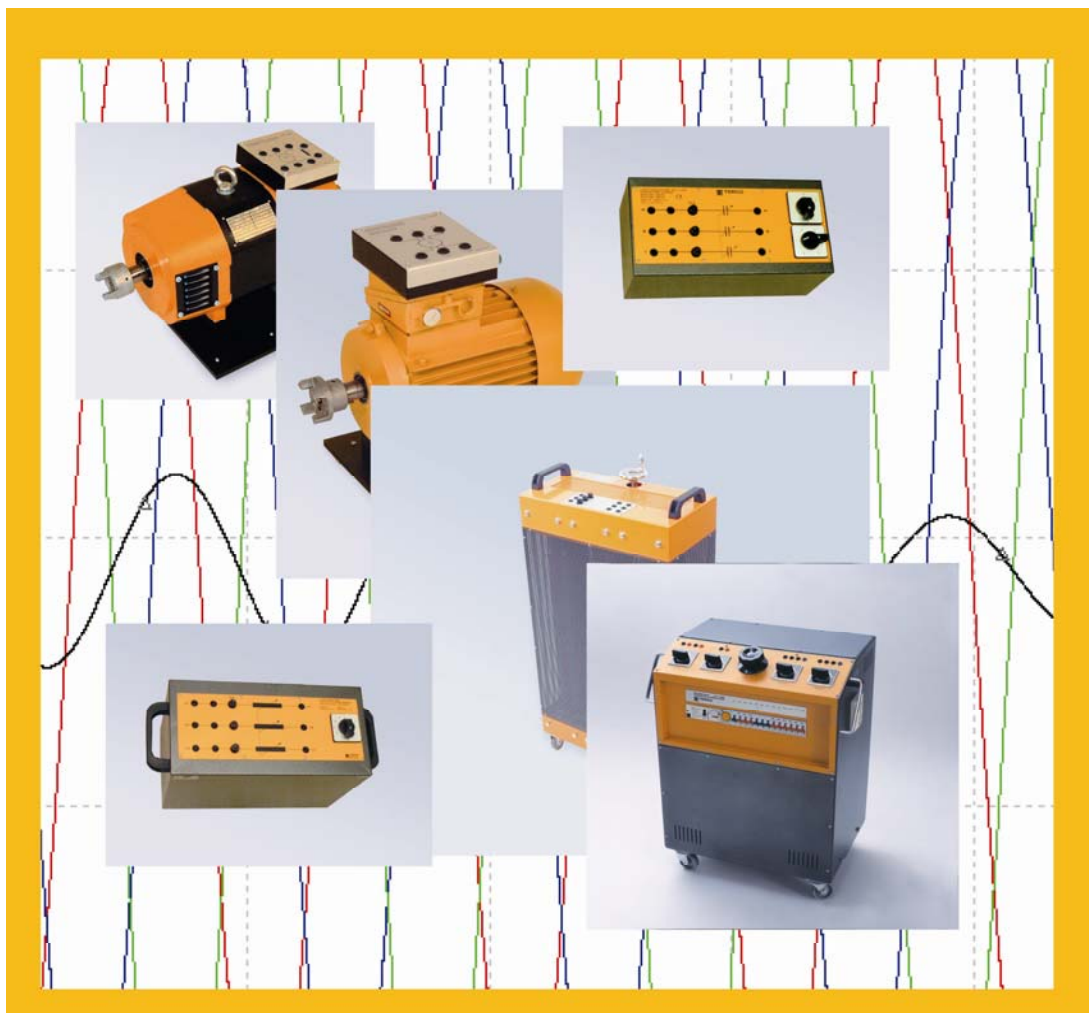


Laborationer Växelström trefas



Innehållsförteckning

1. Mätningar av spänningar och strömmar på trefasnätet vid symmetriska och osymmetriska belastningar.	3
- Mätning vid symmetrisk belastning	3
- Mätning vid osymmetrisk belastning	6
2. Mätning av effekt med olika metoder vid symmetriska och osymmetriska belastningar	9
- Effektmätning med 1-wattmeter metoden	9
- Effektmätning med 2-wattmeter metoden	11
- Mätning av effekt på trefasnät vid osymmetrisk belastning	12
3. Effektmätning på trefasnätet vid olika typ av symmetriska belastningar	15
- Mätning med enbart belastningsresistorn inkopplad (resistiv last)	17
- Belastningsresistor och belastningsinduktor inkopplad (induktiv last)	18
- Resistor, induktor och kondensator inkopplade	19
4. Undersökning av trefastransformatorn	21
- Transformatorns spänningsomsättning	22
- Transformatorns märkning	26
5. Transformatorns omsättning vid olika kopplingsarter	30
- Uppmätning av spänningsomsättning	30
- Kortslutningsprov	34
6. Belastningsprov på trefastransformatorn	37
- Belastningsprov vid symmetrisk belastning	37
7. Trefas kortsloten asynkronmotor	41
- Uppmätning av motorns startström vid olika spänningar	42
- Asynkronmotorns elektriska egenskaper vid varierande belastning	44
8. Synkronmaskinen	47
- Uppkoppling och infasning	48
- Mätningar vid motordrift	50
Lösningar för vissa uppgifter.	53

1. Mätningar av spänningar och strömmar på trefasnätet vid symmetriska och osymmetriska belastningar.

Syfte

Att mäta spänningar och strömmar på:

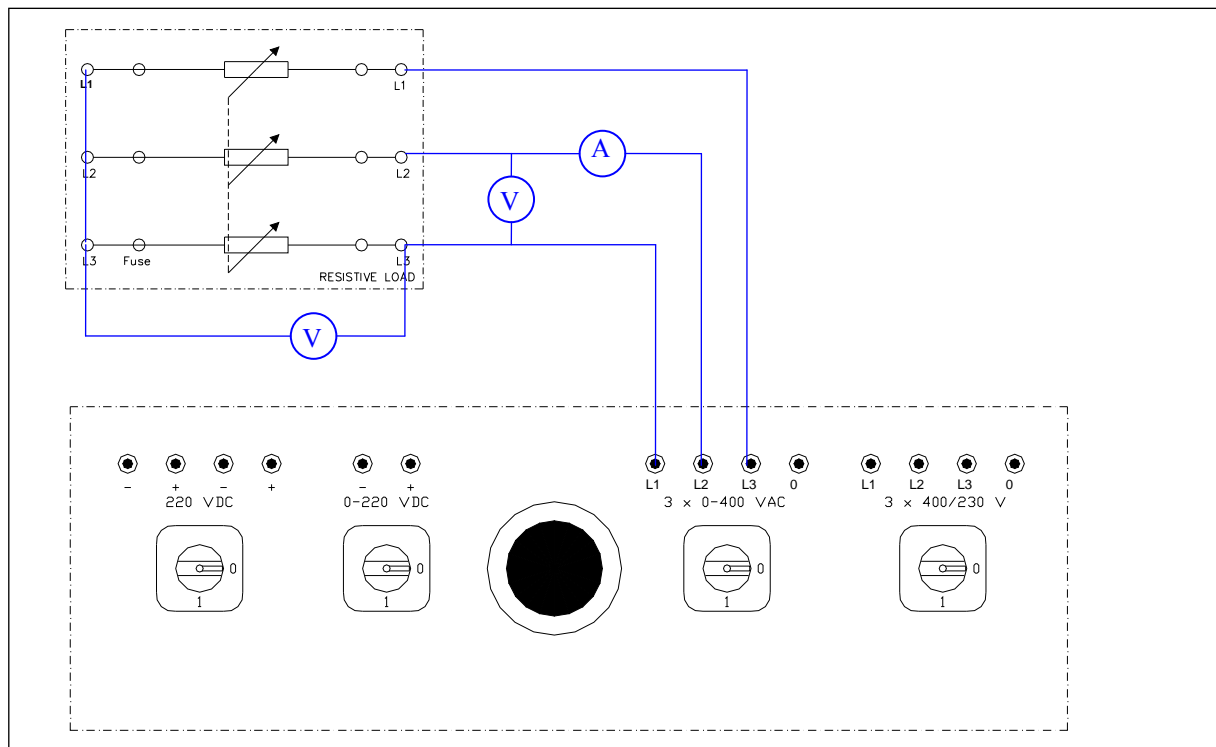
- symmetrisk resistiv belastning vid Y-koppling.
- symmetrisk resistiv belastning vid D-koppling.
- osymmetrisk fördelning mellan faserna.

1. Mätning vid symmetrisk belastning

En symmetrisk trefas belastningsresistor (MV 1100) ska anslutas till ett trefasnät. Nätets spänning ska gå att variera därför används uttaget märkt, 3 x 0-400 V, på strömförsörjningsenheten (MV 1302).

Y-koppling

I nedanstående figur framgår kopplingen. Nätets huvudspänning (U_h), spänningen över en resistor (U_p) samt huvudströmmen (I_h) ska mätas med lämpliga instrument. Se till att uttaget på strömförsörjningsenheten är avstängd och spänningslöst innan uppkopplingen påbörjas.



Innan strömbrytaren slås till och mätningarna påbörjas kontrollera att justeringsratten står i läge 0 %. Mätningar ska utföras med värden på U_h och I_h enligt givna värden i tabellen.

Slå på strömbrytaren och justera in huvudspänningen till första värdet i tabellen. Justera därefter resistansen så att huvudströmmen blir 3 A. Avläs U_f och anteckna värdet i tabellen, fortsätt på motsvarande sätt med övriga mätningar. Efter avslutade mätningar vrids justeringsratten så att utspänningen blir 0 V och strömbrytaren slås från.

Uppmätta värden			Beräknade värden	
U_h [V]	I_h [A]	U_f [V]	U_h / U_f	R_Y [Ω]
100	3.0			
200	3.0			
300	3.0			
400	3.0			

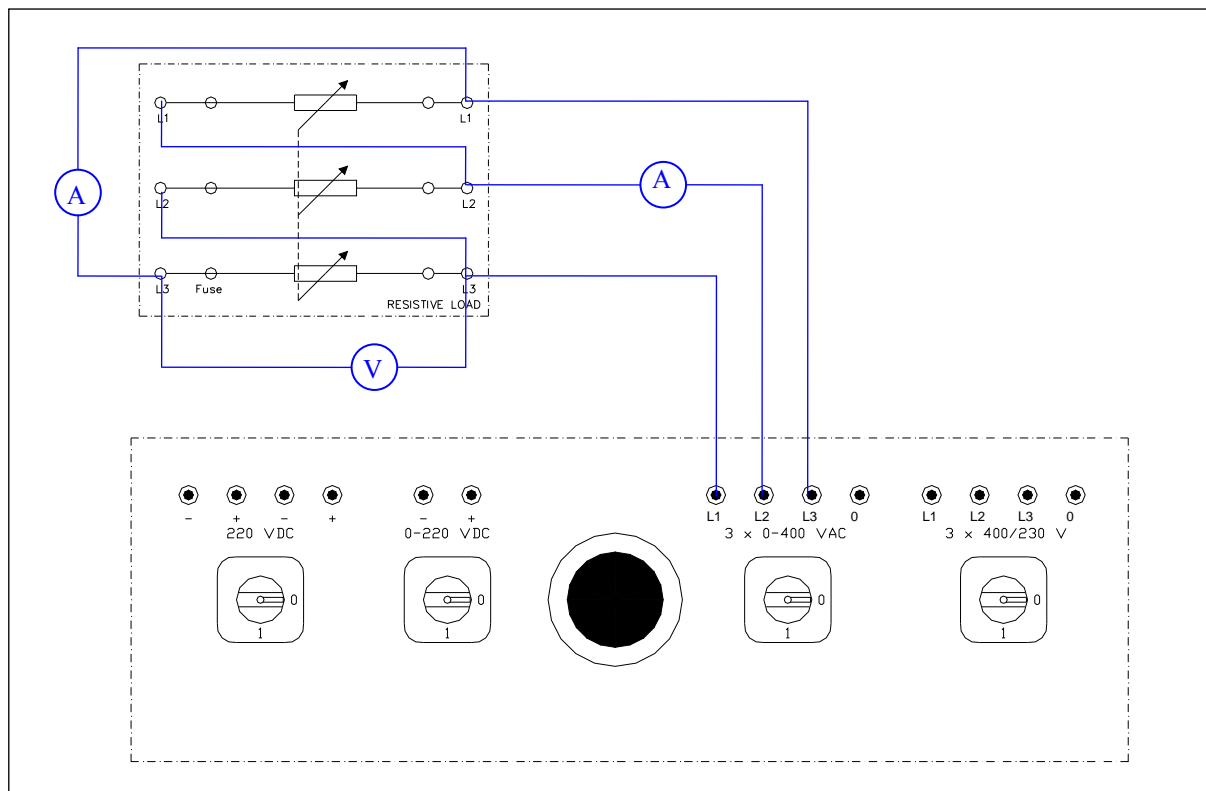
Kvoten mellan U_h / U_f beräknas och antecknas i tabellen.

Vilket är det teoretiska värdet för denna kvot? _____.

Vilket samband bör användas om man ska beräkna resistansen? _____. Beräkna resistansen för respektive inställning på huvudspänningen.

D-koppling

I nedanstående figur framgår kopplingen. Spänningen över en resistor, strömmen genom en resistor (I_f) samt huvudströmmen (I_h) ska mätas med lämpliga instrument.



Mätningar utförs på motsvarande sätt som i föregående försök.

Uppmätta värden			Beräknade värden	
U_h [V]	I_h [A]	I_f [V]	I_h / I_f	R_D [Ω]
100	3.0			
200	3.0			
300	3.0			
400	3.0			

Kvoten mellan I_h / I_f beräknas och antecknas i tabellen.

Vilket är det teoretiska värdet för denna kvot? _____.

Vilket samband bör användas om man ska beräkna resistansen? _____. Beräkna resistansen för respektive inställning på huvudspänningen.

Vilket/vilka samband kan man använda om man vill beräkna den totala aktiva effektförbrukningen för respektive koppling?

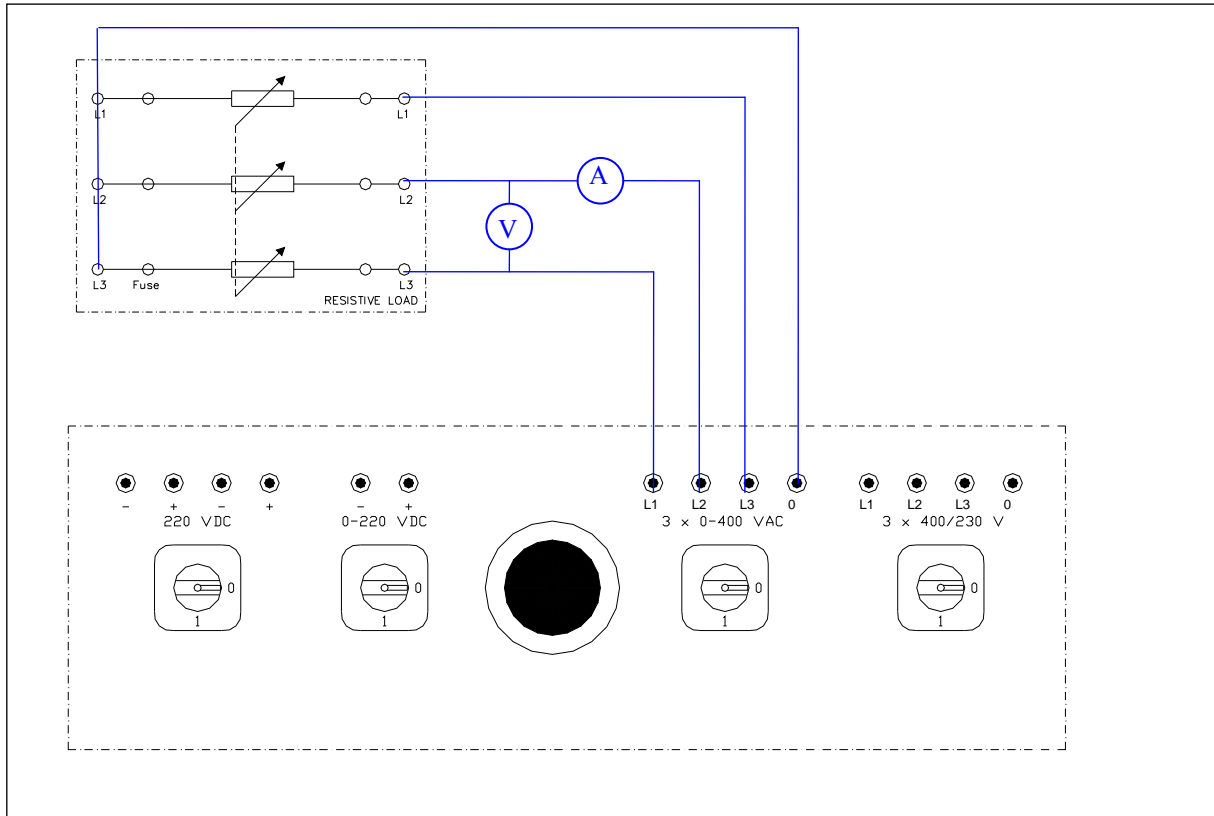
Jämför resistansvärdena vid Y- respektive D-koppling, t.ex. vid 400 V huvudspänning.

Kommentar: _____.

Vilket är det teoretiska värdet på kvoten R_D/R_Y under förutsättning att man har samma huvudspänning och huvudström i respektive koppling?

2. Mätning vid osymmetrisk belastning

Koppla upp Y-kopplingen igen. Observera att belastningens nollpunkt ska anslutas till strömförsörjningsenhetens nollpunkt. Bäst är att använda en tångamperemeter för att mäta strömmar.



