



FORDONSSYSTEM/ISY

## LABORATION 1

# *Trefastransformatorn*

(Ifylls med kulspetspenna )

<b>LABORANT:</b>
<b>PERSONNR:</b>
<b>DATUM:</b>
<b>GODKÄND:</b> <b>(Assistentsign)</b>

2020-01-20

## Innehåll

<b>1 FÖRORD</b> .....	<b>3</b>
1.1 SÄKERHETSFÖRESKRIFTER.....	3
<b>2 TEORI</b> .....	<b>3</b>
2.1 TRANSFORMATORNS UPPBYGGNAD .....	3
2.2 TREFASTRANSFORMATORNS EKVIVALENTA KRETS .....	3
2.3 TRANSFORMATORNS FÖRLUSTER .....	4
2.4 EFFEKTMÄTNING MED ENWATTMETERMETODEN .....	5
<b>3 FÖRSÖKSUTRUSTNING</b> .....	<b>6</b>
3.1 TRANSFORMATOR FÖR SPÄNNINGSMÄTNING .....	6
3.2 WATTMETRAR .....	7
3.3 MULTIMETER .....	8
3.4 3-FAS TRANSFORMATOR/LABBTRANSFORMATOR .....	8
3.5 3-FAS BELASTNINGSRESISTANS .....	9
3.6 FLUKE SCOPE-METER .....	10
<b>4 MÄTNINGAR</b> .....	<b>11</b>
4.1 OMSÄTTNINGSMÄTNING .....	11
4.2 LINDNINGSRESISTANS .....	13
4.3 TOMGÅNGSPROV .....	15
4.4 KORTSLUTNINGSPROV .....	16
4.5 BELASTNINGSPROV MED RESISTIV TREFASBELASTNING.....	17
4.6 SPÄNNINGSFALL .....	19
<b>5 FÖRBEREDELSEUPPGIFTER</b> .....	<b>20</b>

### 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 Förord

Laborationen består av några vanliga mätningar på en trefastransformator. Målet med laborationen är att du ska bli förtrogen med transformatorns uppbyggnad och driftegenskaper. Belastningens inverkan på förlusteffekten och verkningsgraden utreds också. Förberedelseuppgifter *ska* genomföras **innan** laborationstillfället.

## 1.1 Säkerhetsföreskrifter

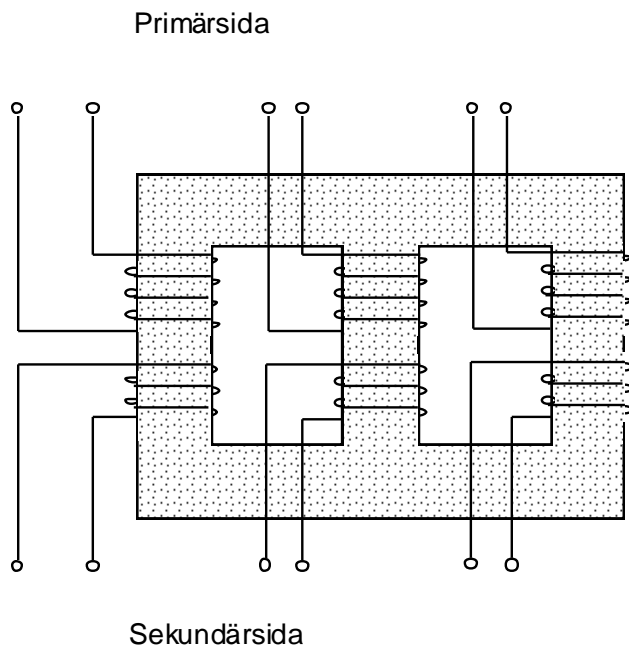
Separat dokument med säkerhetsföreskrifter skall vara läst innan laborationen startar. Se kurshemsidan.

# 2 Teori

## 2.1 Transformatorns uppbyggnad

Vid transformering av trefaseffekt kan man använda tre likadana enfastransformatörer. Bortsett från extremt höga effekter är detta mindre vanligt. Normalt har man en gemensam järnkärna för hela transformatorn och man får då en så kallad **trefastransformator**.

