

Elteknik (EEK565)

Laboration 1 + Allmänna säkerhetsföreskrifter

Transformatorn, faskompensering



Laborant:

Datum:

.....

.....

Handledarens signatur efter godkänd lab

.....

Denna laboration syftar till att visa fenomen i system för överföring av elektrisk energi. Speciellt kommer aktiva och reaktiva effektlöden, spänningsfall, förluster och faskompensering att gås studeras.

Även transformatorn skall undersökas. Dels genom att göra tomgångs- och kortslutningsprov så att dess parametrar kan beräknas och dels skall dess egenskaper vid olika laster undersökas.

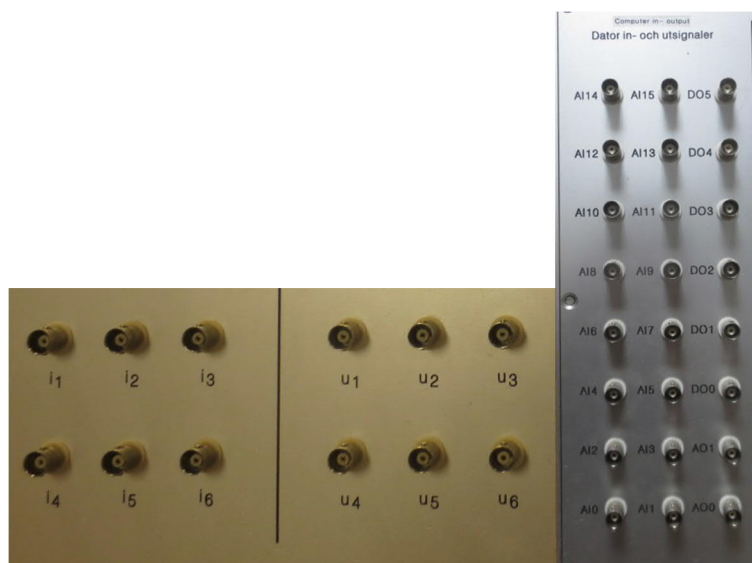
Labben innehåller hemuppgifter som skall vara gjorda före labtillfället . Fråga någon av lärarna i kursen om du behöver hjälp med dessa. Efter varje avsnitt skall handledarna gå igenom era svar, innan uppkoppling får kopplas ned så att ni kan visa handledaren vad ni fick för resultat och hur.

H

Hemuppgifterna är märkta med H och skrivna i kursiv stil.

Allmänt

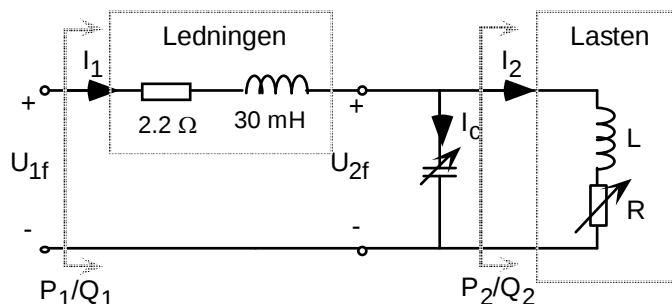
Till ert förfogande har ni färdiggjorda mätprogram som mäter viktiga storheter. Det finns tre olika delar av programmet som är anpassade för de olika momenten i denna lab. För att kunna använda programmet skall ni koppla laborationsutrustningen så att rätt storheter mäts och att de signaler som behövs kopplas till rätta analoga ingångar till mät datorn med hjälp av koaxialkabel, se figur 1 nedan.



Figur 1 Utsignaler från uppkopplingen betr. ström/spänningsmätningen(tv), ingångar för analoga mätsignaler (th).