Slå till spänningen och justera upp huvudspänningen till 400 V samt reglera resistorn så att huvudströmmen blir 3 A. Mät strömmen i de tre fasledarna samt i neutralledaren

	I_{L1} [A]	I_{L2} [A]	I_{L3} [A]	I_N [A]
Symmetrisk last				
Osymmetrisk last				

Slå av spänningen och ta bort fasledaren L1 slå därefter till spänningen igen. Mät strömmarna i de återstående fasledarna och i neutralledaren.

Varför blir värdet på strömmen i neutralledaren som den blir?

Som extra uppgift kan följande mätning genomföras.

Anslut enbart två fasledare (L2 och L3) och belastningen som i föregående försök. Med neutralledaren ansluten blev strömmen i denna 3 A. Ta nu även bort neutralledaren och slå till spänningen och kontrollera att huvudspänningen är 400 V. Mät strömmarna i L2 och L3 jämför med föregående försök.

$$I_{L2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A.}$$

$$I_{L3} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A.}$$

Kommentar: _____

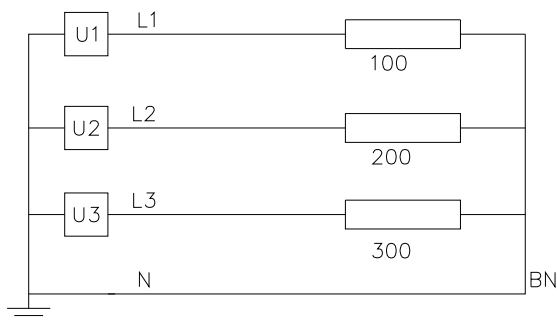
Ta en voltmeter och mät spänningen (U_N) mellan strömförsörjningsenhetens och belastningens nollpunkt.

$$U_N = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V.}$$

Slutsats: Vid osymmetrisk Y-koppling och oansluten neutralledare kommer lastens

”nollpunkt” att bli _____.

Exempel, beräkning vid osymmetrisk Y-koppling. I nedanstående figur är det olika resistans i de tre faserna som är anslutna till ett nät med huvudspänningen 400 V. Beräkna strömmen i de tre faserna.



$$I_{L1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A.}$$

$$I_{L2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A.}$$

$$I_{L3} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A.}$$

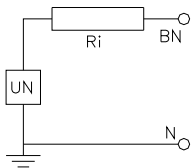
Rita ett skalenligt visardiagram för summan av de tre strömmarna (välj lämplig skala på visarna):

Ur visardiagrammet kan effektivvärdet av strömmen i neutralledaren mätas ut (den del som saknas om man utgår från origo fram till spetsen på summan av de tre strömmarna i faserna):

$$I_N = \text{_____} \text{ A.}$$

Vilken spänning får man över neutralledaren om det blir ett kabelbrott på denna?

Enklast är att göra om ”kretsen” till en ekvivalent tvåpol enligt nedan.



Om man ansluter N med BN ska man få strömmen I_N enligt ovan. Alltså måste det gälla att $U_N = R_i \cdot I_N$ samt att om kretsen är öppen kommer det inte gå ström genom kretsen vilket resulterar i att man får spänningen U_N mellan BN och N.

R_i är kretsens inre resistans.

Då kretsens inre resistans ska beräknas från originalkretsen (på föregående sida) tänker man sig att de tre spänningskällorna är kortslutna. I figuren ser man då tydligt att de tre resistanserna blir

_____ kopplade

Inre resistansen R_i kan då beräknas som

Slutligen kan spänningen U_N beräknas vilket blir den spänning som uppstår över neutralledaren om man skulle få ett kabelbrott på denna:

2. Mätning av effekt med olika metoder vid symmetriska och osymmetriska belastningar

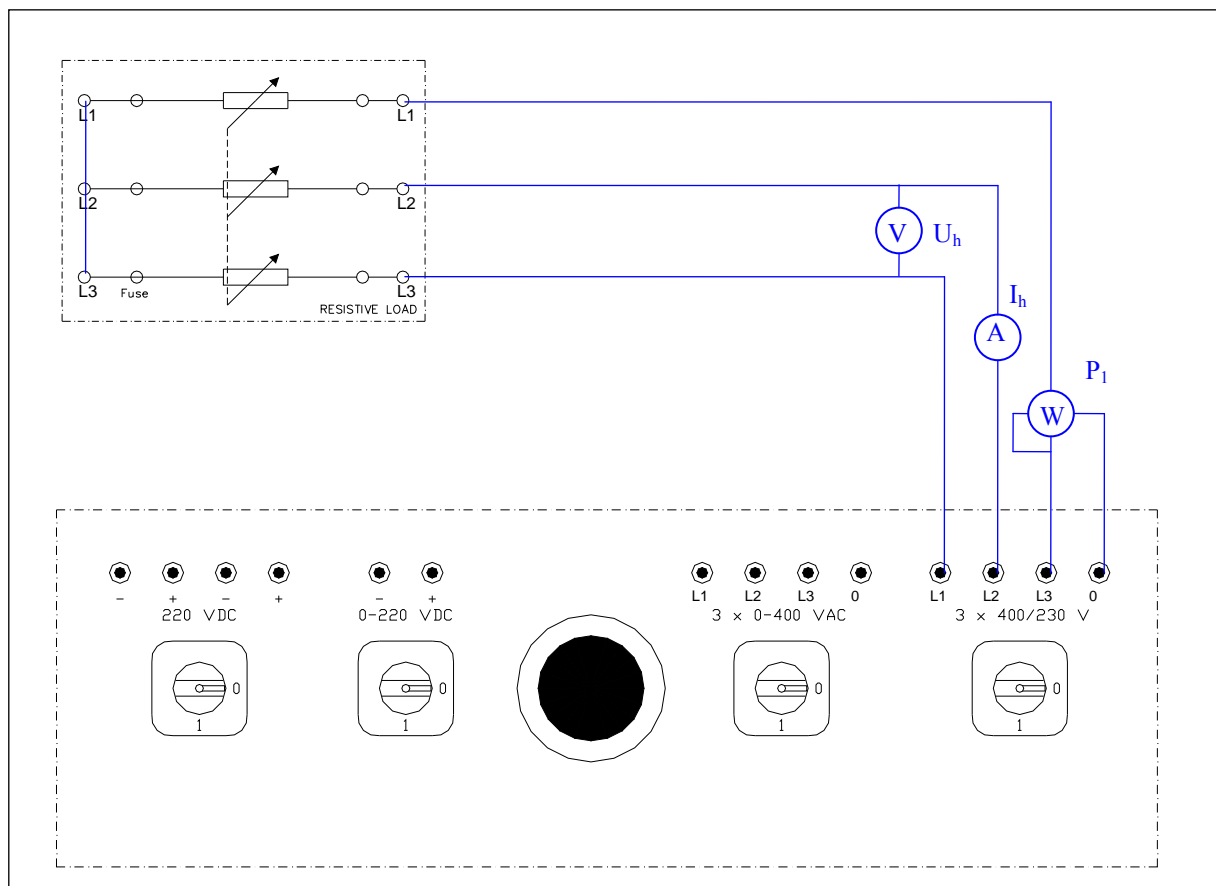
Syfte

Att koppla upp och studera:

- effektmätning med enwattmeter-metoden.
- effektmätning med tvåwattmeter-metoden.
- effektmätning med trewattmeter-metoden.

1. Effektmätning med 1-wattmeter metoden

Huvudspänning, huvudström och aktiv effektförbrukning per fas skall uppmätas för tre olika Y-kopplade symmetriska trefasbelastningar, resistans (MV 1100), induktans (MV 1101) och kapacitans (MV 1102) var för sig. Anslutning av last sker direkt till 400/230 V nätet, strömförsörjningsenheten (MV 1302). Se till att uttaget på strömförsörjningsenheten är avstängd och spänningslöst innan uppkopplingen påbörjas.

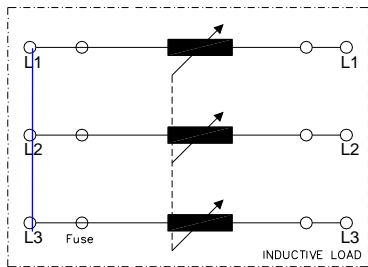


Alternativt kan man koppla in kraftnätsanalysatorn (MV1939) mellan nätet och belastningen för att mäta de olika storheterna.

Slå på strömbrytaren till 400/230 V uttaget, justera därefter resistansen så att strömmen genom denna blir 3 A. Avläs mätvärdena och anteckna dem i översta tabellraden.

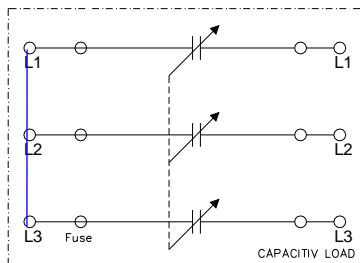
Last	Uppmätta värden			Beräknade värden			
	U_h [V]	I_h [A]	P_1 [W]	P [W]	S [VA]	Q [VAr]	$\cos\phi$
R							
L							
C							

Slå av strömbrytaren och byt ut resistorn till induktorn MV 1101.



Slå på strömbrytaren igen och justera strömmen genom induktorn så att den blir så nära 3 A man kan komma. Avläs mätvärdena och anteckna i tabellen.

Slå av strömbrytaren och byt ut induktorn till kondensatorn MV 1102



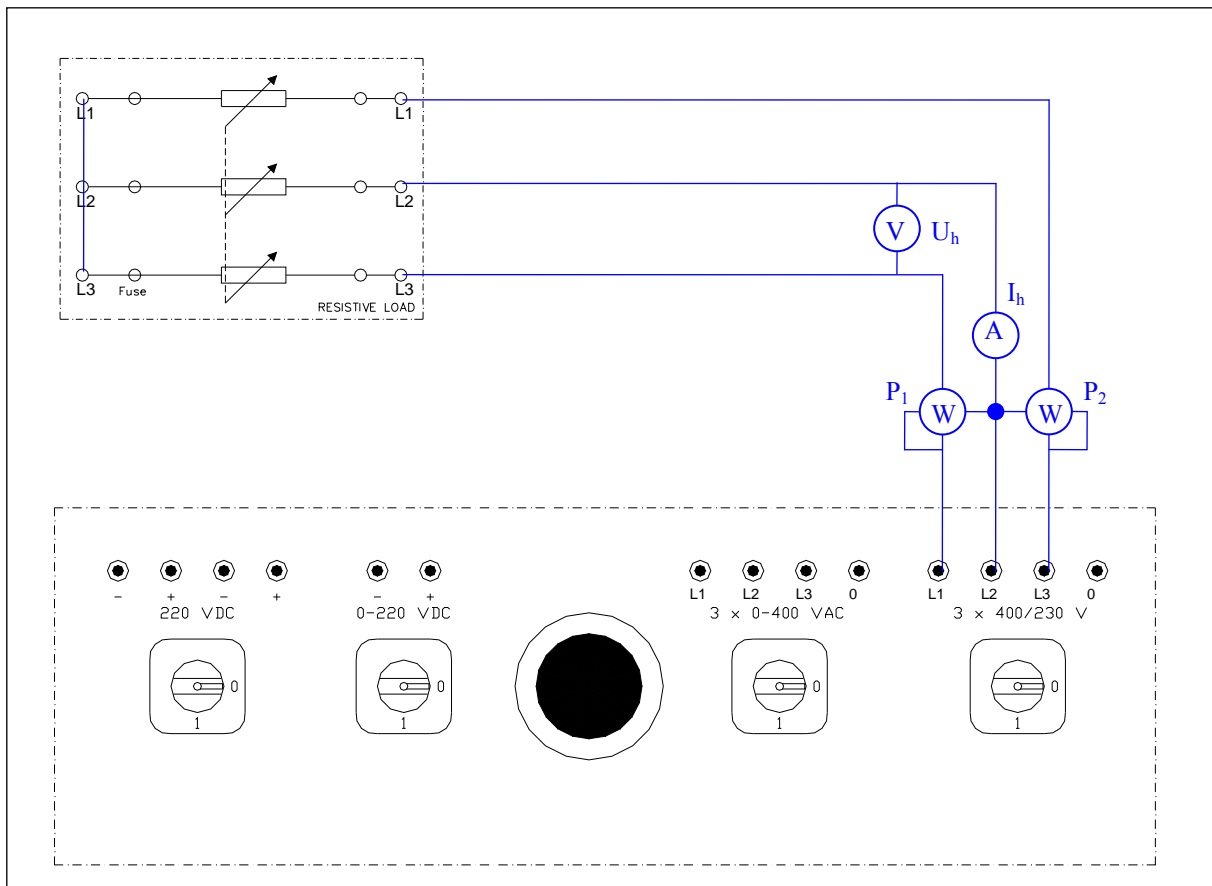
Gör motsvarande mätning för denna. Även här ska strömmen justeras så att den blir så nära 3 A man kan komma.

Eftersom belastningarna är symmetriska kan totala aktiva effekten P beräknas som $3 \cdot P_1$. Beräkna övriga storheter med hjälp av lämpliga samband. Den skenbara effekten S och den reaktiva effekten Q ska vara totala effekten för lasten.

Med hjälp av mätvärdena kan man beräkna resistansen i resistorn, induktorns induktans samt kondensatorns kapacitans per fas. Utför beräkningen med hjälp av lämpliga samband. Vid beräkningen antas att komponenterna är ideala (ingen inre resistans i induktorn/kondensatorn).

2. Effektmätning med tvåwattmeter metoden

Samma uppgift som föregående med den skillnaden att total förbrukad aktiv effekt mäts genom tvåwattmeter metoden.



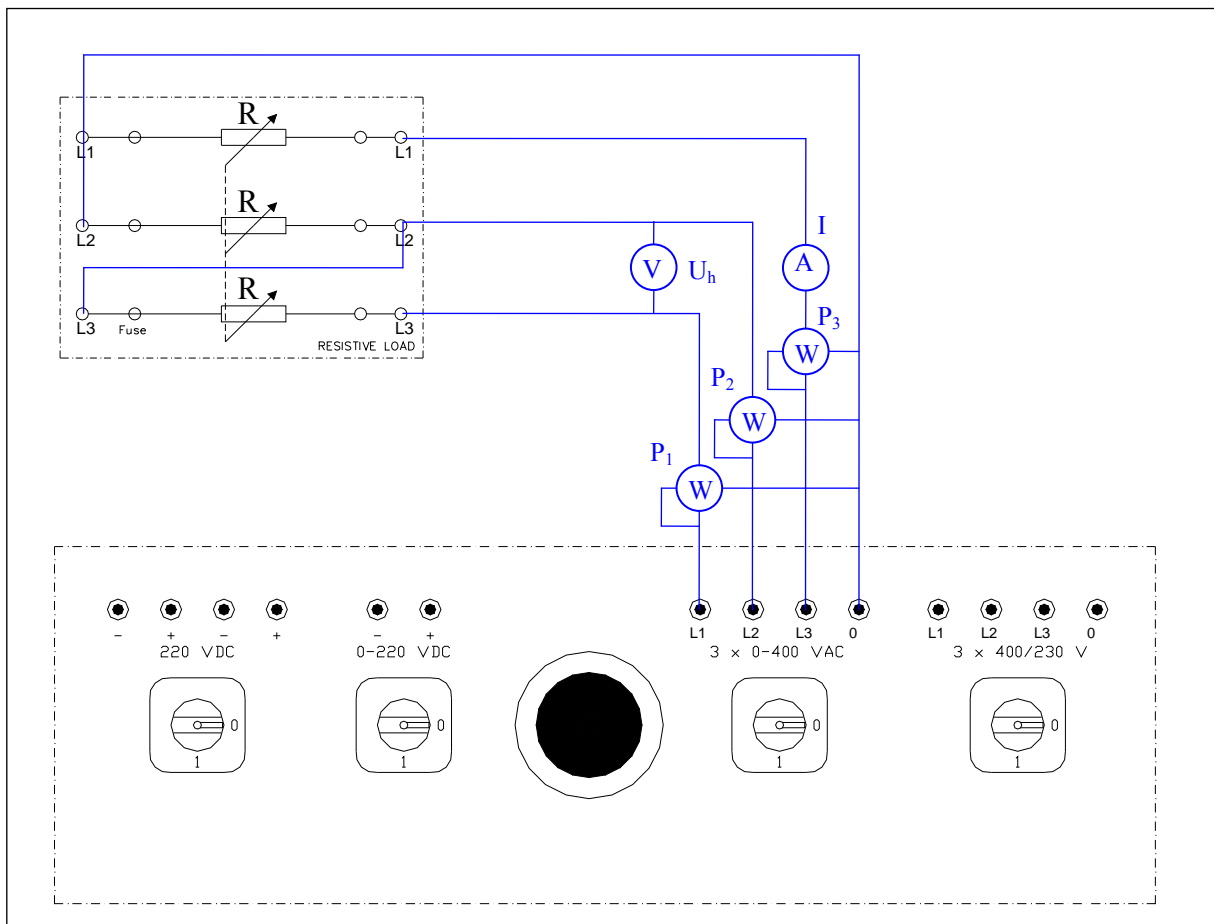
Upprepa mätningarna och skriv in värdena i tabellen.

Last	Uppmätta värden				Beräknade värden			
	U_h [V]	I_h [A]	P_1 [W]	P_2 [W]	P [W]	S [VA]	Q [VAr]	$\cos\phi$
R								
L								
C								

Två wattmeter metoden kan användas vid såväl symmetriska som osymmetriska laster och total aktiv effekt fås som summan av (inklusive tecken) vad de båda wattmetrarna visar. För att metoden ska ge rätt resultat vid får nätets neutralpunkt inte vara ansluten till lasten. Utför motsvarande beräkningar som i förra försöket och för resultaten i tabellen.