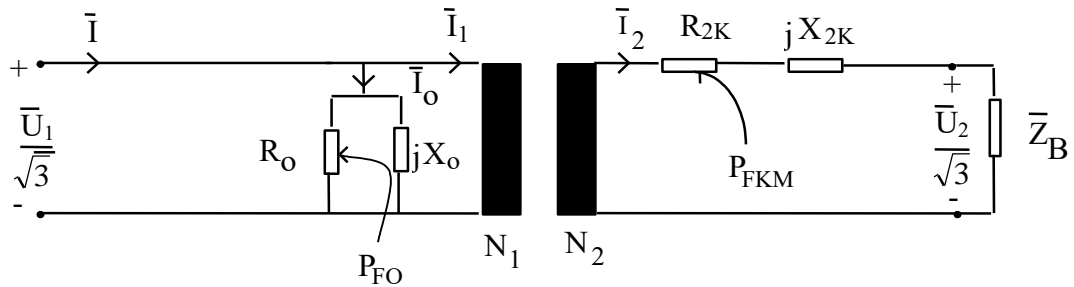
I ett symmetriskt system är summan av de tre fasspänningarna ögonblicksvärden lika med noll. Samma sak gäller för de tre huvudspänningarna. Detta innebär att summan av de med spänningarna sammanhängande flödena också är noll i varje ögonblick. Någon magnetisk återledare för summaflödet behövs alltså inte. Kärnan kan tydligen utföras med endast tre ben, ett ben för varje fas. Man får då en **trebenstransformator**.



**Figur 1.** Trebenstransformator med lindningar

## 2.2 Trefastransformatorns ekvivalenta krets

På samma sätt som man ritar ekvivalent schema för en enfastransformator kan man rita ett schema för trefastransformator. Eftersom man ofta behandlar våra symmetriska belastningsfall genom att göra **beräkningar per ekvivalent Y-fas**, ritar man trefastransformatorn per ekvivalent Y-fas, dvs man tar en fas och lägger den tillsammans med en tänkt nolledare. Ekvivalent schema per fas blir då transformatorn är belastad med en belastning  $Z_B$



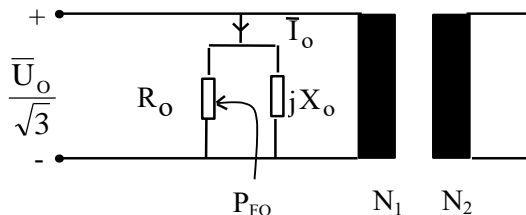
**Figur 2.** *Icke ideal transformators ekvivalenta schema med belastning*

$R_{2K}$  motsvarar resistanserna i transformatorns respektive lindningar. För att ta hänsyn till inverkan av läckflöden på primär respektive sekundärsida inför man läckflödena  $\Phi_1$  och  $\Phi_2$ , som är hänfört till sekundärsidan genom spolen  $X_{2K}$ . Denna sägs utgöra lindningarnas läckreaktans. I den ekvivalenta kretsen ingår resistansen  $R_0$  och reaktansen  $X_0$  som tar hänsyn till dels tomgångsström, dels transformatorns aktiva och reaktiva tomgångsförluster. I kretsen ingår även en ideal transformator med varvomsättningen  $N_1/N_2$ .

### 2.3 Transformatorns förluster

De aktiva förlusterna i en transformator består dels av **tomgångsförluster**  $P_{FO}$ , dels **belastningsförluster**  $P_{FB}$  eller  $P_{FK}$ . För att bestämma dessa gör man två prov. Ett tomgångsprov och ett kortslutningsprov.

#### Tomgångsprov:



**Figur 3.** *Tomgångsprov (öppen sekundärsida)*

Detta prov utförs så, att transformatorn drivs i tomgång vid märkspänning  $U_0 = U_{1M}$  och märkfrekvens, varvid den tillförda effekten  $P_{FO}$  mäts och tomgångsströmmen  $I_0$  avläses. Tomgångsmätningen kan utföras från primär- eller sekundärsidan.

#### Kortslutningsprov:

När transformatorn belastas med ström, försäkras primärströmmen och sekundärströmmen i resp. lindning, aktiva effektförluster, s.k. belastningsförluster. Dessa omfattar dels resistansförluster i lindningar, dels tillsatsförluster i lindningar och konstruktionsdelar, försäkrade av belastningsströmmens magnetiska läckflöden. Transformatorns belastningsförluster bestäms genom ett kortslutningsprov. Dessa förluster kallas därför ibland också för kortslutningsförluster. Vid detta prov kortsluts först transformatorns sekundärsida, varefter primärsidan matas med märkström,  $I_{1M}$  vid märkfrekvens.

Den tillförda märkströmmen  $I_{1M}$ , som är lika med kortslutningsströmmen  $I_{1K}$  injusteras med spänningen  $U_{1K}$ . Den tillförda kortslutningseffekten  $P_{FKM}$ , och den primära kortslutningsspänningen  $U_{1K}$  avläses. Eftersom  $U_{1K}$  är mycket mindre än  $U_{1M}$  kan  $I_0$  och  $P_{FO}$