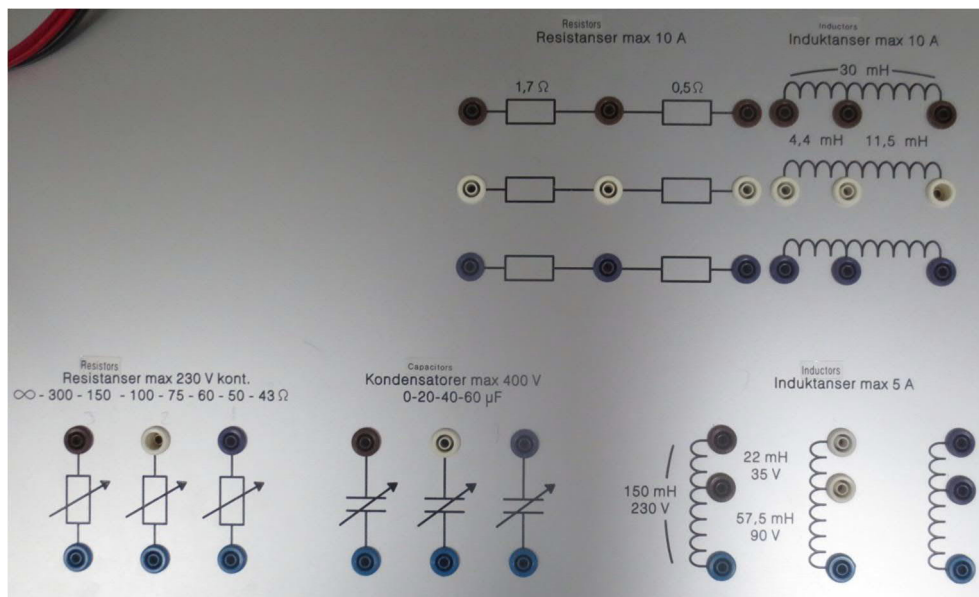
1 Induktiv och resistiv ledning, faskompensering

Koppla en last bestående av en induktans på 150 mH i serie med en resistans på 43 Ω . Faskompensera med en styrbar kondensator som skall kopplas parallellt med lasten. Koppla även serieinduktansen på 30 mH samt resistansen på 2.2 Ω mellan det matande 230 V nätet och lasten, se figur 2. Serieinduktansen och resistansen motsvarar en lång induktiv och resistiv ledning. Lastens resistans skall vara fast på 43 Ω .



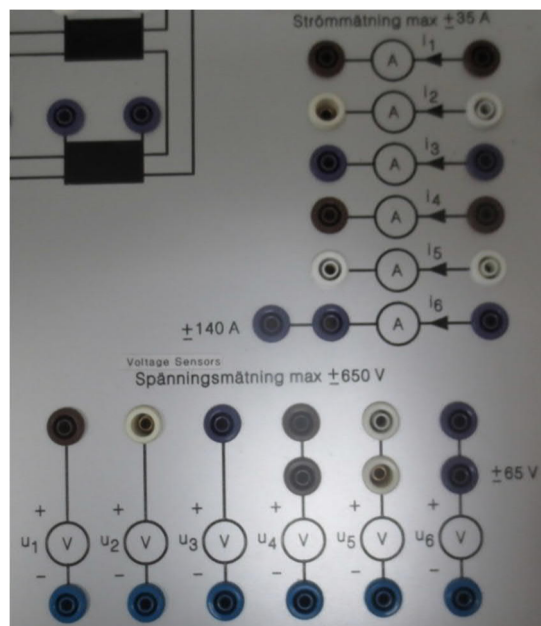
Figur 2 Enfassschema över ledning med faskompenserad RL-last.

I figur 3 syns kopplingsbordet som skall användas där respektive komponent även är utritad. En pil ritad tvärs över komponenten innebär att den är variabel.



Figur 3 Kopplingsbord med inkopplingsuttag. Tänk på att ström och spänning ska mätas också och glöm inte att du måste koppla en sluten krets (glöm inte kopplingen till nolla)!

För att kunna mäta ström och spänning måste kretsen instrumenteras med volt- och amperemetrar. Dessa finns tillgängliga på kopplingsplatsen enligt figur 4 nedan (tänk på hur dessa bör kopplas in i kretsen, d.v.s. om de ska kopplas i serie eller parallellt). Laboranten ska också under laborationen tänka på vilken spännings/strömnivå som är lämplig för provet samt på referensriktningen.