3. Mätning av effekt på trefasnät vid osymmetrisk belastning.

Vid osymmetrisk belastning där neutralledaren är ansluten till belastningen är trewattmeter metoden den enda metod man kan använda. Se till att uttaget på strömförsörjningsenheten är avstängd koppla därefter upp följande koppling.



Kraftnätsanalysatorn (MV1939) är här helt idealisk att använda för mätningar av de olika mätstorheterna. Den mäter ström och spänning i samtliga faser helt i enlighet med trewattmeter metoden och är internt kopplad som figuren ovan visar. En vanlig kWh mätare mäter på precis motsvarande sätt.

Se till att strömförsörjningsenhetens justeringsratt står på 0% slå därefter till den variabla spänningen. Justera upp huvudspänningen till 200 V och därefter regleras resistorn så att strömmen I blir 2 A. Läs av mätvärdena och anteckna dem i tabellen.

Uppmätta värden					Beräknat
U_h [V]	I [A]	P_1 [W]	P_2 [W]	P_3 [W]	P [W]
200	2				
100					

Justera ner huvudspänningen till 100 V och läs av mätvärdena. Avsluta försöket genom att vrida ner justeringsratten till 0 % och slå från spänningen.

Vid mätningen med huvudspänningen 200 V utförs följande:

Beräkna vilken resistans resistorn (R) är inställd på: _____ Ω

Beräkna strömmen genom respektive resistor

Översta = 2 A

Mittersta = _____ A

Understa = _____ A

Beräkna effekterna som utvecklas i respektive resistor

Översta = _____ W

Mittersta = _____ W

Understa = _____ W

Jämför de beräknade värdena med vad respektive wattmeter P_1 , P_2 och P_3 har visat

Kommentar: _____

Hur stora bör strömmen i nedersta fasledaren (L_1) vara: _____ A

Strömmen genom mittersta fasledaren (L_2) kan beräknas/bestämmas:
(ledning: man kan t.ex. rita ett skalenligt visardiagram över de två strömmar som tillsammans bildar strömmen i mittersta fasledaren)

Utför beräkning här nedan:

3. Effektmätning på trefasnätet vid olika typ av symmetriska belastningar

Syfte

Att mäta spänningar, strömmar och effekter då nätet belastas:

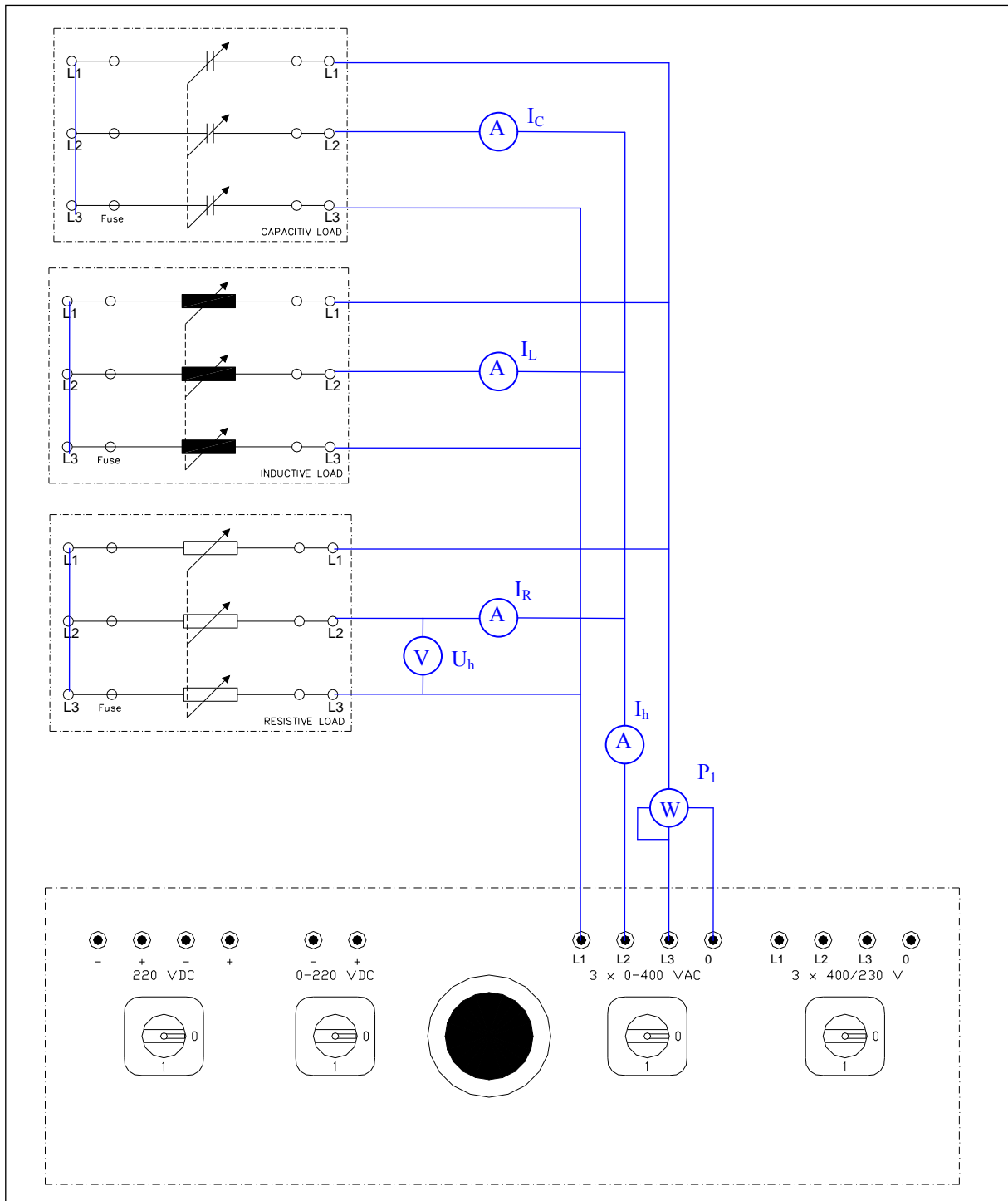
- med enbart resistiv belastning.
- med en last av induktiv karaktär.
- med en last som är en kombination av resistans, induktans och kapacitans.

Laboration ska ge förståelse för hur faskompensering kan utföras för att öka verkningsgraden på en distributionsledning.

Koppling

Ett nät ska belastas med symmetrisk trefas belastningar. Resistor (MV 1100), induktor (MV 1101) och kondensator (MV 1102) ska anslutas till ett trefasnät. Samtliga belastningar ska Y-kopplas. Nätet spänning ska gå att variera därför används uttaget märkt, 3 x 0-400 V, på strömförsörjningsenheten (MV 1302). Kopplingen framgår i figuren på nästföljande sida.

Se till att uttaget på strömförsörjningsenheten är avstängd och spänningslöst innan uppkopplingen påbörjas.



Strömmarna mäts enklast med en tångamperemeter och spänningen med ett vanligt universalinstrument. Eftersom belastningarna är symmetriska räcker det att mäta den aktiva effekten i enbart en fas (1-wattmeter metoden). Totala aktiva effekten (P) fås genom att multiplicera avläst värde med tre. Alternativt kan man koppla in kraftnätsanalysatorn (MV1939) mellan nätet och belastningarna för att mäta olika storheter (U_h , I_h och P).

1. Mätning med enbart belastningsresistorn inkopplad (resistiv last).

Enbart resistorn ska vara inkopplad, sätt induktorn och kondensatorns vridomkopplare så att de står i läge 0. Innan strömbrytaren slås till och mätningarna påbörjas kontrollera att justeringsratten på strömförsörjningsenheten står i läge 0 %. Mätningar ska utföras med värden på U_h enligt värden i tabellen.

Slå på strömbrytaren och justera in huvudspänningen 400 V, justera därefter resistansen så att Strömmen genom denna blir 2 A. Avläs mätvärdena och anteckna dem i tabellen, fortsätt med resterande värden på huvudspänningen utan att ändra resistansen. Efter avslutade mätningar vrids justeringsratten så att utspänningen blir 0 V och strömbrytaren slås från.

Uppmätta värden				Beräknat
U_h [V]	I_h [A]	I_R [A]	P [W]*	S [VA]
400		2.0		
300				
200				
100				

* Totala aktiva effekten.

Beräkna totala skenbara effekten S med lämpligt uttryck och anteckna i tabellen.

Jämför S och P ev. kommentar: _____

I ett nät kan det förekomma såväl skenbar som reaktiv och aktiv effekt. Hur ska de enligt teorin förhålla sig till varandra då man enbart belastar nätet med en resistiv last?

2. Belastningsresistorn och belastningsinduktorn inkopplad (induktiv last).

Sätt induktorns vridomkopplare i läge 6. Kondensatorns vridomkopplare ska fortfarande stå i läge 0. Kontrollera att justeringsratten på strömförsörjningsenheten står i läge 0 %.

Slå på strömbrytaren och justera in huvudspänningen 400 V, justera därefter resistansen så att Strömmen genom denna blir 2 A. Strömmen genom induktorn ska vara så nära 2 A man kan komma, prova att vrida på induktorns vridomkopplare för att hitta bästa inställning Avläs mätvärdena och anteckna dem i tabellen, fortsätt med resterande värden på huvudspänningen utan att ändra inställning på de båda belastningarna.

Uppmätta värden					Beräknade	
U_h [V]	I_h [A]	I_R [A]	I_L [A]	P [W]	S [VA]	Q [VAr]
400		2.0				
300						
200						
100						

Beräkna totala skenbara effekten S och reaktiva effekten Q med lämpliga uttryck och anteckna i tabellen.

Vid U_h lika med 400 V ritas sambanden mellan effekterna (effekttriangeln)

Hur kan man beräkna huvudströmmen I_h då strömmen genom resistorn och induktorn är kända?

Utför beräkningen vid huvudspänningen 400 V, utgå från mätvärdena på I_R och I_L :

3. Resistorn, induktorn och kondensatorn inkopplad.

Sätt induktorns vridomkopplare i läge 6 och kondensatorns vridomkopplare ska stå i läge 3. Glöm inte att ställa den övre omkopplaren i läge 1. Kontrollera att justeringsratten på strömförsörjningsenheten står i läge 0 %.

Slå på strömbrytaren och justera in huvudspänningen 400 V, justera därefter resistansen så att strömmen genom denna blir 2 A. Strömmen genom induktorn och kondensatorn ska vara så nära 2 A man kan komma, prova att vrida på respektive vridomkopplare för att hitta bästa inställning. Avläs mätvärdena och anteckna dem i tabellen, fortsätt med resterande värden på huvudspänningen utan att ändra inställning på belastningarna.

Uppmätta värden						Beräknade	
U_h [V]	I_h [A]	I_R [A]	I_L [A]	I_C [A]	P [W]	S [VA]	Q [VAr]
400		2.0					
300							
200							
100							

Avsluta försöket genom att vrida justeringsratten så att utspänningen blir 0 V och slå från strömbrytaren. Återställ samtliga vridomkopplare/justeringsratt på belastningarna.

Beräkna totala skenbara effekten S och reaktiva effekten Q och anteckna i tabellen.

Jämför mätvärdena i de tre försöken för:

Den aktiva effekten P, kommentar: _____

Huvudströmmen I_h , kommentar: _____

Den reaktiva effekten Q, kommentar: _____

Exempel, I distributions sammanhang är förbrukarens (t.ex. en industri) reaktiva effektbehov ett problem. Anta att en industri matas via en trefas luftledning som är 2 mil lång och att ledningen har en resistans på 0.005Ω per kilometer. Spänningen vid industrin är 10 kV och den förbrukar 10 MW vid en effektfaktor på 0.70 av induktiv karaktär. Beräkna effektförlusten i ledningen.

Hur stort (i reaktiv effekt Q) kondensatorpaket behövs för att faskompensera industrin så att effektfaktorn blir 0.95 (induktiv) samt hur stora blir då effektförlusten i luftledningen som matar industrin?

4. Undersökning av trefastransformatorn

Syfte

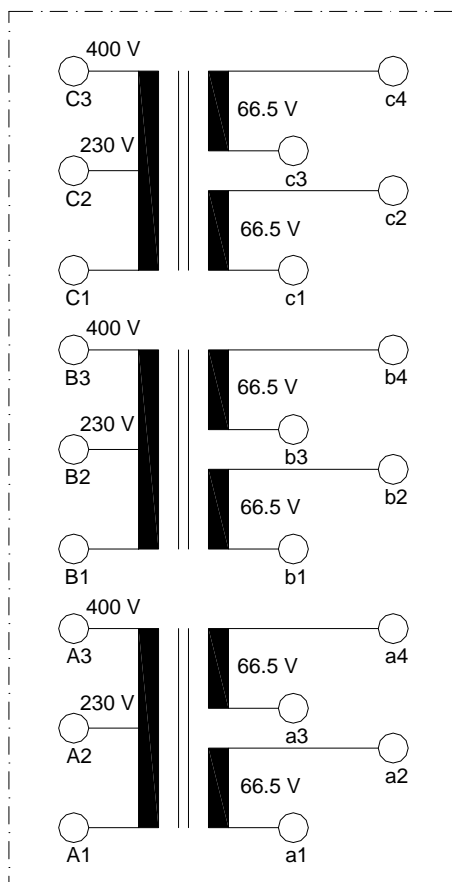
Undersöka trefas transformatorn MV 1972 och ta reda på funktionen. De enda märkdatauppgifter som finns tillgängliga för transformatorn är spänningsomsättningen och märkeffekten. Ur försöken ska man dra slutsatser om hur transformatorn är uppbyggd och fungerar samt hur märkdata kan användas för att t.ex. bestämma transformatorns märkström på respektive sida.

Allmänt

Figuren visar transformatorns lindningar samt hur dessa är märkta. Observera att **uppsidan** alltid är märkt med **stora bokstäver** samt att **nedsidan** är märkt med **små bokstäver**.

Märkdata:

- märkeffekt 2.0 kVA
- spänningsomsättning 400/66.5/66.5 V (lindningsdata)



Transformatorn är en fulltransformator, d.v.s. uppsidans och nedsidans lindningar är galvaniskt åtskilda.

På uppsidan finns tre lindningar. Lindningarna är dimensionerade för en spänning på 400 V men har även ett uttag på lindningen som är avsett för att anslutas till en spänning på 230V.

Nedsidan har två lindningar per fas alltså totalt sex lindningar. Ansluter man uppsidan till 400 V ska nedsidans lindningar ge spänningen 66.5 V. Av det skälet är transformatorns spänningsomsättning 400/66.5/66.5 V (två lindningar per fas).

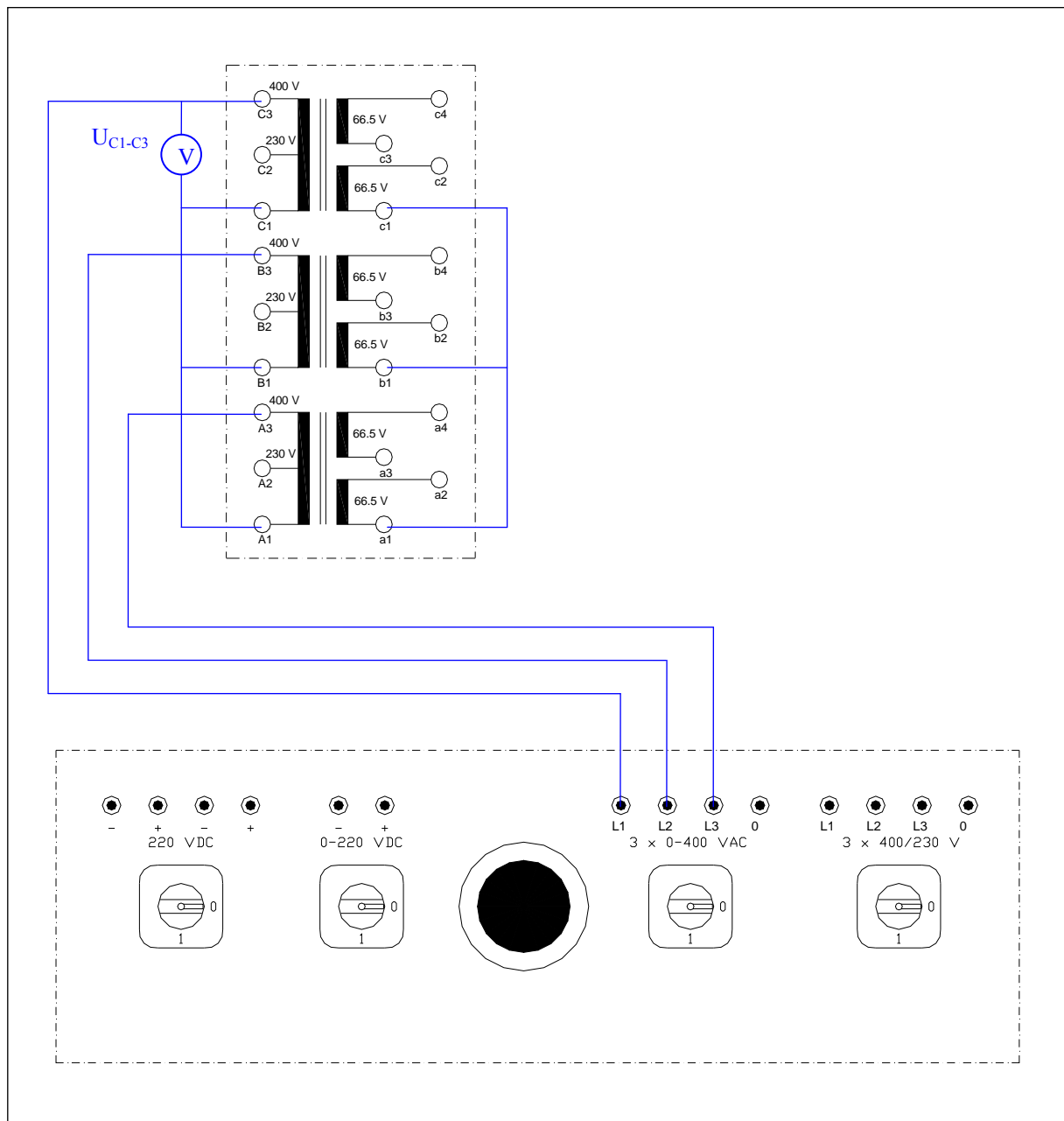
En trefastransformators märkeffekt anges i skenbar effekt och är enligt definition:

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n$$

Där U_n är den huvudspänningen som kan anslutas till transformatorn vid aktuell koppling och I_n den huvudström man får om transformatorn belastas med märkeffekt.