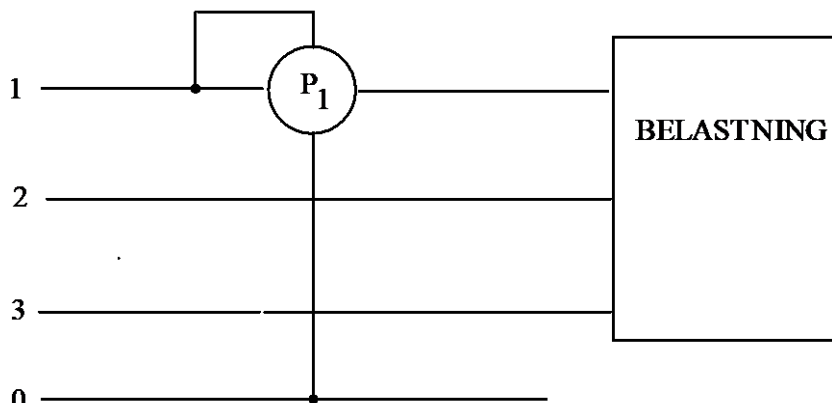
utan vidare försummas vid kortslutning. Den uppmätta kortslutningseffekten  $P_{FKM}$  sätts därför lika med de totala belastnings-förlusterna  $P_{FBM}$  vid märkström vilket ger:

$$P_{FBM} = P_{FKM} = 3R_{1K} I_{1K}^2 = 3R_{2K} I_{2K}^2$$

Belastningsförlusterna är strömvärmeförluster i kopparledningen och varierar alltså kvadratisk med strömmen.

## 2.4 Effektmätning med enwattmetermetoden

Vid symmetrisk spänning och symmetrisk belastning med tre fasledare och nolledare kan man mäta effekten med hjälp av endast en wattmeter.



Figur 4. Enwattmeterkoppling

Total 3-faseffekt  $P = 3 P_1$ . Strömspolen är inkopplad i en fasledare och spänningsspolen mellan denna fasledare och nolledare.

Trefastransformatorns effekt

$$\text{Märkeffekt: } S_M = \sqrt{3} U_{1M} I_{1M} = \sqrt{3} U_{2M} I_{2M} \text{ [VA]}$$

### Förluster och verkningsgrad

De effektförluster som vi vill mäta upp på detta sätt vid de olika proven är alltså

- $P_{FO}$  = tomgångsförluster vid märkspänning och är konstanta
- $P_{FB}$  = belastningsförluster eller kortslutningsförluster  $P_{FK}$
- $P_{FBM}$  = belastningsförluster vid märkström  $= 3 R_{1K} I_{1M}^2 = 3 R_{2K} I_{2M}^2$
- Verkningsgraden:

$$\eta_x = \frac{P_2}{P_1} = \frac{x P_{2M}}{x P_{2M} + P_{FO} + x^2 P_{FBM}}$$

$$\text{där } x = \frac{I_2}{I_{2M}}, \quad P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos\varphi_2, \quad P_{2M} = \sqrt{3} U_2 I_{2M} \cos\varphi_2$$

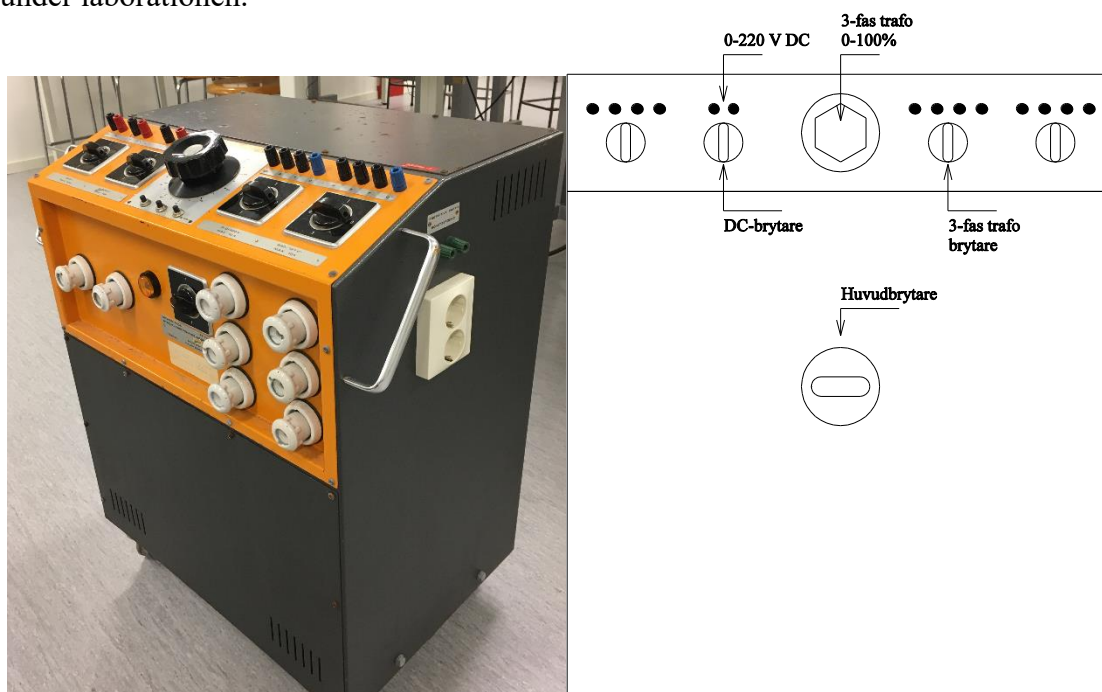
### 3 Försöksutrustning

Den utrustning som kommer att användas under labben är:

- Trefas vridtransformator, för inställning av spänningen till transformator, se avsnitt 3.1.
- Wattmeter, se avsnitt 3.2.
- Amperemeter/Voltmeter (Vanlig multimeter), se avsnitt 3.3.
- 3-fas transformator, 2000 VA. (försöksobjekt), se avsnitt 3.4.
- Belastningsresistans 3-fas, se avsnitt 3.5.
- Scope-meter (För att mäta små resistanser med stor noggrannhet), se avsnitt 3.6.

#### 3.1 Transformator för spänningsmatning

På samtliga labb-platser finns en transformator, den används som spänningsmatare under laborationen.



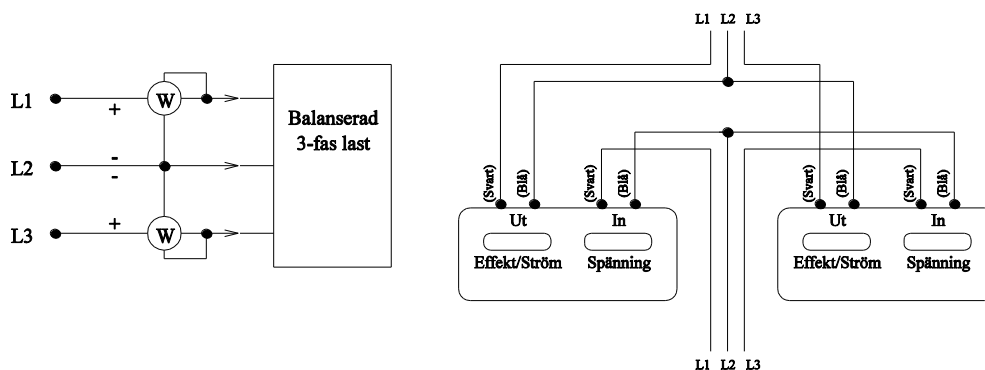
**Figur 5** Översikt av Terco Power Pack. I de experiment som skall utföras skall utgången märkt 0-220V DC alternativt 3x0-220V AC användas. För att få ut en variabel spänning på utgången måste både huvudbrytaren och 3-fas transformatorbrytaren vara påslagna. Dessutom måste ställdonet till 3-fas transformatorn 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

### 3.2 Wattmetrar

På samtliga labb-platser finns två digitala wattmetrar med automatiskt val av spänningsområde. Vid mätning med enwattmetermetoden skall en av wattmetrarna användas. För vissa uppkopplingar kan dock båda komma att behövas.

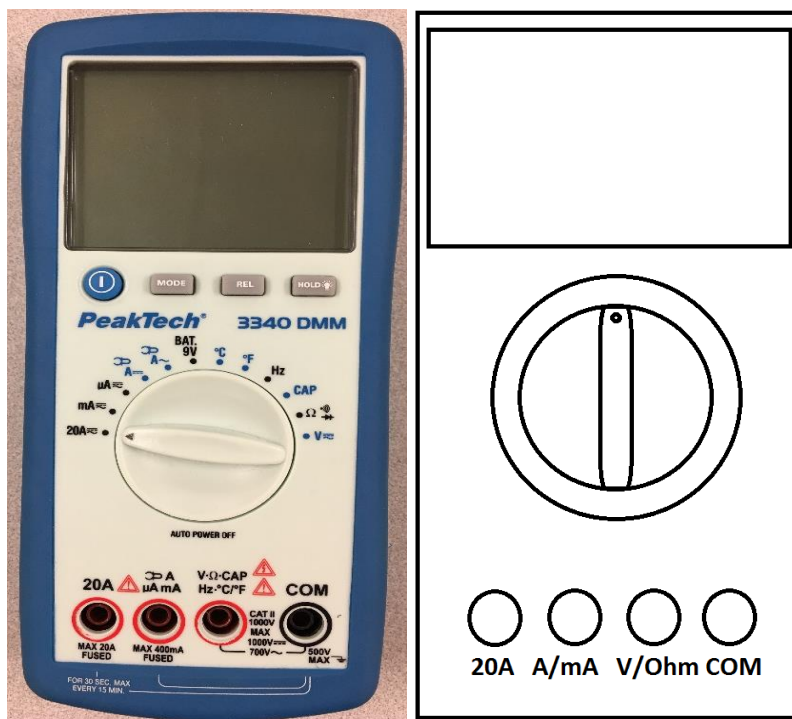


Figur 6 Wattmetrarna som ska användas vid experimenten.