Figur 4 Kopplingsbord med inkopplingsuttag.

Mät lastspänningen U_{2f} och strömmen I_1 som dras från ledningen, strömmen I_2 till lasten samt den ström I_c som går i faskompenseringskondensatorn. Mät P_2 och Q_2 som lasten upptar samt P_1 och Q_1 som tas från nätet. Börja utan någon faskompensering, öka sedan faskompenseringen i tre steg. Kondensatorvärdena är 0, 20, 40 och 60 μF . Dessa ändras från direkt på frontpanelen som markerat i figur 5:



Figur 5 Panelen där det markerade området visar var kapacitansvärdet kan ändras genom att justera reglaget till önskat läge. Notera till vänster att motsvarande kan göras med resistansvärden också.

Vad händer med lastspänningen, strömmen på ledningen och den aktiva effekten (skriv ned värdena).

C (μF)	U_{1f} (V)	U_{2f} (V)	I_1 (A)	I_c (A)	I_2 (A)	P_1 (W)	Q_1 (VAr)	P_2 (W)	Q_2 (VAr)	$P_{\text{förl}}$ (W)	$Q_{\text{förl}}$ (VAr)
0											
20											
40											
60											

Studera visardiagram vid alla fyra driftsfall.

Hur stor reaktiv effekt drar "ledningen" i de olika fallen (det vill säga skillnaden mellan den reaktiva effekt som förbrukas av ledningen från nätet och den reaktiva effekt som avges från ledningen till lasten.) Räkna ut värdena och fyll i dem i tabellen ovan.

Vilket värde på C ger bästa kompensering?

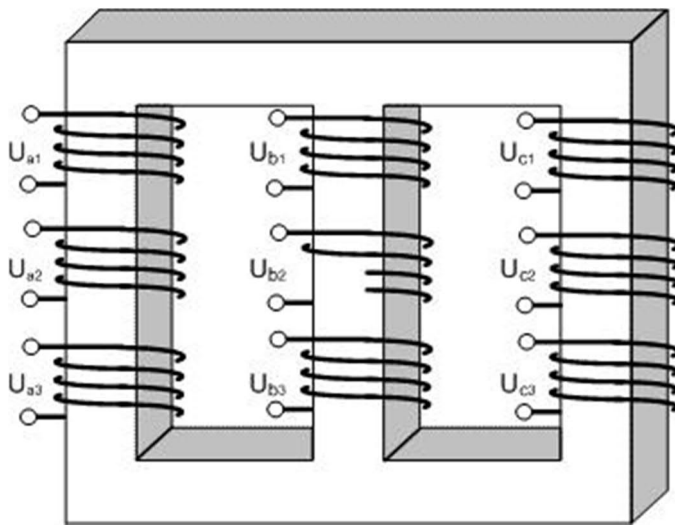
Hur och varför förändras spänningen över lasten U_{2f} och förlusterna $P_{förl}$ och $Q_{förl}$ när C ändras?

Varför påverkar faskompenseringen den aktiva effekten som lasten drar?

2 Trefastransformatorn

Den trefasiga **6 kVA** transformatorn skall användas för att transformera från **400 V** till **230 V** huvudspänning. Bara två av transformatorns tre lindningsgrupper (se figur 6) skall användas och den skall vara **Y-Y kopplad**, utan uppspänningsnollan ansluten till nätet (Nollan skall vara oansluten för att reducera osymmetrier i transformatorns strömmar, som märks speciellt vid tomgång). Först skall transformatorns parametrar tas fram med hjälp av ett tomgångsprov och ett kortslutningsprov.

Både trefastransformatorn som skall testas och den trefasiga vridtransformatorn måste matas via 20 A säkringen eftersom de drar en mycket hög transient inkopplingsström som får 10 A säkringen (som är av snabb typ) att lösa ut.



Figur 6 En schematisk bild över 3-fas transformator.