1. Transformatorns spänningsomsättning

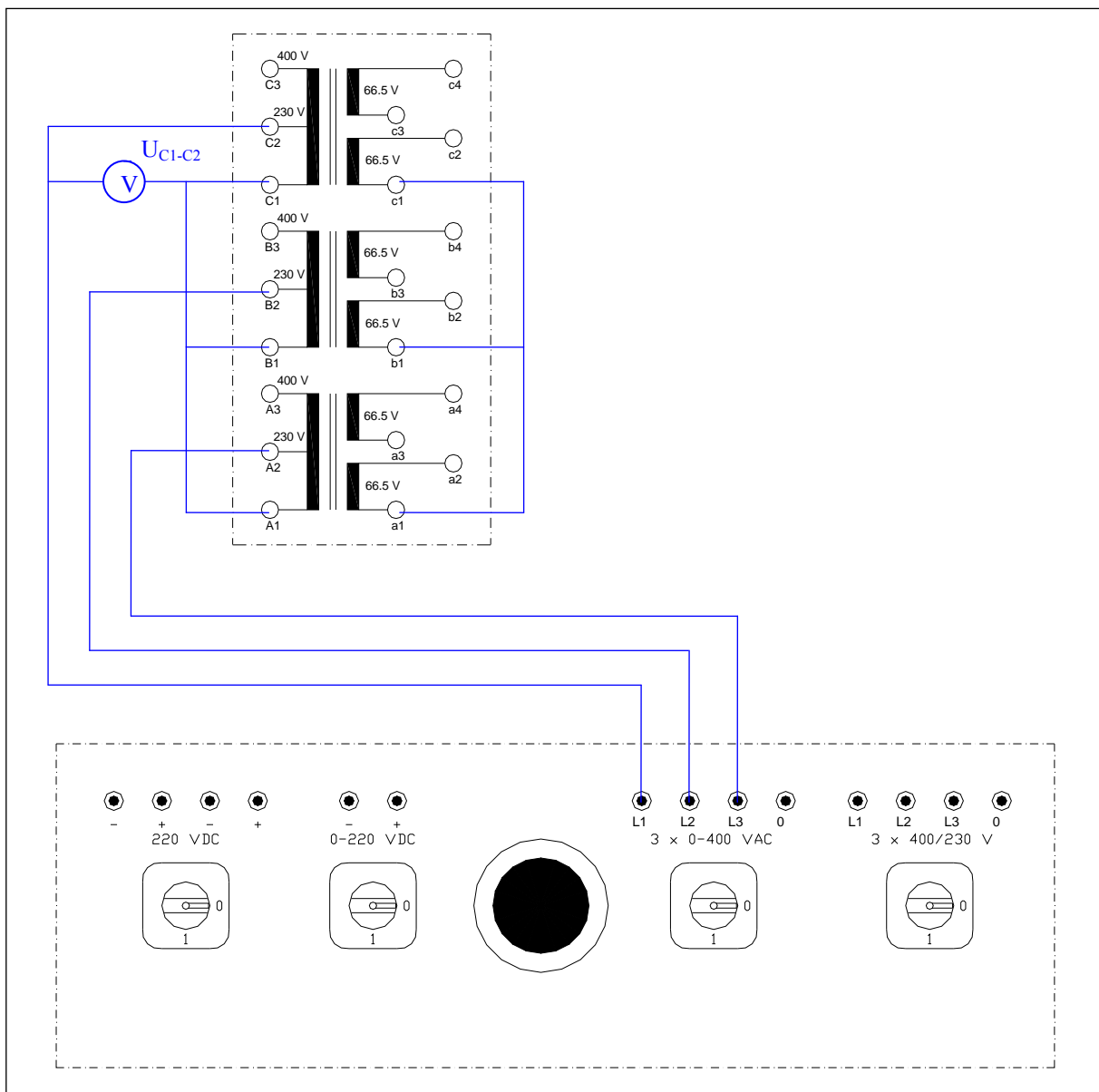
I detta försök ska transformatorn vara Yy-kopplad, d.v.s både uppsida och nedsida ska vara Y-kopplade. Om vi t.ex. kopplar ihop A1, B1 och C1 samt a1, b1 och c1 blir får den kopplingen. På uppsidan ska 400 V uttaget anslutas till det variabla spänningsuttaget på strömförsörjningsenheten. Koppla in en voltmeter som mäter lindningsspänningen U_{C1-C3} på uppsidan. Se till att uttaget på strömförsörjningsenheten är avstängt och spänningslöst innan uppkopplingen påbörjas.



Innan strömbrytaren slås till och mätningarna påbörjas kontrollera att justeringsratten står i läge 0 %. Justera in U_{C1-C3} enligt tabellen och mät övriga spänningar i tabellen. Samtliga spänningar på ska mätas av **med samma voltmeter**, anteckna mätvärden.

U_{C1-C3} [V]	U_{C1-C2} [V]	U_{a1-a2} [V]	U_{b1-b2} [V]	U_{c1-c2} [V]
50				
100				
150				
200				

Då mätningarna är klara vrid justeringsratten till 0 % och slå från strömbrytaren på strömförsörjningsenheten. Koppla om så uppsidan ansluts till 230 V uttaget istället samt koppla in en voltmeter som mäter spänningen U_{C1-C2} .



Slå till strömbrytaren och upprepa mätningarna enligt föregående.

U_{C1-C2} [V]	U_{C1-C3} [V]	U_{a1-a2} [V]	U_{b1-b2} [V]	U_{c1-c2} [V]
29				
58				
87				
115				

Ur de två olika mätningarna beräknas transformatorns lindningsomsättning ($N1/N2$) som enligt definition blir:

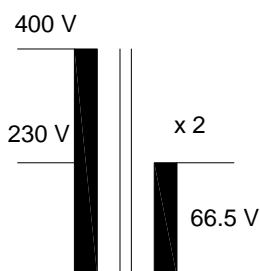
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Där U_1 är spänningen över lindningen på uppsidan och U_2 är spänningen över lindningen på nedsidan.

Fyll i tabellen med värden från de två mätningarna nedan och beräkna därefter lindningsomsättningen:

Mätning 1			Mätning 2		
U_{C1-C3} [V]	U_{c1-c2} [V]	$N1/N2$	U_{C1-C2} [V]	U_{c1-c2} [V]	$N1/N2$
50			29		
100			58		
150			87		
200			115		

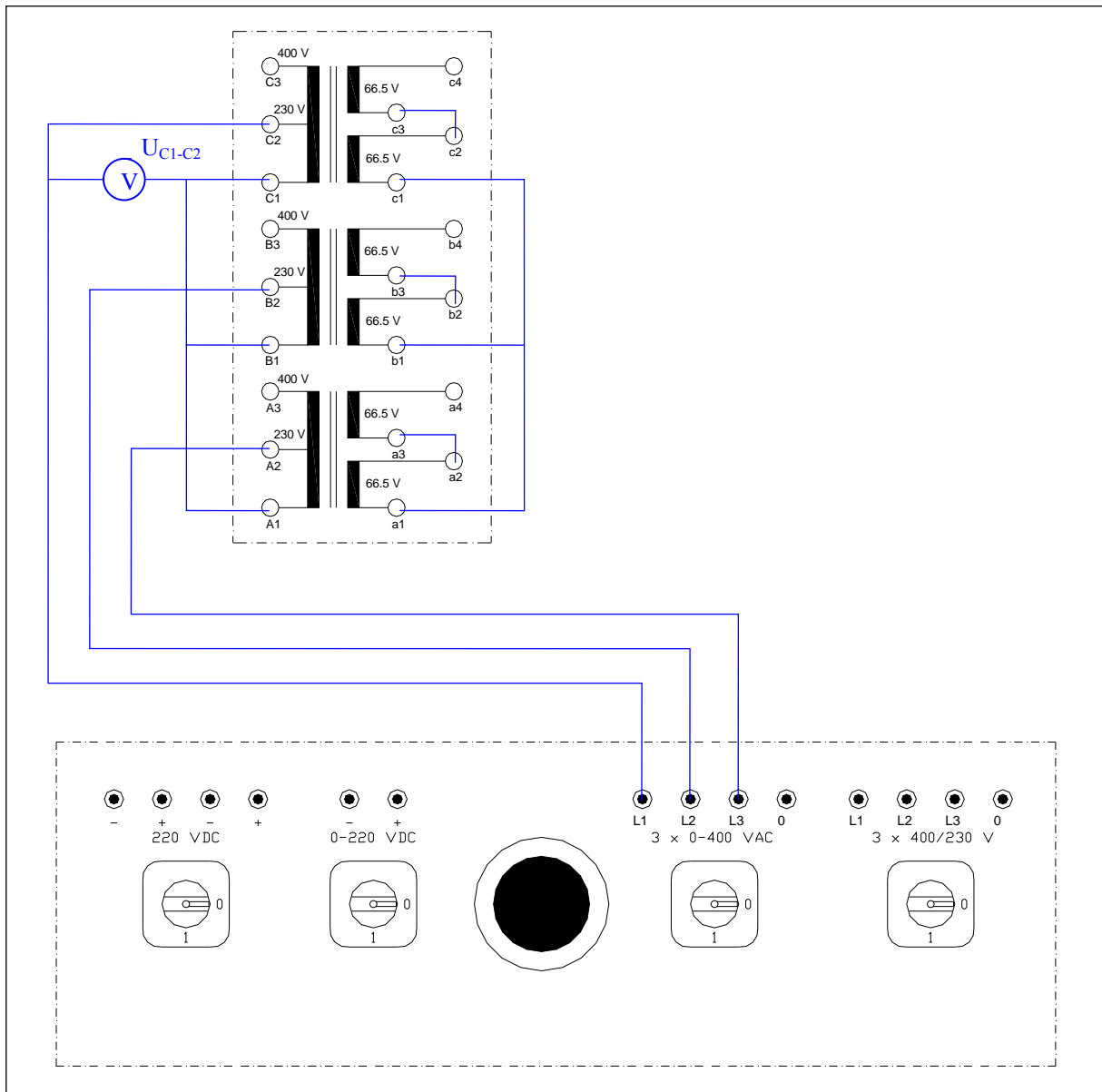
Ur tabellen framgår att man får större lindningsomsättning vid mätning 1, vilket är rätt självklart. Vad som är lite märkligt är att man kan konstatera att nedsidans spänning U_{c1-c2} är ungefär densamma vid de två mätningarna. Förklaringen är att transformatorn är konstruerad så att den ska ge 66.5 V på nedsidans lindningar oavsett om uppsidan ansluts till 400 V eller till 230V. Tittar man på en fas kan följande figur illustrera hur.



Man utnyttjar bara en del av järnkärnan för att inducera över spänning till nedsidan. Ansluter man en spänning på 400 V till 400 V uttaget kommer spänningen att fördela sig över uppsidans lindningen så att man får 230 V där 230 V uttaget är anslutet till lindningen. Spänningen på nedsidans lindning blir 66.5 V.

Ansluter man 230 V direkt till 230 V uttaget blir det precis samma sak. Dessutom inducerar den anslutna spänningen en spänning i resten av uppsidans lindning. Mäter man på 400 V uttaget kommer spänningen att vara 400 V.

Återgå till föregående koppling och anslut förbindningar mellan a2-a3, b2-b3 och c2-c3.



Kontrollera att justeringsratten står i läge 0 %. Slå till strömförsörjningsenheten och justera in U_{C1-c2} till 200 V. Mät med samma voltmeter övriga mätvärden och anteckna nedan.

U_{C1-c2} [V]	U_{c1-c2} [V]	U_{c3-c4} [V]	U_{c1-c4} [V]
200			

Slutsats: Om man seriekopplar de två lindningarna på nedsidan och mäter spänningen över dem så blir den _____ som spänningen över en lindning.

2. Transformatorns märkning

Som nämnts innan så märks transformatorn i skenbar effekt och uttrycket nedan kan användas för att t.ex. beräkna transformatorns märkströmmar.

$$S_n = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n$$

Transformatorn som undersöks är Yy-kopplad.

Om man ansluter 400 V uttagen till ett trefasnät. Vilken är högsta huvudspänning man kan tillåta på det nätet?

Om man istället använder 230 V uttagen, hur stor blir huvudspänningen då?

Använd svaren ovan för att beräkna transformatorns märkströmmar på uppsidan.

Om man använder 400 V uttagen blir märkströmmen:

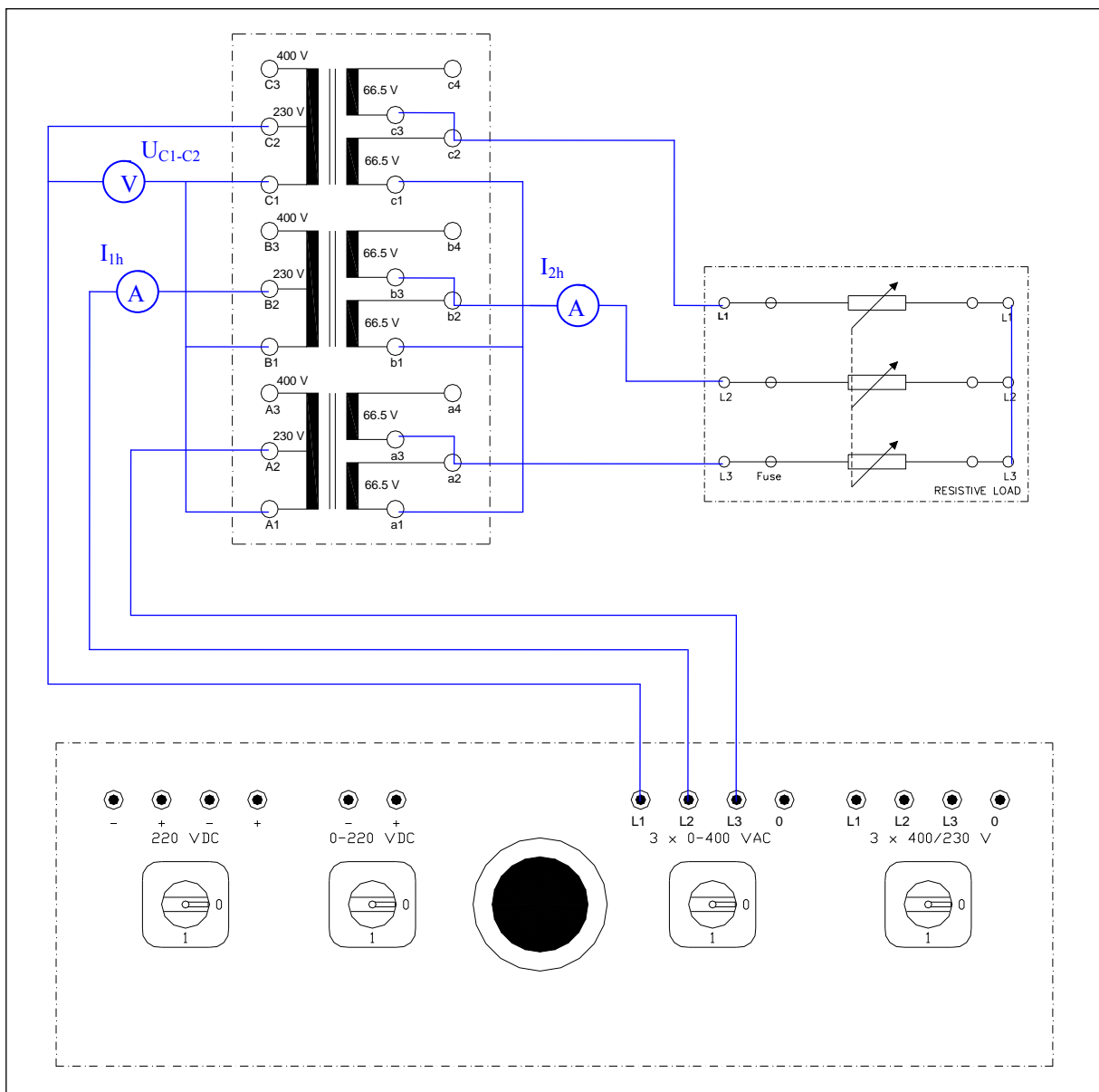
Om man använder 230 V uttagen blir märkströmmen:

Hur stor ström kan man kontinuerligt tillåta genom uppsidans lindning? _____

Vad är det egentligen som avgör hur stor ström man kan tillåta genom en lindning?