Figur 7 Kopplingschema för mätning med tvåwattmetermetoden tillsammans med wattmetrarna i labbet. Till vänster finns ett kretsschema för uppkopplingen och till höger en skiss som beskriver uppkoppling med hjälp av de wattmetrar som finns i labbet. Det är viktigt att trefassystemet är symmetriskt och att lasten är balanserad eller att det saknas nolledare för att metoden skall fungera.

### 3.3 Multimeter



**Figur 8** Översikt av den enkla multimetern. För amperemätning används 20A eller A/mA ingången tillsammans med COM. Notera den extra ingången för 20A området, den är till för att inte bränna sönder multimetern vid mätning av stora strömmar. Det finns några olika multimetrar i labbet med olika mätområdesinställningar så säkerställ lämplig inkoppling på just er multimeter. Fråga assistenten om ni är osäkra hur multimetern skall kopplas in.

### 3.4 3-fas transformator/labtransformator



**Figur 9** 3-fas laborationstransformator som ska mätas upp med omsättningsprov, kortslutningsprov och tomgångsprov.



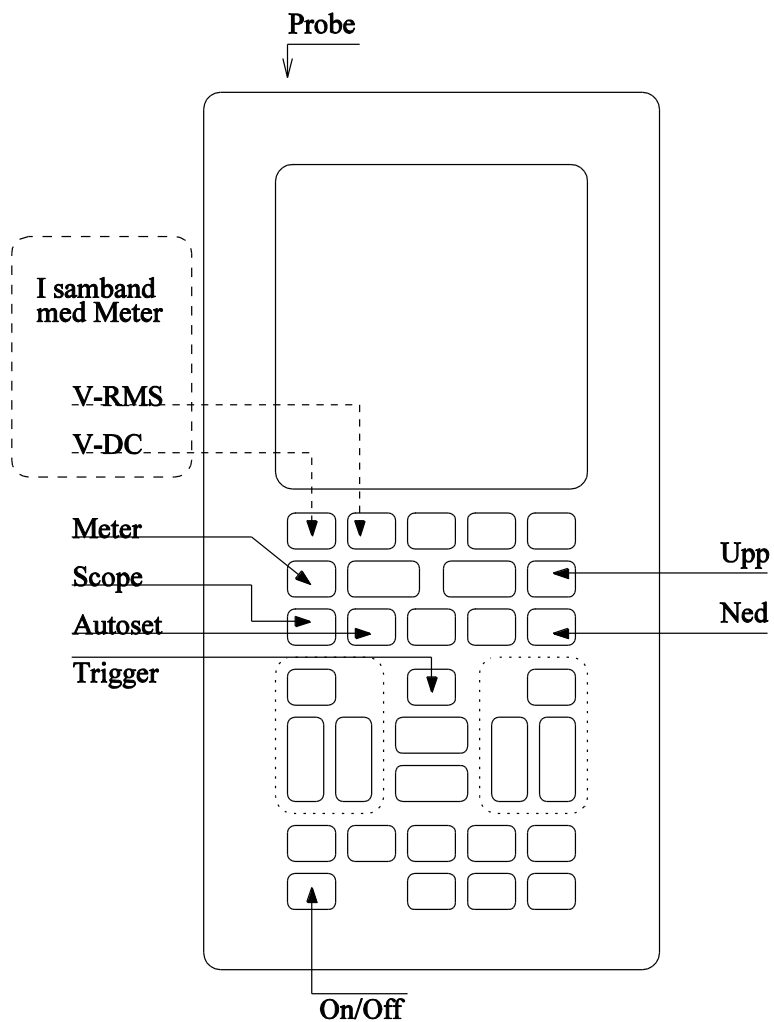
### **3.5 3-fas belastningsresistans**

I labbet finns belastningsresistanser av golvmodell. Belastningsresistansen ger en steglös ändring av resistans genom att skruva på reglaget. I enheten finns en fläkt monterad för att kyla resistorerna, därför måste 220V sladden kopplas in när experiment med belastning skall utföras.



**Figur 10** 3-fas belastningsresistans

### 3.6 Fluke scopemeter



**Figur 11** Översikt av scopemetern. Använd scopemetern för att mäta **spänning** eller **resistans**. Detta görs t.ex. genom att starta instrumentet, välja Measure följt av V-rms eller V-dc. Ni ska nu se ett litet oscilloskop samt ett RMS värde alternativt ett medelvärde av signalen.