Data för transformatorns lindningar:

$$U_{1f} = 230 \text{ V}$$

$$U_{2f} = 230 \text{ V}$$

$$U_{3f} = 133 \text{ V}$$

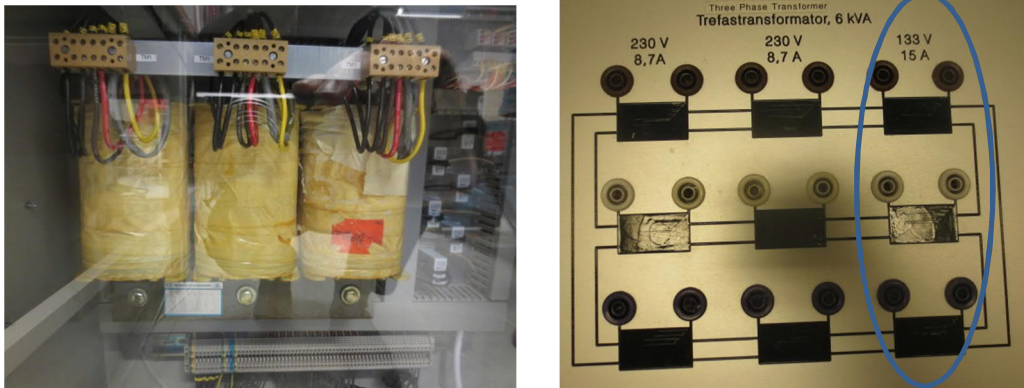
$$I_1 = 8.7 \text{ A}$$

$$I_2 = 8.7 \text{ A}$$

$$I_3 = 15 \text{ A}$$

I figur 7 ses hur transformatorn faktiskt ser ut (tv). I denna lab kommer man dock åt transformatorns lindningar genom att använda kopplingsplattan (th). Markerat på bilden till höger är exempel på 3 st lindningar, en per fas alla med samma varvtal vilka skulle kunna

bilda en trefaslindning i en transformator (dvs endera primär/sekundär). Varje kontakt har en färg och de som har samma färg tillhör samma lindning (här brun/vit/blå). De laborerande uppmanas bestämt att använda samma färg på kablarna som kontakterna (på frontpanelen) konsekvent genom hela kopplingen för att underlätta analysen av kretsen.



Figur 7 Den undersökta transformatorn (tv) med utgångarna på frontpanelen (th).

2.1 Parameterbestämning

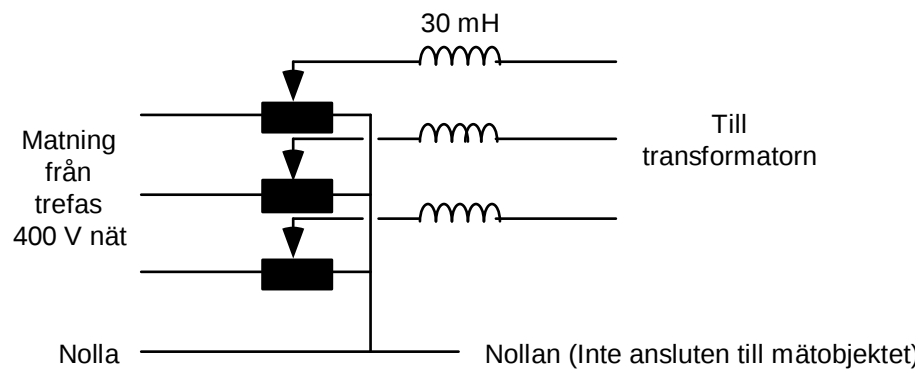
- H Förbered dig genom att göra kopplingsschema för transformatorns matning vid de två olika mätningarna och ange vilka storheter som är nödvändiga att mäta. Ta reda på hur parametervärdena kan beräknas ur de uppmätta värdena. Rita in dina förslag på hur transformatorn skall matas och kopplas vid tomgångsprov och kortslutningsprov i figur 9. Skriv även ner ekvationerna för parameterberäkningarna där. Titta på bilderna ovan och fundera på hur inkopplingen faktiskt skall göras.