På nedsidan finns två lindningar per fas och i normal drift kopplas dessa i serie med varandra vilket gör att vi har en lindningsspänning på 133 V på nedsidan. Beräkna under dessa förutsättningar märkströmmen för nedsidans lindningar:

För att undersöka hur strömmarna på respektive sida uppför sig då transformatorn belastas ansluts en belastningsresistor till transformatorn. Resistorn Y-kopplas och ansluts till transformatorn så att endast en utav de två lindningarna på uppsidan belastas.

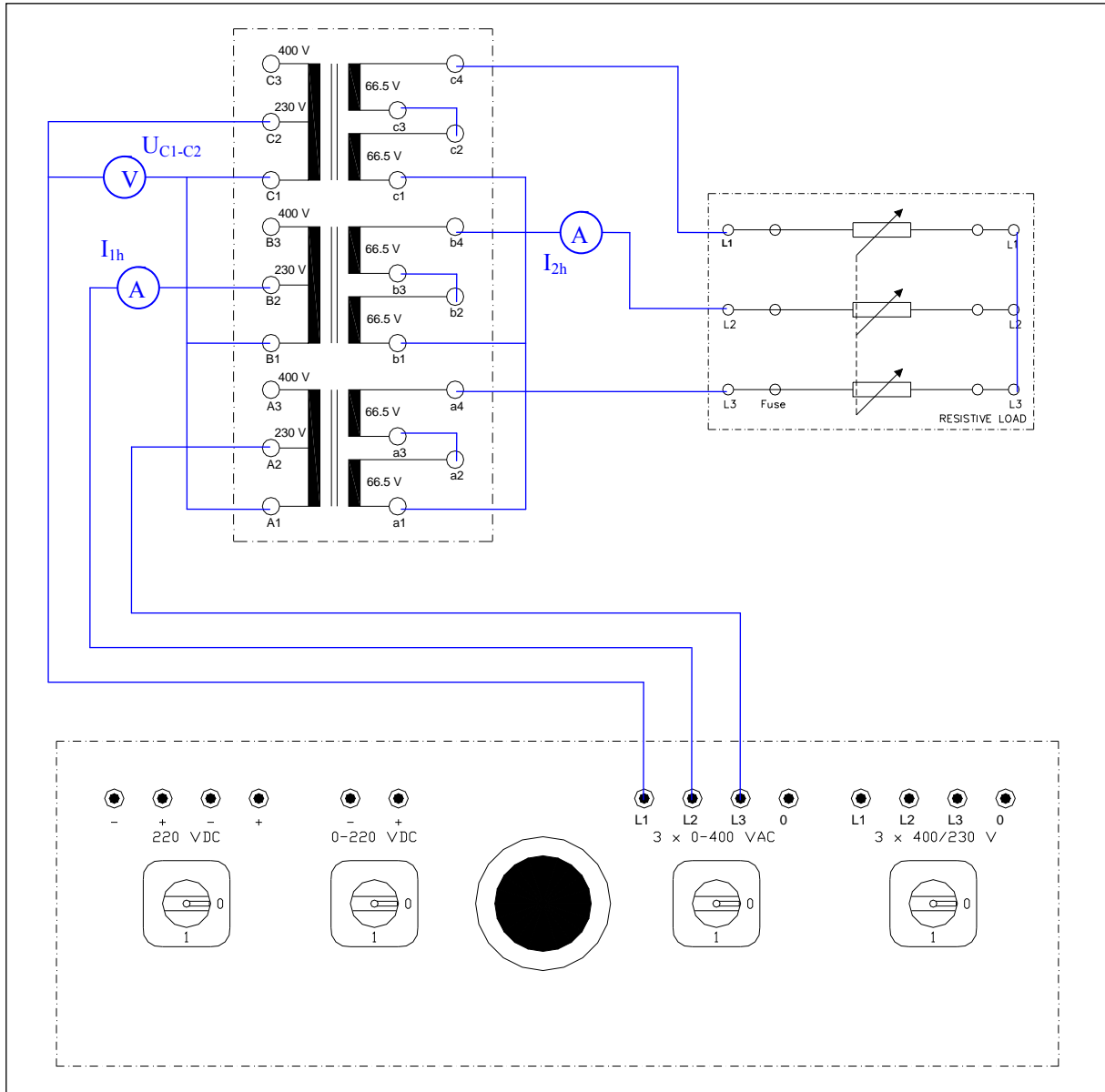


Kontrollera att justeringsratten står i läge 0 %. Slå till strömförsörjningsenheten och justera in U_{C1-C2} till 200 V. Justera belastningsresistorn så att strömmen på nedsidan (I_{2h}) blir 2 A.

Läs av strömmen på uppsidan:

$$I_{1h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

Stäng av strömförsörjningsenheten och koppla om så att båda lindningarna på nedsidan ansluts till belastningsresistorn.



Slå till strömförsörjningsenheten och justera in U_{C1-C2} till 200 V. Justera belastningsresistorn så att strömmen på nedsidan blir 2 A.

Läs av strömmen på uppsidan:

$$I_{1h} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

Jämför strömmen på uppsidan vid de två mätningarna (en respektive två lindningar inkopplade) ovan.

Slutsats: _____

Med hjälp av transformatorns lindningsmärkning kan man teoretiskt beräkna strömmen på uppsidan (I_{1h}) då nedsidans ström (I_{2h}) är 2 A. Utför denna beräkning då

Enbart en lindning på nedsidan är inkopplad:

Båda lindningarna på nedsidan är inkopplade:

5. Transformatorns omsättning vid olika kopplingsarter

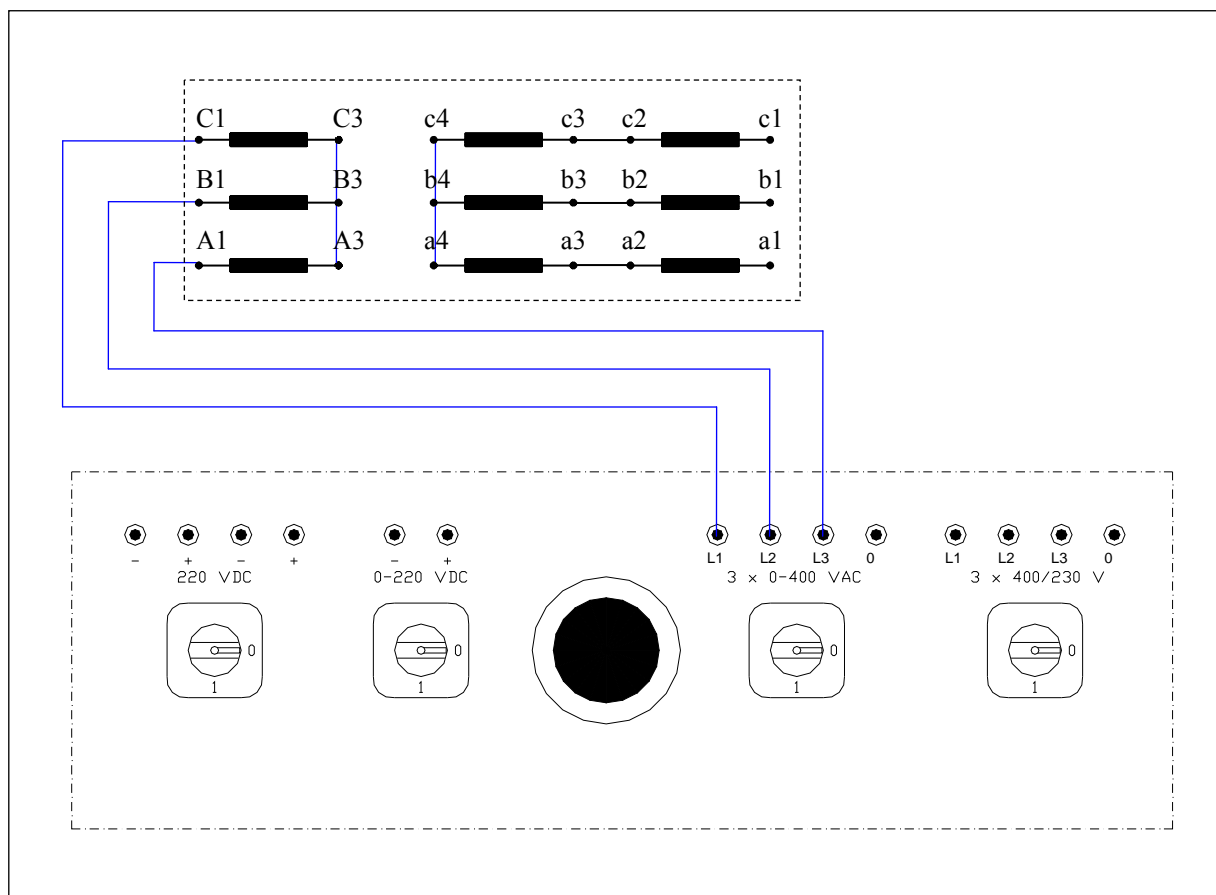
Syfte

Studera trefastransformatorns omsättning vid olika kopplingsarter (Yy-, Dy- med flera). Utföra kortslutningsprov för en Yy-kopplad transformator och ur detta bestämma transformatorns egenskaper (kortslutnings -resistans (R_k) och -reaktans (X_k) samt procentuella kortslutningsspänning).

1. Uppmätning av spänningsomsättning

Observera att 66.5 V lindningarna på respektive ben ska kopplas i serie (a2 förbindes med a3 osv). Se till att uttaget på strömförsörjningsenheten är avstängd och spänningslöst innan uppkopplingen påbörjas.

Yy-koppling



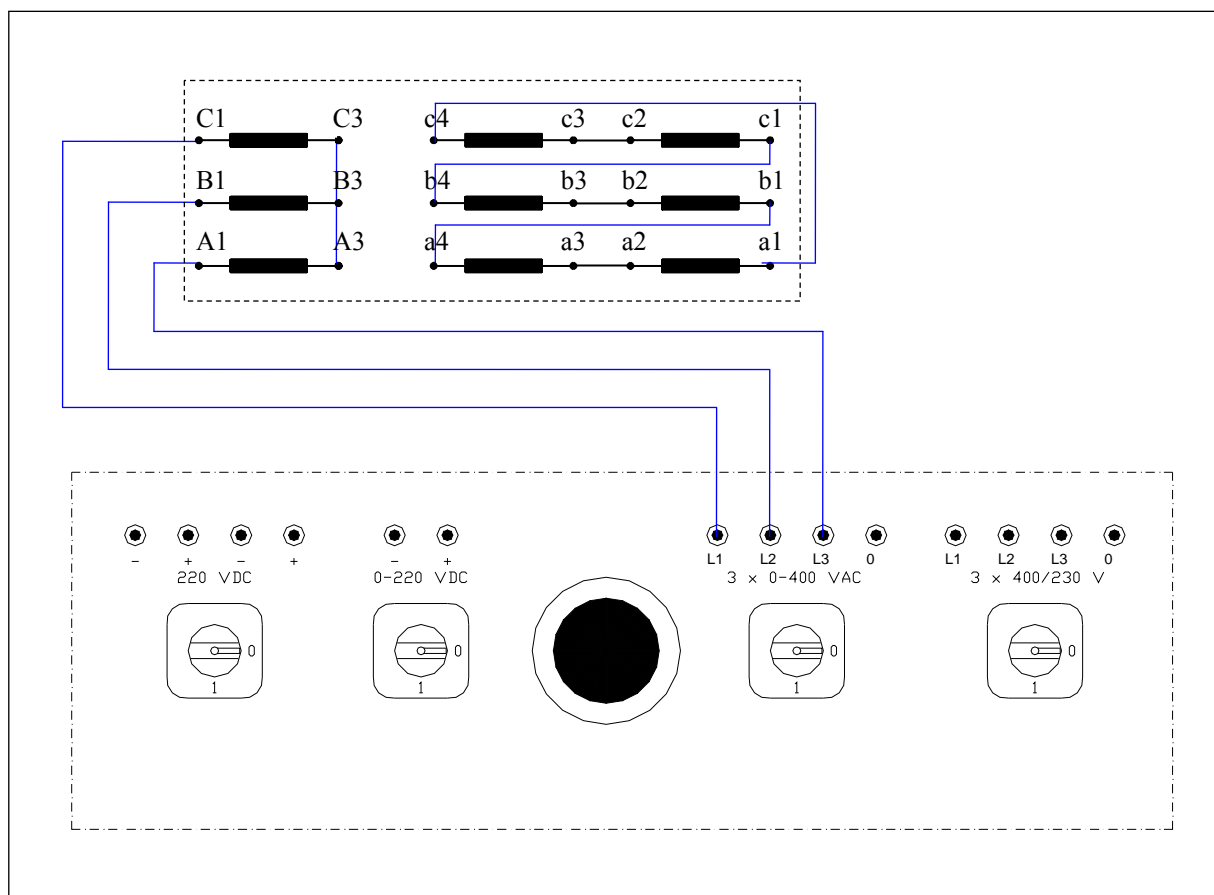
Innan strömbrytaren slås till och mätningarna påbörjas kontrollera att justeringsratten står i läge 0 %. Spänningen regleras så att U_{A1-A3} blir 200 V.

Mätningar av samtliga spänningar ska **utföras med samma voltmeter**, anteckna mätvärden nedan. Då mätningarna är klara vrid justeringsratten till 0 % och slå från strömbrytaren på strömförsörjningsenheten.

Koppling	U_{A1-A3} [V]	U_{A1-B1} [V]	U_{a1-a4} [V]	U_{a1-b1} [V]
Yy	200			

Koppla om transformatorn så att den blir Yd kopplad. Reglera spänningen U_{A1-A3} så att den blir 200 V och upprepa mätningen enligt föregående försök.

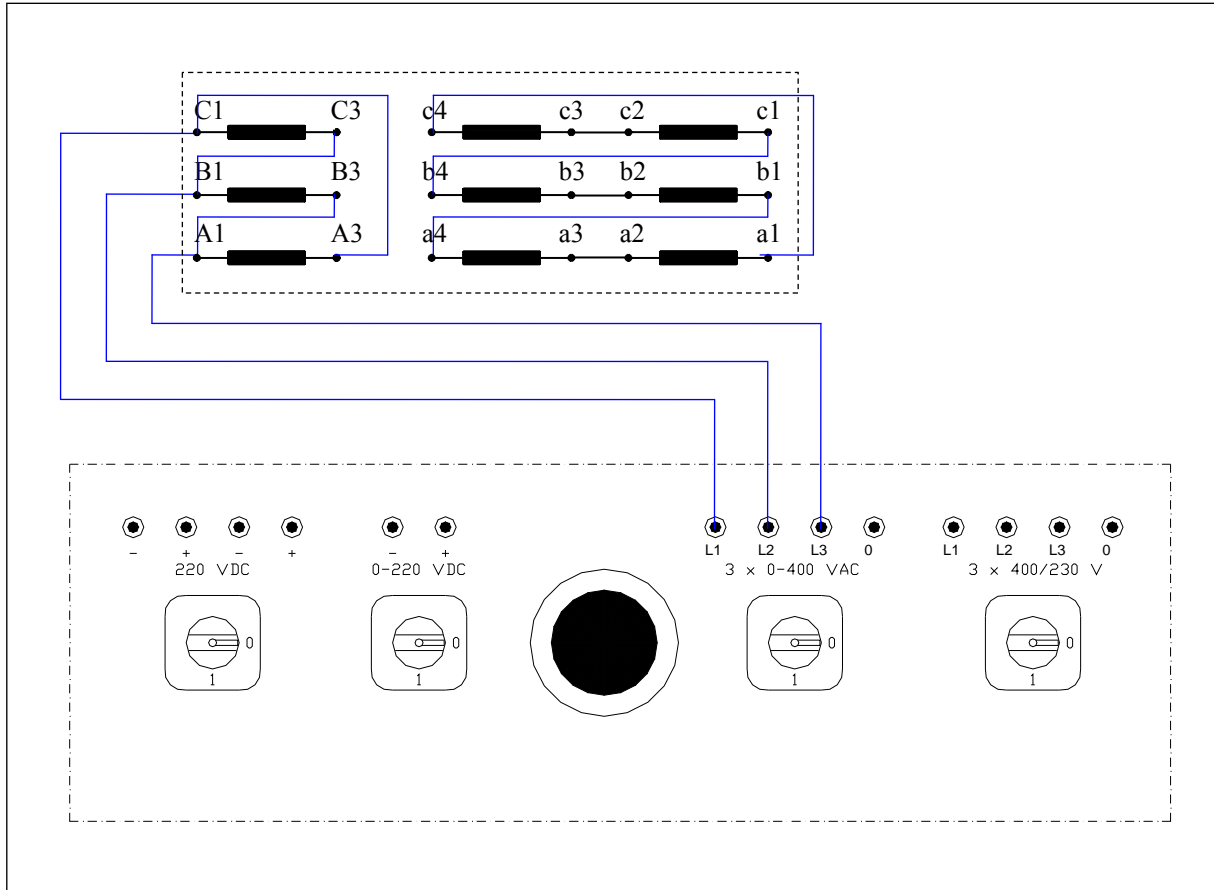
Yd-koppling



Koppling	U_{A1-A3} [V]	U_{A1-B1} [V]	U_{a1-a4} [V]	U_{a1-b1} [V]
Yd	200			

Koppla om transformatorn så att den blir Dd kopplad. Reglera spänningen U_{A1-A3} så att den blir 200 V och upprepa mätningen.