## 4 Mätningar

### 4.0 Förberedelser av transformator

Transformatorn som skall undersökas är en Deltaco MV 1972. Märkeffekten är 2 KVA och spänningsomsättningen är 400/66.5/66.5 V.

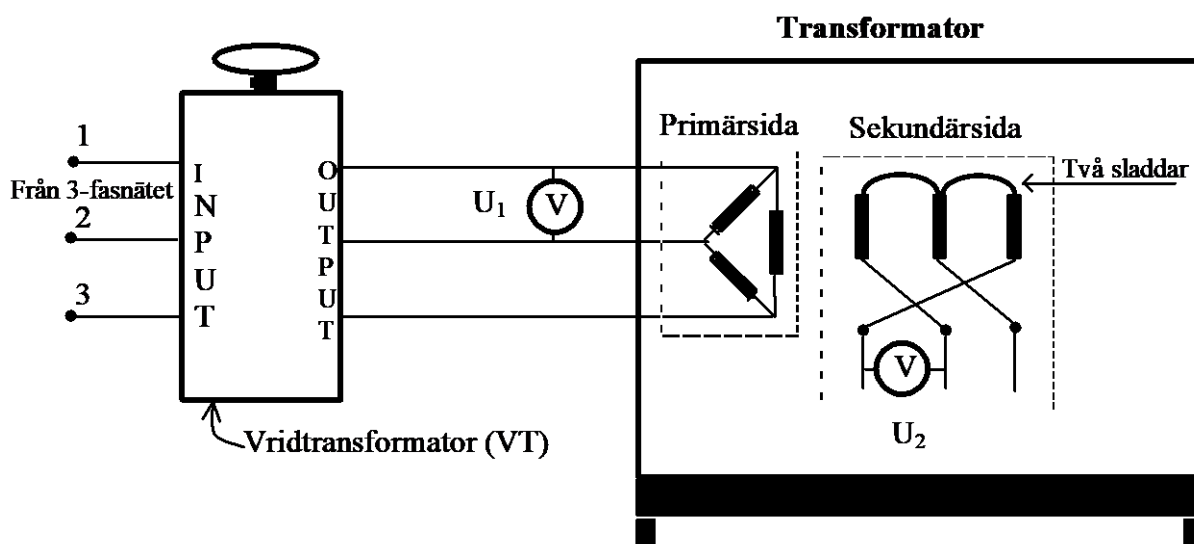
Transformatorn skall användas på följande sätt:

**På primärsidan** skall spänning kopplas till 0V och 230V kontakterna, för respektive fas (400V kontakten kommer INTE att användas under labben).

**På sekundärsidan** skall de två 66.5V lindningarna seriekopplas med **gul kort sladd**, för respektive fas (kontakterna som skall kopplas ihop är a2-a3, b2-b3 samt c2-c3). De gula sladdarna skall sitta kvar på transformatorn under hela labben. De seriekopplade lindningarna kommer att betraktas som en lindning per fas under labbens gång.

### 4.1 Omsättningsmätning

Koppla ihop utrustningen enligt Figur 12. **OBS: Se till att spänningen är avslagen från nätet.** Vrid upp spänningen med vridtransformatorn så att spänningen visar 220 V på primärsidan. Avläs sedan spänningen på sekundärsidan.



Figur 12. Omsättningsmätning vid Y-kopplad sekundärsida.

$$U_1 = \dots\dots\dots V$$

$$U_2 = \dots\dots\dots V$$

Resultat:

Transformatorns omsättning:  $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \text{-----} = \dots\dots\dots$

## 4.2 Undersökning av transformatorns omsättning vid olika kopplingsarter

För att undersöka hur förhållandet mellan spänningarna på primär- och sekundärsidan varierar med olika kopplingsarter, så skall följande experiment utföras.

Behåll kopplingen från föregående uppgift, men byt kopplingsart på primär- och sekundärsidan enligt tabellen nedan. Testa de 4 olika fallen och fyll i den uppmätta spänningen på sekundärsidan ( $U_2$ ), förutsatt att huvudspänningen på primärsidan ( $U_1$ ) är 200 V. Stäng av strömmen varje gång ni byter uppkoppling. Fyll i tabellen nedan med de uppmätta värdena, samt de beräknade värdena från förberedelseuppgiften.

**Vrid ned vridtransformatorn till noll och stäng av. Tag bort alla sladdar på transformatorn till nästa mätning.**

Uppkoppling	Primärsida	Sekundärsida	$U_{2,UPPMÄTT}$
Dy	200	$U_2$	
Dd	200		
Yy	200		
Yd	200		

(Fyll i värdena från förberedelseuppgiften i kolumnen "Sekundärsida")

**\*Förberedelseuppgift:**

Färdigställ kopplingsschemat för respektive koppling i tabellen nedan. Fyll sedan i vilken huvudspänning som transformatorn levererar på sekundärsidan för Dd-, Yy- och Yd-kopplingen, uttryck spänningarna i termer av  $U_2$  (t.ex.  $U_2/\sqrt{3}$ ). Huvudspänningen  $U_1$  är samma för samtliga 4 fall. Fyll i uttrycken för spänningarna i tabellen på föregående sida.