Vid kortslutningsprovet behövs en varierbar ström- eller spänningskälla som skall arbeta vid låg spänning jämfört med märkspänningen. Till detta kan den trefasiga sparkopplade vridtransformatorn användas. Den kan dock ge huvudspänningar upp till 470 V vilket är för högt, för endast cirka 10 V behövs. För att lättare kunna reglera strömmen vid kortslutningsprovet kopplas 30 mH induktanser i alla tre faser i serie mellan vridtransformatorn och provobjektet (trefastransformatorn), se figur 8 nedan. Induktanserna gör att strömmen inte lika lätt blir för hög och de ger ett spänningsfall som gör att vridtransformatorns spänning blir mycket högre än spänningen vid provobjektet. Trots detta skall man vara försiktig och alltid börja med vridtransformatorns utspänning på noll. När spänningen sedan vrids upp måste man hålla ett öga på strömmen så att transformatorerna inte överlastas!

Vilken fasström är det lämpligt att göra kortslutningsprovet vid? (varför?)

Vid tomgångsprovet kan matningen göras från vridtransformatorn, fast utan 30 mH induktanserna mellan vridtransformatorn och den provade transformatorn.

Vid vilken huvudspänning är det lämpligt att göra tomgångsprovet?..... (varför?)



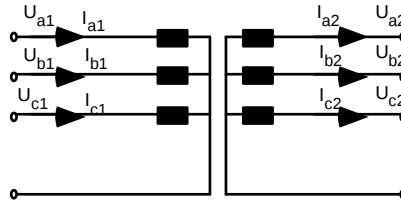
Figur 8 Vridtransformator med serieinduktanser för att lättare kunna reglera strömmen vid kortslutningsprovet.

TOMGÅNGSPROVET

Trefas 400 V
från elnätet

a —○
b —○
c —○

nolla —○

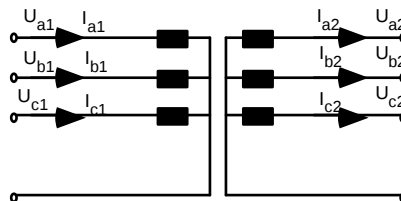


KORTSLUTNINGSPROVET

Trefas 400 V
från elnätet

a —○
b —○
c —○

nolla —○



Figur 9 Kopplingsschema för tomgångs- och kortslutningsprov samt plats att skriva upp de ekvationer som behövs för beräkning av parametrarna. Rita in hur transformatorn skall matas och lastas.

Koppla upp transformatorn för tomgångsprov och gör de mätningar som är nödvändiga för att bestämma magnetiseringsreaktans och järnförlustresistansen. Skriv ner de mätvärden du behöver och beräkna parametrarna:

Mätt storhet	Mätvärde		
.....	=	$\Rightarrow$	$R_{Fe} = \dots\dots\dots$
.....	=		
.....	=		
.....	=		$X_m = \dots\dots\dots$

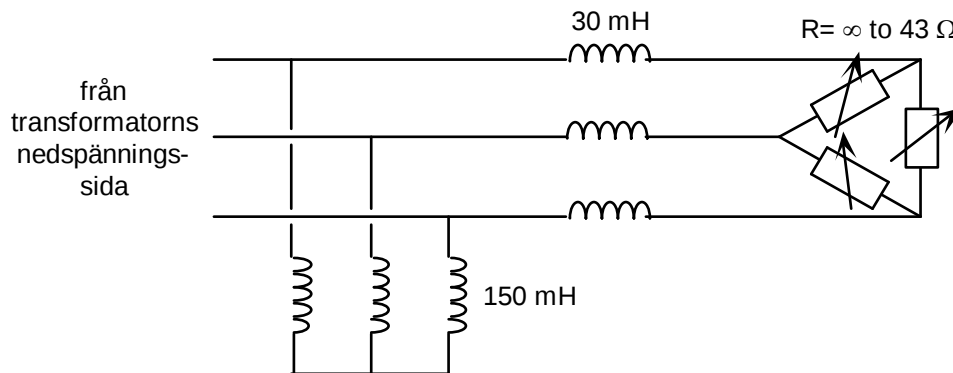
Koppla upp transformatorn för kortslutningsprov och gör de mätningar som är nödvändiga för att bestämma kortslutningsreaktans och kortslutningsresistansen. Skriv ner de mätvärden du behöver och beräkna parametrarna:

Mätt storhet	Mätvärde		
.....	=	$\Rightarrow$	$R_k = \dots\dots\dots$
.....	=		
.....	=		
.....	=		$X_k = \dots\dots\dots$

2.2 Belastning av transformatorn med RL-last

Anslut transformatorns uppspänningssida till 400 V trefas och lasta nedspänningssidan med den varierbara resistanslasten i Δ -koppling, koppla in tre induktanser på 30 mH vardera i serie mellan transformatorn och den styrbara resistanslasten. Koppla även in 150 mH induktanser i Y direkt efter transformatorn (se figur 10). På så sätt fås en last som drar en viss reaktiv effekt även när den inte drar aktiv effekt. Ju högre aktiv effekt den drar, desto högre blir även dess förbrukning av reaktiv effekt. (Varför blir det så?) Denna last liknar till exempel hur en asynkronmaskin uppför sig när den är olika lastad.

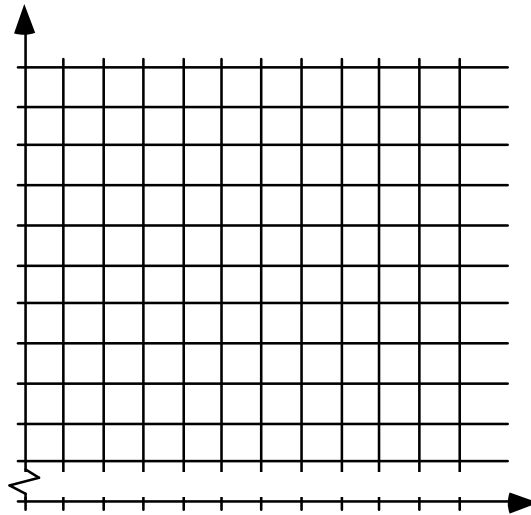
Ändra lasten så att strömmen mellan transformatorn och lasten varierar mellan 2 och cirka 9 A (det går inte att få strömmen 0 A med denna last!) och mät hur utspänningen varierar med strömmen till lasten. Mät även spänningen på upp- och nedspänningssidan. Beräkna förlusterna som funktion av lastström. Lasten varieras genom att justera motståndet från frontpanelen.



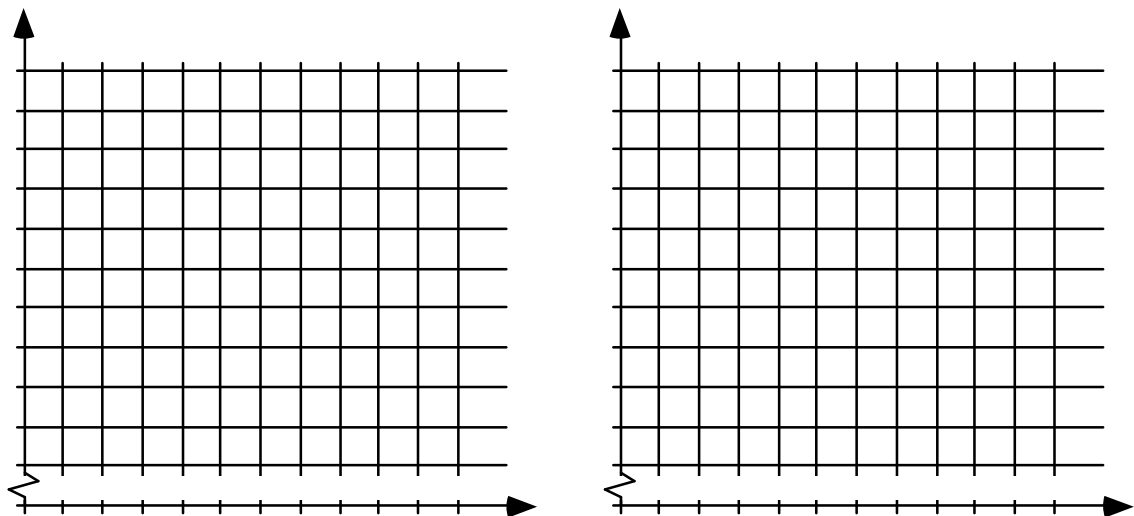
Figur 10 Trefaslasten som skall kopplas till transformatorns nedspänningssida.