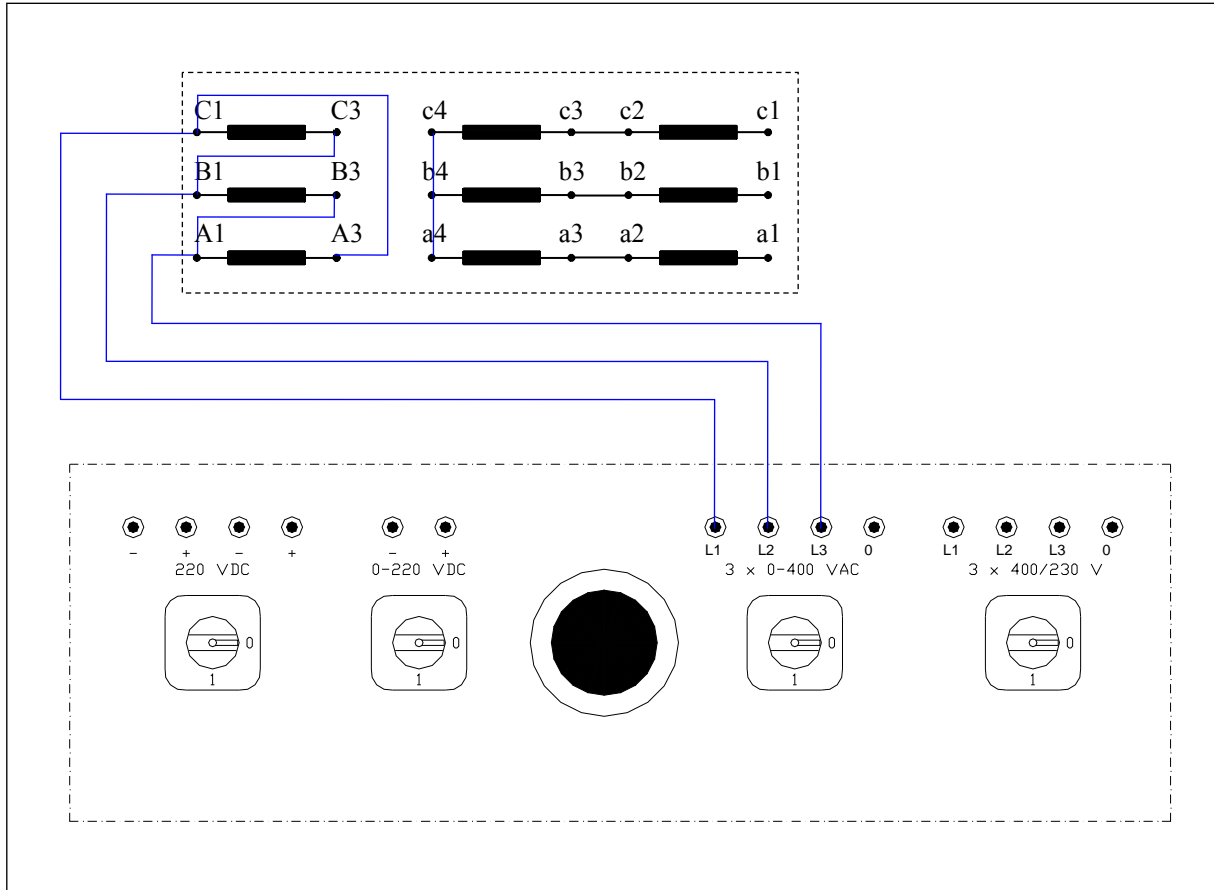
Dd-koppling



Koppling	U_{A1-A3} [V]	U_{A1-B1} [V]	U_{a1-a4} [V]	U_{a1-b1} [V]
Dd	200			

Koppla om transformatorn så att den blir Dy kopplad. Reglera spänningen U_{A1-A3} så att den blir 200 V och upprepa mätningen

Dy-koppling



Koppling	U_{A1-A3} [V]	U_{A1-B1} [V]	U_{a1-a4} [V]	U_{a1-b1} [V]
Dy	200			

Studera kopplingarna ovan och ange vilken typ av spänning (fas- eller huvudspänning) spänningen U_{A1-A3} blir i respektive koppling:

Vid Yy koppling är U_{A1-A3} en _____ spänning.

Vid Yd koppling är U_{A1-A3} en _____ spänning.

Vid Dd koppling är U_{A1-A3} en _____ spänning.

Vid Dy koppling är U_{A1-A3} en _____ spänning.

Ur transformatorns märkdata framgår transformatorns lindningsomsättning. Använd dessa uppgifter för att beräkna utspänningen U_{a1-b1} (huvudspänningen U_{2h}) under förutsättning att spänningen U_{A1-A3} är 200 V.

Beräknade utspänningar på U_{2h} :

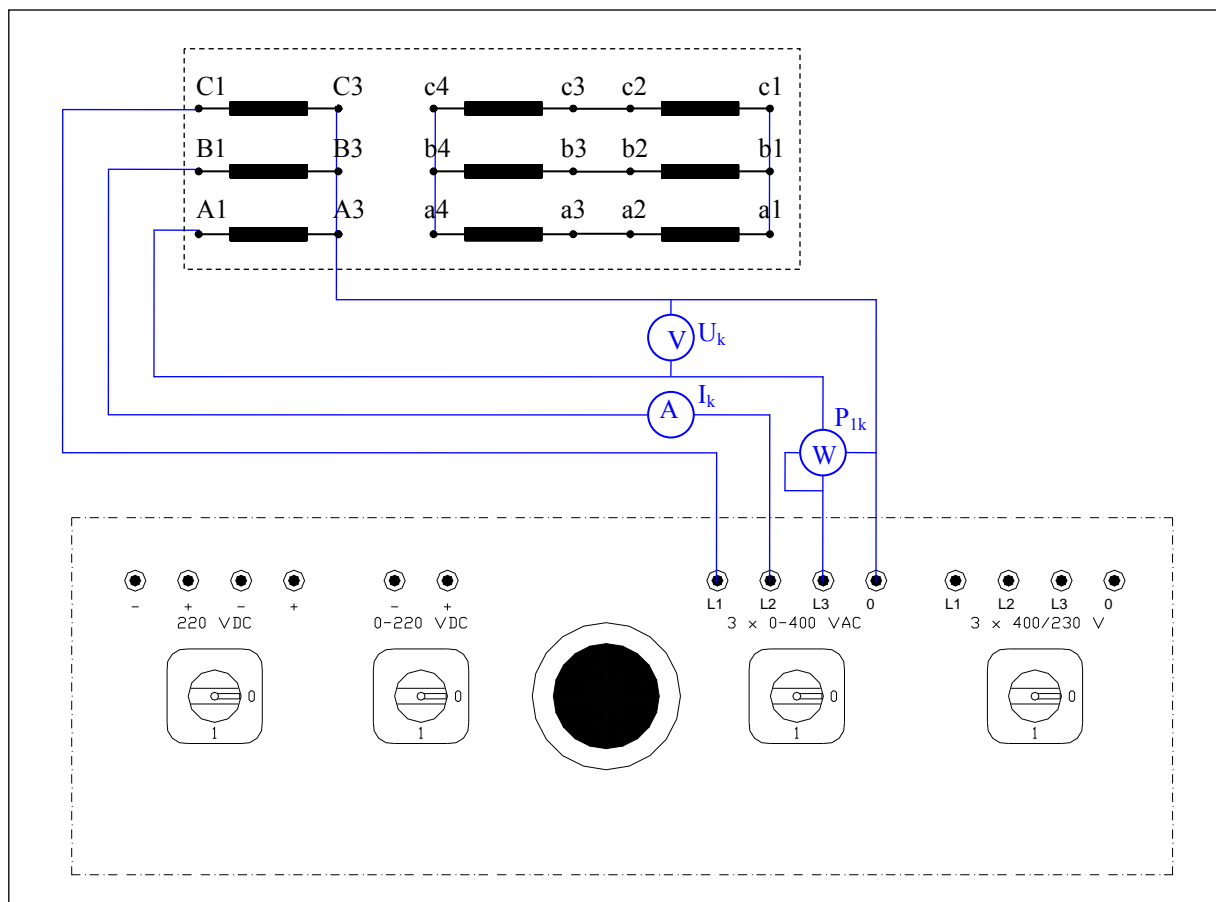
Yy : _____ V. Yd : _____ V.

Dd : _____ V. Dy : _____ V.

Jämför uppmätta värden på U_{2h} med teoretiskt beräknade, eventuell kommentar:

2. Kortslutningsprov.

Provtransformatorn YNy-kopplas och ansluts till strömförsörjningsenheten. Huvudströmmen (I_k), fasspänningen (U_k) och effekten (P_{1k}) ska mätas. Transformatorns nedsida kortsluts genom att förbinda a1-b1-c1.



Alternativt kan man koppla in kraftnätsanalysatorn (MV1939) mellan nätet och transformatorn för att mäta storheterna (U_k , I_k och P_{1k}).

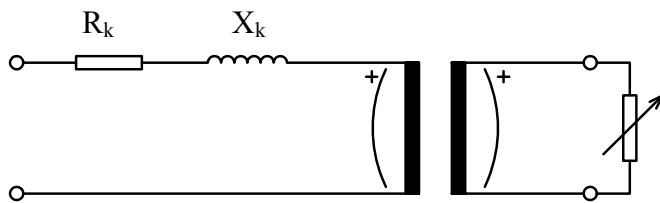
Kontrollera att justeringsratten på strömförsörjningsenheten står i läge 0 %. Slå till strömbrytaren och öka spänningen **försiktigt**, så att strömmen blir 2.9 A vilket är uppsidans märkström. Ström, spänning och effekt avläses och antecknas nedan.

Uppmätta värden				Beräknade		
Koppling	I_k [A]	U_k [V]	P_{1k} [VW]	Z_k [Ω]	R_k [Ω]	X_k [Ω]
YNy	2.9					

Beräkning av transformatorns ekvivalenta schema (ekvivalent fas).

Ur kortslutningsprovet kan transformatorns kortslutnings -impedans, -resistans och -reaktans beräknas per fas (hänfödda till transformatorns uppsida). Beräkna storheterna R_k respektive X_k i nedanstående figur med hjälp av lämpliga samband.

Transformatorns ekvivalenta schema (en ekvivalent fas).



Beräkna även transformatorns procentuella kortslutningsspänning u_k (z_k) med hjälp av lämpliga samband (definition).

Sammanfattning:

På en trefas krafttransformators märkplåt anges normalt ett antal data t.ex.:

Märkeffekt (skenbar effekt)

Spänningsomsättning (huvudspänning in/ huvudspänning ut)

Kopplingsarten, t.ex. Dyn

Procentuella kortslutningsspänning u_k

Belastningsförlusterna (vid märkström)

Tomgångsförlusterna (förluster som transformatorn har då den är obelastad)

I våra försök har vi tittat på ett antal olika kopplingsarter. I vårt kortslutningsprov bestämde vi transformatorns ”inre egenskaper” samt den procentuella kortslutningsspänning u_k .

Från de uppgifter vi har kan man även bestämma transformatorns belastningsförluster eftersom vi vet märkströmmen och transformatorns inre resistans R_k . Som extra uppgift kan den som vill göra detta:

Transformatorns totala belastningsförluster vid märkström P_{bn} blir:

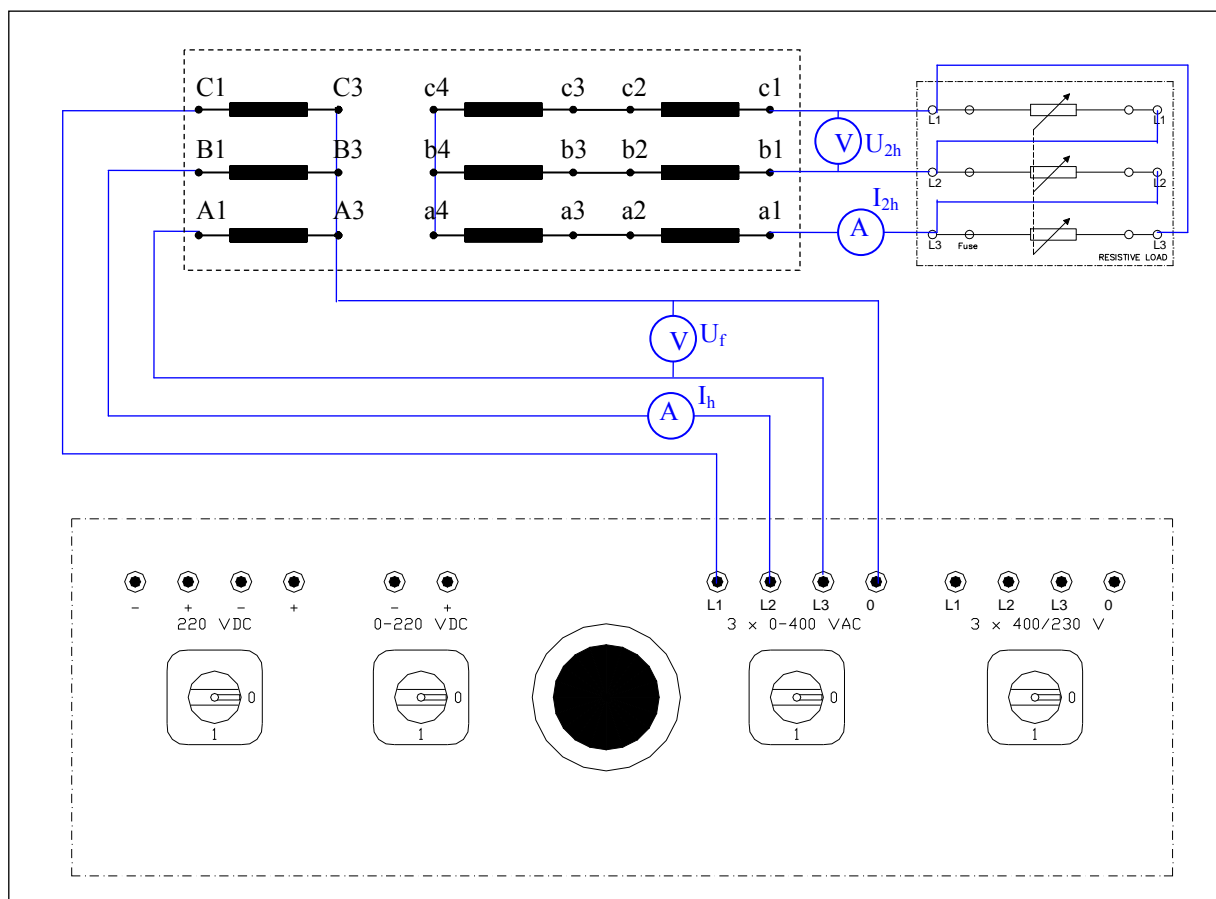
6. Belastningsprov på trefastransformatoren

Syfte

Att utföra belastningsprov på trefastransformatoren vid olika typer av symmetrisk trefasbelastning samt att undersöka hur transformatorn uppträder vid enfasig (osymmetrisk last) belastning vid olika transformatorkopplingar.

Belastningsprov vid symmetriska trefaslaster.

Undersökning av transformatorn då den belastas med D-kopplade symmetriska trefasbelastningar, resistans (MV 1100), induktans (MV 1101) och kapacitans (MV 1102) var för sig. Transformatorn ansluts till strömförsörjningsenhetens (MV 1302) uttag 0 - 400 V. Se till att uttaget på strömförsörjningsenheten är avstängd och spänningslöst innan uppkopplingen påbörjas. Observera att 66.5 V lindningarna på respektive ben ska kopplas i serie (a2 förbindes med a3 osv).



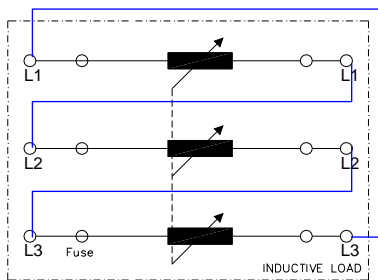
Slå på strömbrytaren till 0 – 400 V uttaget. Ställ in U_f så att den blir 200 V då transformatorn är obelastad ($I_{2h} = 0A$), avläs mätvärdena och anteckna i tabellen. Justera därefter resistansen så att strömmen på nedsidan (I_{2h}) blir 3 A, om U_f sjunker justeras den till 200 V.

Avläs mätvärdena och anteckna dem i tabellen.

Resistiv last

U_f [V]	I_h [A]	U_{2h} [V]	I_{2h} [A]
200			0
200			3

Slå av strömbrytaren och byt ut resistorn till induktorn MV 1101.

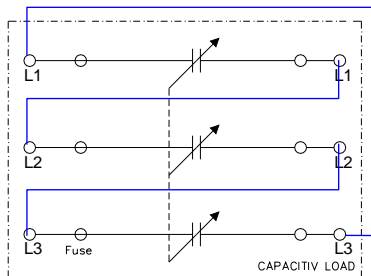


Slå på strömbrytaren igen och upprepa mätning enligt ovan.

Induktiv belastning

U_f [V]	I_h [A]	U_{2h} [V]	I_{2h} [A]
200			0
200			3

Slå av strömbrytaren och byt ut induktorn till kondensatorn MV 1102



Slå på strömbrytaren igen och upprepa mätning enligt ovan.