Typ av koppling	Kopplingsschema	
	Primärsida	Sekundärsida
Dy		
Dd		
Yy		
Yd		

## 4.2 Lindningsresistans

Mät lindningarnas resistans med en *scopemeter* på primär- och sekundärsida, ställ in instrumentet så att det automatiskt väljer upplösning vid mätning. Mät de tre resistanserna på primärsidan samt de tre seriekopplade resistanserna på sekundärsidan.

Mät alla tre  $R_1$ : .....; .....; .....  $\Omega$

Medelvärde för  $R_1 = \dots\dots\dots\Omega$

Mät alla tre  $R_2$ : .....; .....; .....  $\Omega$

Medelvärde för  $R_2 = \dots\dots\dots\Omega$

Beräkna

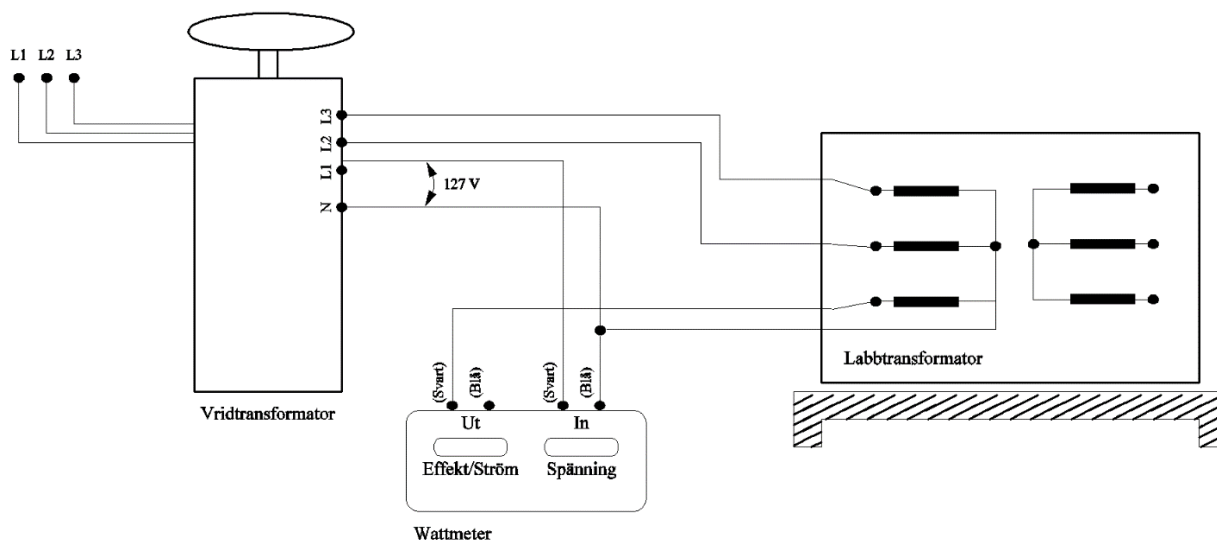
$$R_{1K} = R_1 + R_2 \cdot \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \dots\dots\dots$$

$$\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 \quad (\text{enligt s.11})$$

### 4.3 Tomgångsprov YNy-koppling

Detta utförs så, som tidigare nämnts, att transformatorn drivs i tomgång (sekundärsidan öppen) vid märkspänning (220 V) och märkfrekvens (50 Hz). Koppla ihop utrustningen enligt Figur 13.

**OBS: Se till att spänningen är avslagen från nätet.** Se till att vridtransformatorns ratt står på noll. Både ström, spänning och effekt mäts m.h.a. wattmetern. Se till att wattmetern står på automatiskt effektområde. (Om wattmetern pendlar mellan olika arbetsområden så kan man dock välja att låsa den på ett specifikt område.)



**Figur 13** Uppkoppling för tomgångsprov i en av de tre faserna

#### Utförande

När du är klar med uppkopplingen, **låt assistenten kontrollera.**

Genom att ställa wattmetern på automatisk avkänning av arbetsområde så fås alltid bästa noggrannhet, detta görs med en switch på framsidan. Transformatorn är tillverkad osymmetrisk, vilket ger olika förluster i faserna. Tomgångseffekten kan till och med vara noll i någon fas.