Mät:					Beräkna:	
I_2 (A)	U_{2f} (V)	U_{1f} (V)	P_1 (W)	P_2 (W)	$P_{\text{förl.}}$ (W)	η (%)

Rita in transformatorns spänning på nedspänningssidan som funktion av lastströmmen i ett diagram och rita även förlusterna som funktion av lastström samt verkningsgraden som funktion av lastströmmen i var sitt diagram i figur 11a resp 11b nedan.



Figur 11a Diagram för att rita in utspänningens beroende av lastströmmen.



Figur 11b Diagram för att rita in förlusternas och verkningsgradens beroende av lastströmmen.

Kan du förklara varför de tre kurvorna ser ut som de gör?

.....

.....

.....

2.3 Effektförluster i transformatorn

Med samma last som ovan (induktiv och resistiv last) väljs den inställning på resistanserna som ger högst ström. Mät nu strömmen, den aktiva och reaktiva effekten ut ur transformatorn på nedspänningssidan samt spänningen på uppspänningssidan. Mät även aktiv effekt och reaktiv effekt in i transformatorn på uppspänningssidan.

$$I_2 = \dots\dots\dots P_2 = \dots\dots\dots Q_2 = \dots\dots\dots U_{1f} = \dots\dots\dots P_1 = \dots\dots\dots Q_1 = \dots\dots\dots$$

H Förbered hur ineffekt, både P_1 och Q_1 , skall kunna beräknas utifrån spänning på uppspänningssidan, ström på nedspänningssidan och aktiv och reaktiv effekt ut ur transformatorn på nedspänningssidan. Till hjälp har ni parametervärdena som tagits fram i uppgift 1. Skriv ner de nödvändiga ekvationerna här:

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

Beräkna nu den aktiva och den reaktiva effekten på uppspänningssidan med hjälp av de mätta värdena på nedspänningssidan samt modellen över transformatorn.

$$P_{1\text{ber}} = \dots\dots\dots Q_{1\text{ber}} = \dots\dots\dots$$

Jämför de beräknade och mätta värden på ineffekterna.

Hur stort fel blev det (i % av ineffekterna)?

Fel i aktiv effekt.....

Fel i reaktiv effekt.....

.....
.....

2.4 Ström och spänningskurvform i transformatorn (i mån av tid)

Om det finns tid för det, så titta på tidsfunktionerna för spänning, ström och effekt i en av faserna, före och efter transformatorn. Vad ser man? Hur förhåller sig strömmar och spänningar på de olika sidorna till varandra och varför? Titta på fasvridning mellan strömmen på upp- och nedspänningssidan och mellan spänningen på upp och nedspänningssidan

Kommentarer:

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

3 Demo/egna undersökningar (i mån av tid):

Titta på aktiv effekt, reaktiv effekt och strömkurvform som några olika vanliga hushållslaster drar från nätet. För denna del av labben har ni tillgång till en sorts universalinstrument för både ström, spänning och effekt som kallas "Power-analyzer". Den kan visa både oscilloskopsbilder av ström, spänning och effekt samt göra frekvensanalys av dem. Dessutom kan den visa medelvärde, effektivvärde, toppvärde, effektfaktor, THD (= distortionsvärde) med mera.

Titta på

- glödlampa, - glödlampa med dimmer, - lysrör
- "lågenergilampa",

Är de resistiva, induktiva eller kapacitiva sett från nätet?

Vilka drar hög effekt, vilka ger stora strömövertoner?