Kapacitiv belastning

U_f [V]	I_h [A]	U_{2h} [V]	I_{2h} [A]
200			0
200			3

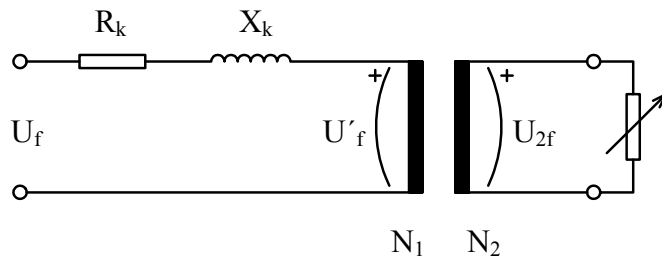
Studera mätvärdena i tabellen vid de olika belastningarna (R, L och C). Ev. kommentarer:

I föregående laboration ”Transformatorns omsättning vid olika kopplingsarter” bestämdes transformatorns inre egenskaper. Storheterna R_k respektive X_k beräknades hänförliga till transformatorns uppsida. Hämta dessa uppgifter från den laborationen och anteckna nedan.

$$R_k = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

$$X_k = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

Om man tittar på en fas av transformatorn och hänför de inre egenskaperna till uppsidan kan man rita följande enkla modell.



Spänningsfallet i transformatorn kan beräknas med hjälp av sambandet:

$$\Delta U = I \cdot (R_k \cdot \cos \varphi + X_k \cdot \sin \varphi)$$

φ är belastningens fasvinkel. Om man sätter in uppsidans huvudström i sambandet kan spänningsfallet beräknas hänfört till uppsidan. Spänningen U'_f beräknas därefter som:

$$U'_f = U_f - \Delta U$$

Med hjälp av transformatorns spänningsomsättning (lindningsdata) kan förväntad fasspänning på nedsidan bestämmas:

$$U_{2f} = U'_f \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

Där N_1 kan ersättas med uppsidans märkspänning och N_2 med nedsidans märkspänning (observera att vi har två seriekopplade lindningar på nedsidan). Slutligen beräknas nedsidans huvudspänning (U_{2h}) med hjälp av lämpligt uttryck.

Utför dessa beräkningar vid de olika belastningarna och jämför med uppmätta värden på U_{2h} i tabellen ovan.



Rent resistiv last, R ($\varphi = 0^\circ$)

Rent induktiv belastning, L ($\varphi = 90^\circ$)

Rent kapacitiv belastning, C ($\varphi = -90^\circ$)

7. Trefas kortsluten asynkronmotor

Syfte

Att undersöka vilken startström man kan förvänta sig om motorn startas med full spänning (direkt start med 400 V och D-kopplad stator). Studera hur motorns effektfaktor och reaktiv effektförbrukning beror av om motorn går med låg eller hög (märklast) belastning.

Allmänt

Den kortslutna asynkronmaskinen MV1009-695 har följande data:

1.1 kW, 1 400 r/min, 400 V D / 690 V Y och 5.2 A D / 3.0 A Y.

Om maskinen ska anslutas till ett trefasnät med huvudspänningen 400 V hur ska den då vara kopplad?

_____.

Kan den startas med hjälp av metoden Y/D-start på detta nät? _____ .

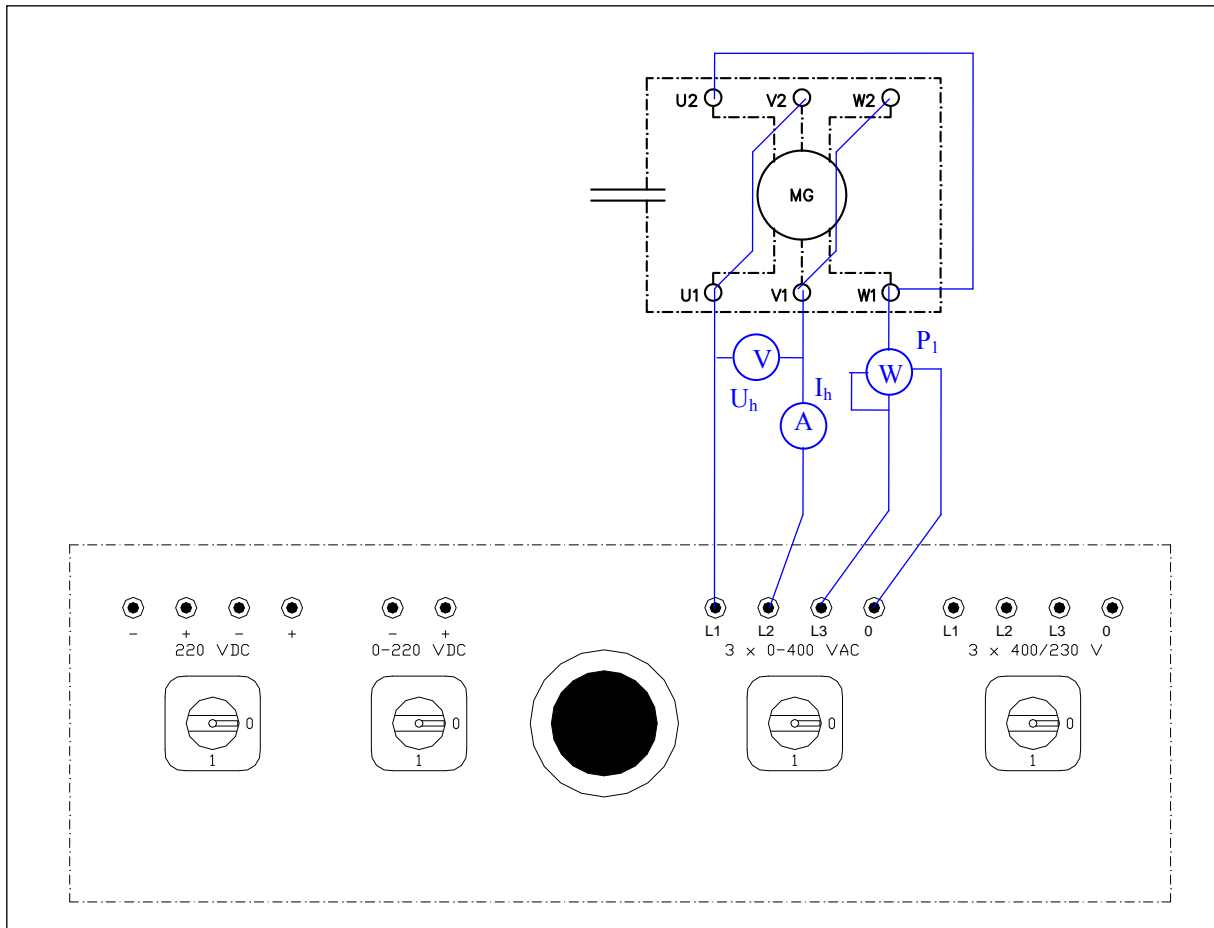
Är den angivna effekten för motorn avgiven mekanisk axeleffekt eller tillförd elektrisk effekt vid märkdrift?

_____.

Utifrån märkuppgifterna kan motorns avgivna moment (M) vid märkbelastning beräknas. Utför denna beräkning:

1. Uppmätning av motorns startström vid olika spänningar.

Kontrollera uttaget på strömförsörjningsenheten är avstängd, koppla därefter upp följande koppling. Motorn ska D-kopplas samt huvudspänning, huvudström och aktiv effekt ska mätas. Aktiva effekt mäts med enwattmeter metoden vilket ger att totala aktiva effekten kan beräknas som $P = 3 \cdot P_1$. Alternativt kan man koppla in kraftnätsanalysatorn (MV1939) mellan nätet och motorn för att mäta de olika storheterna.



Vid detta försök ska motorns startström vid varierande matningsspänning bestämmas. Vid provet ökas U_h successivt från noll och uppåt. Helst ska rotorn rotera långsamt vid detta prov men vid vårt försök hålls rotorn stillastående och således är eftersläpningen, $s = 1$.

Slå på strömbrytaren till 0 – 400 V uttaget. Med början från noll ökas U_h försiktigt. Statorströmmen, I_h , kommer då att öka. Ställ in strömmen till 1 A och avläs mätvärdena och anteckna i tabellen. Öka därefter strömmen i lämpliga steg upp till motorns märkström.

Om rotorn vill börja att rotera måste denna bromsas med handen.

Uppmätta värden			Beräknat
U_h [V]	I_h [A]	P_1 [W]	k
	1.0		

Eftersom rotorn är stillastående ($n = 0$) vid detta försök, kan strömmen I_h betraktas som startströmmen vid aktuell spänning U_h . Beräkna motorns startström I_{ST} vid direkt start med huvudspänningen 400 V, under antagandet att det gäller:

$$I_h = k \cdot U_h \quad k = \text{konstant}$$

Beräkna för samtliga mätvärden vid kortslutningsprovet värden på k därefter beräknas medelvärde för k. Detta medelvärde används vid beräkning av startströmmen vid 400 V.

$$I_{ST} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A vid 400 V och D-kopplad stator.}$$

Hur stor skulle startströmmen bli vid 400 V och Y-kopplad stator?

Motorns ”inre resistans, R” kan beräknas från värden i tabellen eftersom följande samband gäller:

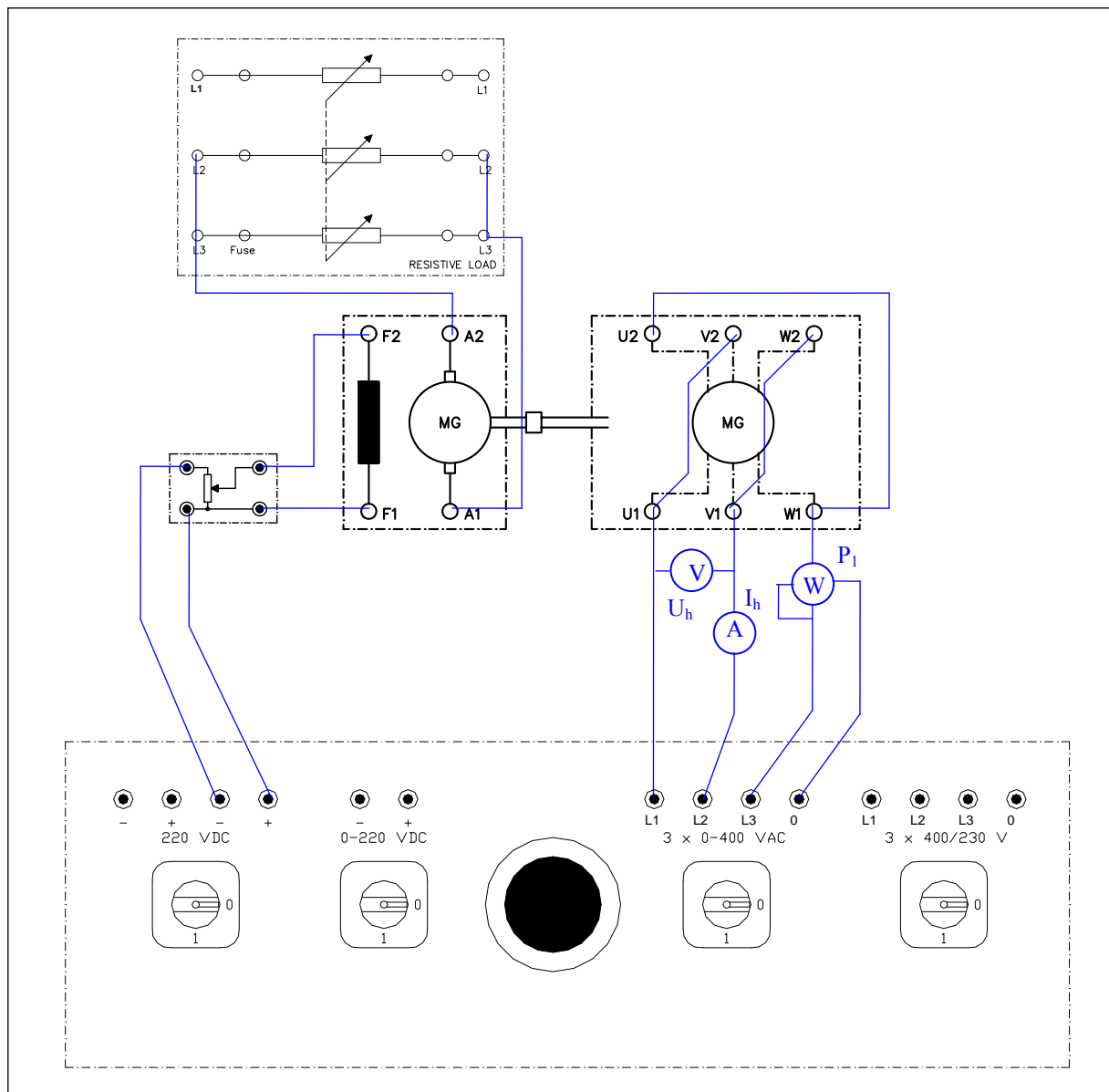
$$P_1 = R \cdot I_h^2 \text{ beräkna R med mätvärden från nedersta raden i tabellen, } R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$$

Denna inre resistans ger upphov till motorns belastningsförluster (kopparförluster) P_b

Beräkna motorns totala belastningsförluster P_{bn} vid märkström (5.2 A):

2. Asynkronmotorns elektriska egenskaper vid varierande belastning.

För att kunna belasta asynkronmotorns axel med en variabel mekanisk last anslut en likströmsmaskin (MV 1006) till asynkronmotorns axel. Likströmsmaskinen ska användas som separat magnetiserad likströmgenerator. Magnetiseringsspänningen till likströmgeneratorn tas från strömförsörjningsenheten uttag 220 VDC (fast likspänning) och för att få en variabel magnetiseringsspänning till generatoren ansluts spänningen till en shunt reostat (MV 1905). På så vis kan magnetiseringsspänningen varieras mellan 0 – 220 VDC. När axeln roterar får man en likspänning på generatörens ankare mellan uttag A1 – A2. Ankaret kopplas till belastningsresistorn (MV 1100) så att man får två resistorer parallellkopplade. Effekten som tas ut i belastningsresistorn kommer att påverka hur mycket axe effekt som asynkronmotorn kommer att belastas med. Ju mer effekt som tas ut desto tyngre blir det att driva runt axeln.



Se till att strömförsörjningsenheten är frånslagen och koppla därefter upp ovanstående koppling.

Innan försöket startas se till att belastningsresistorn är justerad för minimal belastning och att shuntreostaten är ställd så att magnetiseringsspänningen till likströmgeneratorn blir noll. Slå därefter till strömförsörjningsenheten och det variabla trefasuttaget. Vrid långsamt upp spänningen till asynkronmotorn (motorn börjar rotera) fortsatt till huvudspänningen blir 400 V. Anteckna mätvärden i tabellen, motorn är detta fall i stort sätt obelastad.

Uppmätta värden			Beräknade värden			
U_h [V]	I_h [A]	P_1 [W]	P [W]	S [VA]	Q [VAr]	$\cos\phi$
400						

Slå till 220 VDC uttaget och ställ shuntreostaten i mittläge öka därefter belastningen på belastningsresistorn (ökad belastning på likströmgeneratorn). Huvudströmmen I_h till asynkronmaskinen kommer då öka. Genom att reglera shuntreostaten och/eller belastningsresistorn kan alltså önskade värden på I_h ställas in. Reglera huvudströmmen i lämpliga steg upp till 6 A. Anteckna mätvärdena i tabellen.

Avsluta försöket genom att slå från 220 VDC uttaget samt därefter vrida ner spänningen på det variabla trefasuttaget och slå från strömförsörjningsenheten.

Med hjälp av lämpliga samband beräknas total aktiv effektförbrukning P, skenbar effektförbrukning S, reaktiv effektförbrukning Q samt motorns effektfaktor $\cos\phi$.

Ange lämpliga samband nedan:

Rita effektfaktorn som funktion av huvudströmmen, d.v.s. grafen som beskriver hur effektfaktorn beror av hur stor huvudström asynkronmotorn drar från nätet, $\cos\phi = f(I_h)$. Välj lämpliga skalor på y- respektive x- axeln.

Då motorn avger en mekanisk effekt på 1.1 kW (mekanisk märkbelastning) kommer asynkronmotorn att belasta nätet med en ström som blir ca. 5.2 A.

Vilken effektfaktor kommer motorn att då att ha (avläs ur grafen)?

Hur stor reaktiv effektförbrukning har motorn då den går med märkbelastning?

8. Synkronmaskinen.

Syfte

De flesta synkronmaskiner arbetar direkt anslutna till det befintliga trefasnätet. Detta nät representerar normalt en effekt som är mycket större än den enskilda synkronmaskinens, och kallas därför ett starkt nät. Synkronmaskinen kan arbeta på nätet som motor eller generator. Maskinens inkoppling till nätet sker oftast genom infasning (generator drift).

Försöket avser att, efter infasning av maskinen, undersöka maskinens driftegenskaper som motor vid drift på ett starkt nät.

Allmänt

Synkronmaskinen MV 1008-405 har följande data:

1.0 kW, 1 500 r/min, 230 V D / 400 V Y och 3.5 A D / 2.0 A Y.
Magnetisering: 220 VDC , 1.4 ADC

Vilket poltal har maskinen? _____ poler.

