkström $I_1 = 5,0$ A genom att bromsa asynkronmotorn med lämpligt moment. Avläs spänningarna över R_L och X_L och fyll i tabellen på nästa sida. Avlasta asynkronmotorn och bryt strömmen. Beräkna R_L och X_L för fas L1 och upprepa sedan mätningen på samma sätt med faserna L2 och L3.

FAS	$U_1 (V)$	$U_2 (V)$	$I_1 (A)$	$I_2 (A)$	$I (A)$	$R_L I (V)$	$X_L I (V)$	$R_L (\Omega)$	$X_L (\Omega)$
L1 (R)	220		5,0						
L2 (S)	220		5,0						
L3 (T)	220		5,0						
MEDELVÄRDEN:									

1. Antag att ledningsmodellen motsvarar en trefasledning av koppar. Hur lång är den? Vilken tvärsnittsarea har kopparlinorna? Resistiviteten för koppar $\rho_{Cu} \approx 0,01724 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ och ledningsreaktansen uppskattas till $0,40 \Omega / \text{fas och km}$, se tabell 1 i bilagan. Beräkna också verkningsgraden η för trefasledningen.

Beräkning:

Resultat:

Ledningens längd $l =$ km

Ledningens tvärsnittsarea $A =$ mm²

Ledningens verkningsgrad $\eta =$ %

2. Beräkna effektfaktorn i matningsänden av ledningen. Rita visardiagram.

3. Beräkna teoretiskt utgående från de uppmätta värdena på R_L och X_L vilken spänning U_1 som krävs om man önskar att U_2 skall vara 220 V vid lasten. I_2 skall vara densamma som ovan, dvs. 5,0 A.

Beräkning:

Resultat: $U_1 =$ V

4. Slå sedan på spänningen och öka den tills U_2 blir 220 V samtidigt som motorn belastas så att I_2 blir 5,0 A. Överensstämmer det uppmätta värdet på U_1 med det teoretiskt beräknade?

$$X_L \approx 0,1445 \cdot \log \frac{2D}{d} + 0,0157 \text{ } [\Omega / \text{fas och km}]$$



Tabell 1: Reaktans X_L mätt i Ω / fas och km hos trefas luftledningar vid 50 Hz.

Area mm ²	Fasavstånd $D = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}$ m														
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8
10	0,37	0,38	0,39	0,40	0,40	0,41	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54
16	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,43	0,44	0,45	0,47	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53
25	0,34	0,35	0,36	0,37	0,37	0,38	0,41	0,42	0,44	0,45	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51
35	0,33	0,34	0,35	0,36	0,36	0,37	0,40	0,41	0,43	0,44	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50
50	0,32	0,33	0,34	0,35	0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49
70	0,31	0,32	0,33	0,33	0,34	0,35	0,37	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48
95	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,34	0,36	0,38	0,40	0,41	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47
120	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46
150	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,35	0,37	0,38	0,39	0,41	0,43	0,44	0,44	0,45
185	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34	0,36	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45
240	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43	0,44

Tabell 2: Driftkapacitans C_d mätt i nF / fas och km hos trefas luftledningar.

Area mm ²	Fasavstånd $D = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}$ m									
	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8
16	9,3	8,8	8,4	8,1	7,8	7,6	7,3	7,2	7,0	6,9
25	9,7	9,1	8,7	8,3	8,1	7,8	7,5	7,4	7,2	7,1
35	10,0	9,4	8,9	8,6	8,3	8,0	7,7	7,5	7,4	7,3
50	10,3	9,7	9,2	8,8	8,5	8,2	7,9	7,7	7,6	7,5
70	10,6	10,0	9,4	9,1	8,7	8,4	8,1	7,9	7,8	7,7
95	11,0	10,3	9,6	9,3	8,9	8,6	8,3	8,1	7,9	7,8
120	11,2	10,5	9,9	9,5	9,1	8,8	8,5	8,3	8,1	7,9
150	11,5	10,7	10,1	9,6	9,3	8,9	8,6	8,4	8,2	8,1
185	11,8	10,9	10,3	9,8	9,5	9,1	8,7	8,5	8,3	8,2
240	12,1	11,2	10,6	10,1	9,7	9,3	8,9	8,7	8,5	8,4

4 Förberedelseuppgifter

4.1 Likströmsmaskin

4.1.1 Ekvivalenta kretsscheman för de olika motorkopplingarna

- Rita ekvivalenta kretsar för de 2 olika inkopplingsalternativen Shunt- respektive Serie-koppling av en DC-motor. Kika på kopplingschema till respektive uppgift och utgå från kretsschema som ges i föreläsninganteckningarna. Rita och inför beteckningar på de elektriska motstånden, strömmarna och spänningarna i respektive krets. Teckna de **elektriska** sambanden.

Shuntkopplad DC-Motor

Seriekopplad DC-Motor

4.1.2 Momentkaraktistik för motorkopplingarna

- Skissa i samma diagram $n = f(M)$ (moment/varvtalskaraktistik) för shuntmagnetiserad, serie-magnetiserad och compoundmagnetiserad likströmsmaskin. Markera i figuren respektive motor.

4.1.3 Matematiska samband för DC-Motorn

Motorns moment

- Ställ upp en ekvation för motorns moment som funktion av flöde ϕ
⇒ Svar: $T =$ _____
- Ställ upp en ekvation för motorns moment som funktion av fältström I_f (linjära området)
⇒ Svar: $T =$ _____

Inducerad elektromotorisk kraft

- Ställ upp en ekvation för inducerad EMK som funktion av flöde ϕ
⇒ Svar: $E_a =$ _____
- Ställ upp en ekvation för inducerad EMK som funktion av fältström I_f (linjära området)
⇒ Svar: $E_a =$ _____