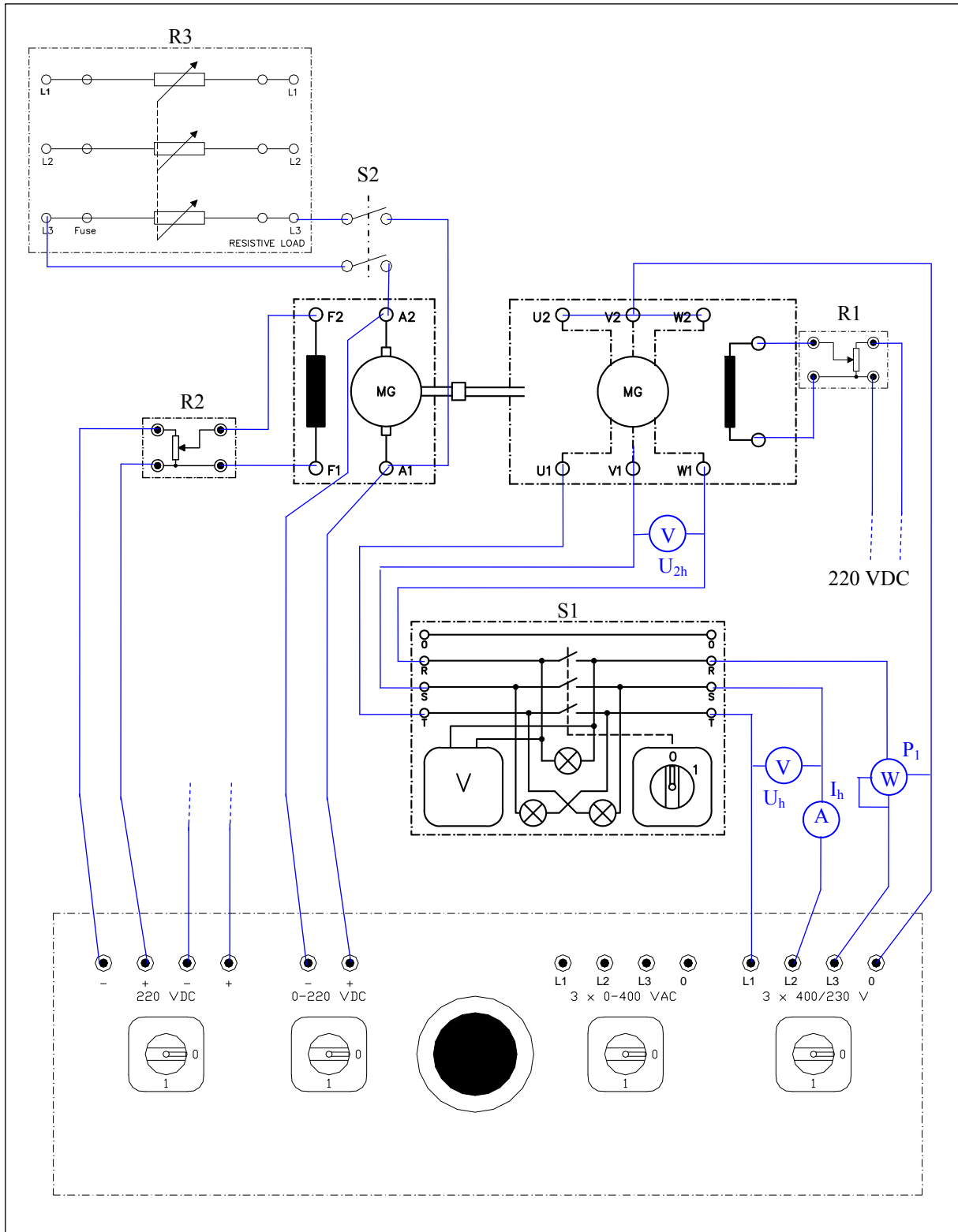
Vid försöket kommer synkronmaskinen att drivas upp i varvtal med hjälp av en separat magnetiserad likströmsmotor. Då maskinen har rätt varvtal 1500 r/min (eg. har samma frekvens som nätet) kommer infasning att utföras med hjälp av synkroniseringsutrustningen. Denna består av tre lampor och en voltmeter som ansluts så att man kan avgöra i vilket ögonblick infasningen kan ske. Efter infasning är maskinen låst till nätet och varvtalet blir konstant. Den separatmagnetiserade likströmsmaskinen kopplas då om till generator drift så att man kan belasta synkronmaskinen mekaniskt (på axeln).

Synkronmaskinen kommer vid försöket att köras som under- respektive övermagnetiserad motor. Speciellt studeras hur huvudströmmen till maskinen beror av magnetiseringsströmmen.

Vilka fyra villkor måste vara uppfyllda i det ögonblick som infasningen ska ske?

1. Uppkoppling och infasning.

Likströmsmaskinens ankarlindning ansluts till likspänningen från 0-220 VDC uttaget på strömförsörjningsenheten samt magnetiseringslindning ansluts till uttaget 220 VDC via en shuntreostat (R2). Till ankarlindning ansluts även en belastningsresistor (R3), via en strömbrytare (S2), så att synkronmaskinen kan belastas efter det att den har fasats in.



Synkronmaskinens stator ska vara Y-kopplad samt dess magnetiseringslindning ska anslutas till 220 VDC uttaget via en shuntreostat (R1). Synkroniseringsenheten ansluts mellan synkronmaskinens stator och 3 x 400 V uttaget på strömförsörjningsenheten.

Infasningsförfarande

- Kontrollera att lastbrytaren S1 är och S2 i öppet läge.
- Likströmsmaskinen magnetiseras genom att slå till 220 VDC uttaget. Justera magnetiseringen till likströmsmaskinen så att den får maximal magnetiseringsström.
- Kontrollera att justeringsratten på strömförsörjningsenheten står i läge 0 %.
Slå till 0 - 220 VDC uttaget och justera sakta upp den variabla likspänningen varvid likströmsmaskinen börjar rotera. Kontrollera varvtalet, t.ex. med en optisk varvtalsmätare, då den variabla likspänningen har justerats till maximal utspänning. Varvtalet ska ställas in till 1 500 r/min. Om varvtalet är för högt kan det justeras genom att sänka spänningen på 0 – 220 VDC uttaget om det däremot är för lågt kan det justeras upp genom att minska magnetiseringsströmmen med hjälp av shuntreostaten R2.
- Slå till det fasta växelspänningsuttaget, 3 x 400 V. Justera därefter shuntreostaten R1 så att huvudspänningen (U_{2h}) från synkronmaskinen blir lika stor som huvudspänningen (U_{1h}) på nätet.
- Studera fasningslampor samt fasningsvoltmeter.
- Om alla lampor släcks samtidigt är fasföljden fel, åtgärda genom att vrida ned den variabla likspänningen 0 – 200 VDC till likströmsmaskinen. Därefter stängs samtliga uttag på strömförsörjningsenheten av. Anslutningarna till synkronmaskinens U1-V1 uttag växlas. Starta upp försöket igen enligt ovanstående beskrivning.
- Justera varvtalet om så behövs för att rätt fasningsvillkor ska uppstå. Vid rätt fasläge ska spänningen på fasningsvoltmetern vara så nära 0 V som möjligt samt översta fasningslampan släck och de två undre lysa starkt. I det ögonblick som rätt fasläge uppstår sluts lastbrytaren (S1) och maskinen är infasad.
- Vrid ned den variabla likspänningen 0 – 220 VDC till noll och stäng därefter av uttaget. Kontrollera att belastningsresistorn (R3) är justerad för minimal belastning samt vrid shuntreostaten (R2) så att magnetiseringsspänningen till likströmsmaskinen blir noll. Slå därefter till lastbrytaren S2. Synkronmaskinen kan nu belastas med hjälp av likströmsmaskinen.

Avsluta försöket genom att justera synkronmaskinens magnetiseringsström I_m så att I_h blir **minimal**. Vrid ner likströmsmaskinens magnetiseringsström till noll genom att reglera reostaten R2. Därefter öppnas lastbrytaren (S1) varvid maskinen stannar.

Med hjälp av lämpliga samband beräknas total aktiv effektförbrukning P, skenbar effektförbrukning S, reaktiv effektförbrukning Q samt motorns effektfaktor $\cos\phi$.

Med värden från de två tabellerna ritas följande grafer i samma diagram :

Graf 1

Motorns huvudström som funktion av magnetiseringsströmmen, $I_h = f(I_m)$

Graf 2

Motorns reaktiva effekt som funktion av maskinens magnetiseringsström, $Q = f(I_m)$.



Ur våra försök kan man dra slutsatser om vad som bestämmer motorns aktiva och reaktiva effekter.

Den aktiva effektförbrukningen beror främst av? _____

Den reaktiva effekten beror främst av? _____

Vid viss magnetiseringsström (I_m) blir huvudströmmen (I_h) minimal.

För magnetiseringsströmmar under denna är motorn undermagnetiserad och motorn kommer då att _____ reaktiv effekt.

För magnetiseringsströmmar över denna är motorn övermagnetiserad och kommer då att _____ reaktiv effekt.

Lösningar för vissa uppgifter.

Laboration nummer 1.

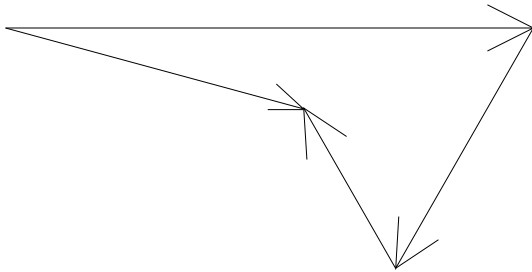
Lösning för exempel, beräkning vid osymmetrisk Y-koppling

$$I_{L1} = 2.30 \text{ A.}$$

$$I_{L2} = 1.15 \text{ A.}$$

$$I_{L3} = 0.77 \text{ A.}$$

Visardiagram för summan av de tre strömmarna inklusive strömmen neutralledaren.
(Skalfaktor tre gånger större)



I_N uppmäts till 1.4 A.

Då de tre spänningskällorna är kortslutna blir resistanserna

Parallellkopplade

Inre resistansen R_i kan då beräknas som

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{300} = \frac{11}{600}$$

Alltså blir $R_i = 54,5 \Omega$

Slutligen kan spänningen U_N beräknas vilket blir den spänning som uppstår över neutralledaren om man skulle få ett kabelbrott på denna:

$$U_N = 54,5 \cdot 1,4 = 76,3 \text{ V}$$

Detta kan vara en skadlig spänning om den uppstår på t.ex. en utsatt del som man kommer i beröring med.

Laboration nummer 3.

Luftledningen

Ledningens totala resistans per fas blir: $R = 0.005 \cdot 20 = 0.1 \Omega$

$$I_h = \frac{10 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0.70} = 825 A$$

Totala förlusterna i ledningen blir: $P_f = 3 \cdot 0.1 \cdot 825^2 = 204 \text{ kW}$

Industrins reaktiva effektförbrukning $Q_I = P \cdot \tan\varphi = 10 \cdot 1.02 = 10.2 \text{ MVar}$

Efter man kopplat in kondensatorpaket ska industrin belasta kraftleverantörens luftledning med en effektfaktor som är 0.95.

$$I_h = \frac{10 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0.95} = 608 A$$

Industrins nya reaktiva effektförbrukning $Q_{Res} = P \cdot \tan\varphi = 10 \cdot 0.329 = 3.29 \text{ MVar}$

Kondensatorpaketet (kapacitivt) ska *leverera* en reaktiv effekt på:

$$Q_C = Q_I - Q_{Res} = 10.2 - 3.29 = 6.91 \text{ MVar}$$

Totala förlusterna i ledningen efter faskompensering blir: $P_f = 3 \cdot 0.1 \cdot 608^2 = 111 \text{ kW}$

Alltså förlusterna i ledningen blir i stort sett halverade efter det att man faskompenserat.

Laboration nummer 4.

Transformatorns märkning

Om man ansluter 400 V uttagen till ett trefasnät. Vilken är högsta huvudspänning man kan tillåta på det nätet? **690 V**

Om man istället använder 230 V uttagen, hur stor blir huvudspänningen då? **400 V**

Om man använder 400 V uttagen blir märkströmmen: **1.7 A**

Om man använder 230 V uttagen blir märkströmmen: **2.9 A**

Hur stor ström kan man kontinuerligt tillåta genom uppsidans lindning? **2.9 A**

Vad är det egentligen som avgör hur stor ström man kan tillåta genom en lindning? Framför allt tvärsnitts arean på den ”tråd” som används för att linda lindningen med.

På nedsidan finns två lindningar per fas och i normal drift kopplas dessa i serie med varandra vilket gör att vi har en lindningsspänning på 133 V på nedsidan. Beräkna under dessa förutsättningar märkströmmen för nedsidans lindningar: **5.0 A**

Laboration nummer 7.

Allmänt

Den kortslutna asynkronmaskinen MV1009-695 har följande data:

1.1 kW, 1 400 r/min, 400 V D / 690 V Y och 5.2 A D / 3.0 A Y.

Om maskinen ska anslutas till ett trefasnät med huvudspänningen 400 V hur ska den då vara kopplad?

D-kopplad.

Kan den startas med hjälp av metoden Y/D-start på detta nät? **Ja**.

Är den angivna effekten för motorn avgiven mekanisk axeleffekt eller tillförd elektrisk effekt vid märkdrift?

Mekanisk avgiven axeleffekt.

Utifrån märkuppgifterna kan motorns avgivna moment (M) vid märkbelastning beräknas. Utför denna beräkning:

$$\text{Avgiven axeleffekt } P_2 = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot M$$

Observera vid beräkningen ska enheten r/s användas för varvtalet.

Lös ut M och sätt in märkdata:

$$M = \frac{P_2}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{1100}{2 \cdot \pi \cdot 1400} \cdot 60 = 7.5 Nm$$

Laboration nummer 8.

Allmänt

Vilket poltal har maskinen? Fyra poler.

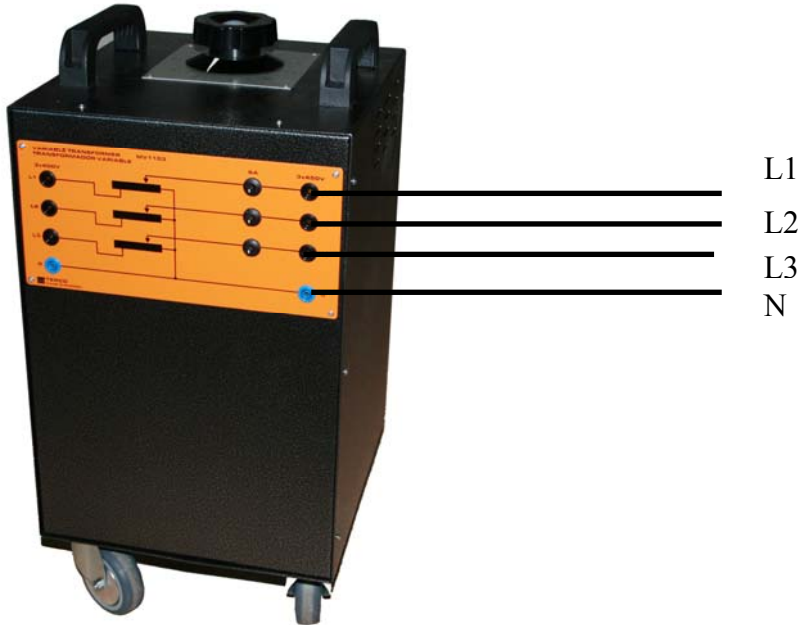
Vilka fyra villkor måste vara uppfyllda i det ögonblick som infasningen ska ske?

- samma fasföljd
- samma frekvens
- samma fasläge
- samma spänningsnivå.

Appendix

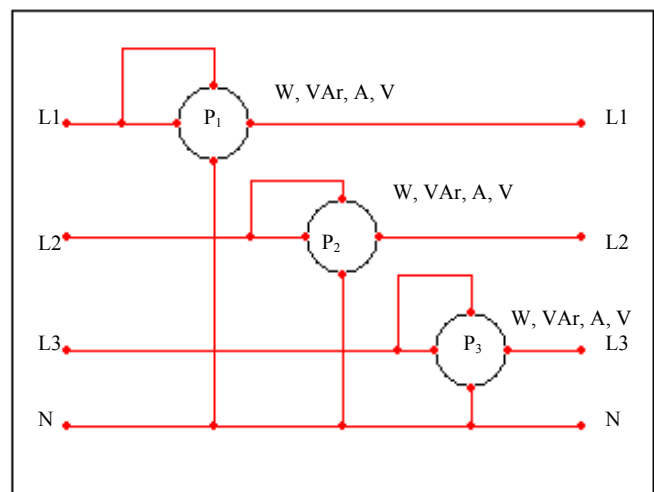
Alternativt spänningsaggregat MV1103

Som alternativt spänningsaggregat till MV1302 för laborationerna 1 till 6 kan användas spänningsaggregat MV1103. Se bild nedan.



Alternativt mätinstrument MV1939

Som alternativ till lösa instrument för mätning av energi, effekt, reaktiv effekt, ström och spänning kan med fördel användas nedanstående instrument MV1939. Den ersätter tre uppsättningar av vardera instrument och sparar därmed både tid överskådlighet (färre sladdar).



Utrustningsförslag

Följande utrustning är angiven i laborationerna ovan:

MV1302	Spänningsaggregat
<i>MV1103</i>	<i>Spänningsaggregat (alternativ till MV1302 för laborationerna 1-6)</i>
MV1100	Belastningsmotstånd 3-fas
MV1101	Belastningsinduktor 3-fas
MV1102	Belastningskondensator 3-fas
MV1972	Trefastransformatorn 400V/2x66,5V
MV1009-695	Trefas kortsluten asynkronmotor
MV1028	Likströmsmaskin
MV1905	Shunt reostat
	Som alternativ till MV1028 och MV1905 kan användas en kortsluten asynkronmotor MV1009-405 och en standard frekvensomriktare. (MV1009-405 kopplas delta om omriktaren ansluts till 1-fas 230V)
MV1008-405	Synkronmaskin
MV1903	Fasningsutrustning
MV1004	Maskinbädd

Som instrument kan användas vanliga digitala eller analoga watt- ström- och spänningsinstrument. Se även kraftnätanalysatorn MV1939