Vrid sakta upp spänningen till 127 V fasspänning (huvudspänning är då 220 V). Växla mellan att titta på amperemetern och effektmätaren under försöket. **Om amperemetern slår i botten kan det vara kortslutning i kretsen!** Se till att ingen mätsladd dras ur under försöket. Mät sedan tomgångseffekten i varje fas och **stäng av spänningen mellan varje försök.**

$$P_{FO1} : \dots\dots\dots W; \quad P_{FO2} : \dots\dots\dots W; \quad P_{FO3} : \dots\dots\dots W;$$

*Resultat:*

Tomgångseffekten för **alla tre faserna** tillsammans:  $P_{FO} = \dots\dots\dots W$

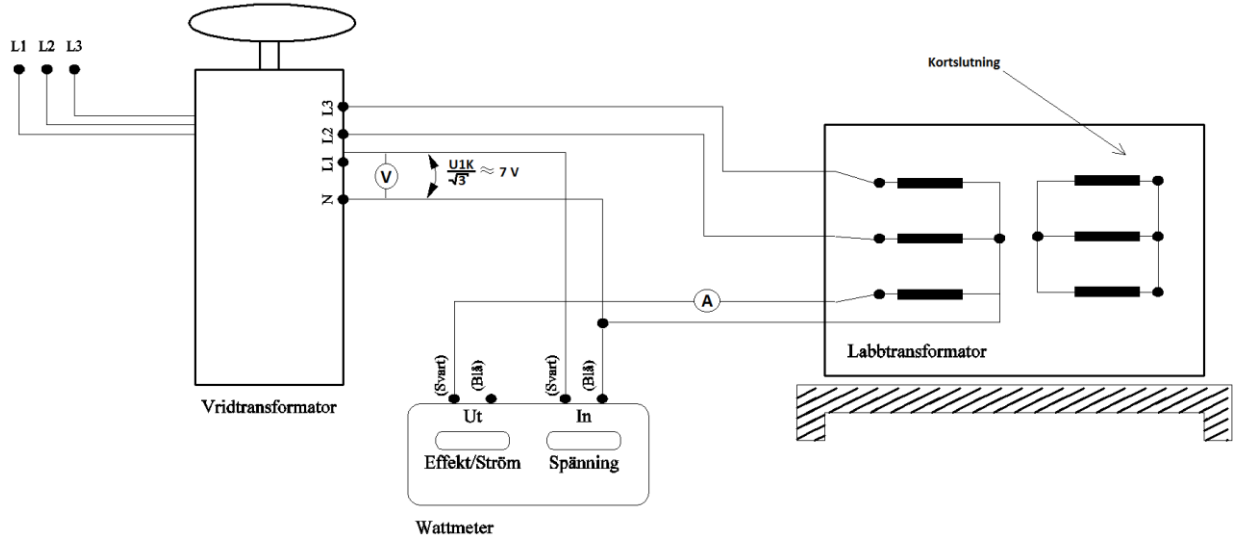
**Vrid sedan ned vridtransformatorn till noll och stäng av.**

#### 4.4 Kortslutningsprov YNy-koppling

Provet utförs vid märkström. Spänningen skall alltså justeras in så att märkström erhålles i primärlindningen på laborationstransformatorn. Enligt förberedelseuppgift är märkströmmarna för denna transformator:

$$I_{1M} = \dots\dots\dots[A] \text{ och } I_{2M} = \dots\dots\dots[A]$$

Nedan följer ett kopplingschema för kortslutningsprovet:



**Figur 14.** Uppkoppling för kortslutningsprov i en av de tre faserna

#### Utförande

Kortslut sekundärsidan med korta sladdar, se Figur 14.

#### Tilkalla assistenten för kontroll

Vrid sakta upp spänningen så att **märkström** erhålles. Mät kortslutningseffekten  $P_{FKM}$  i de olika faserna precis som i tomgångsprovet och anteckna kortslutningsspänningen (notera att kortslutningsspänningen som mäts skall vara fasspänningen  $U_{1k,1-fas} = \frac{U_{1K}}{\sqrt{3}}$ ).

	$U_{fas}$ [V]	$I_{fas}$ [A]	$P_{FKM, fas}$ [W]
Fas 1			
Fas 2			
Fas 3			

$P_{FKM}$  (totalt för 3 faser) = ..... W

Kortslutningsspänning (medelvärde för de 3 faserna) = ..... V

Uppmätt märkström (medelvärde för de 3 faserna) = ..... A

Beräkna transformatorns  $R_{1K}$ ,  $Z_{1K}$  och  $X_{1K}$  (Vrid ned vridtransformatorn till noll och stäng av)

Nyttiga formler:  $R_{1K} = \dots\dots\dots$   $Z_{1K} = \dots\dots\dots$

Resultat :

$R_{1K} = \dots\dots\dots \Omega$   $Z_{1K} = \dots\dots\dots \Omega$   $X_{1K} = \dots\dots\dots \Omega$

(Bör stämma med sida 14)



#### 4.5 Belastningsprov med resistiv trefasbelastning

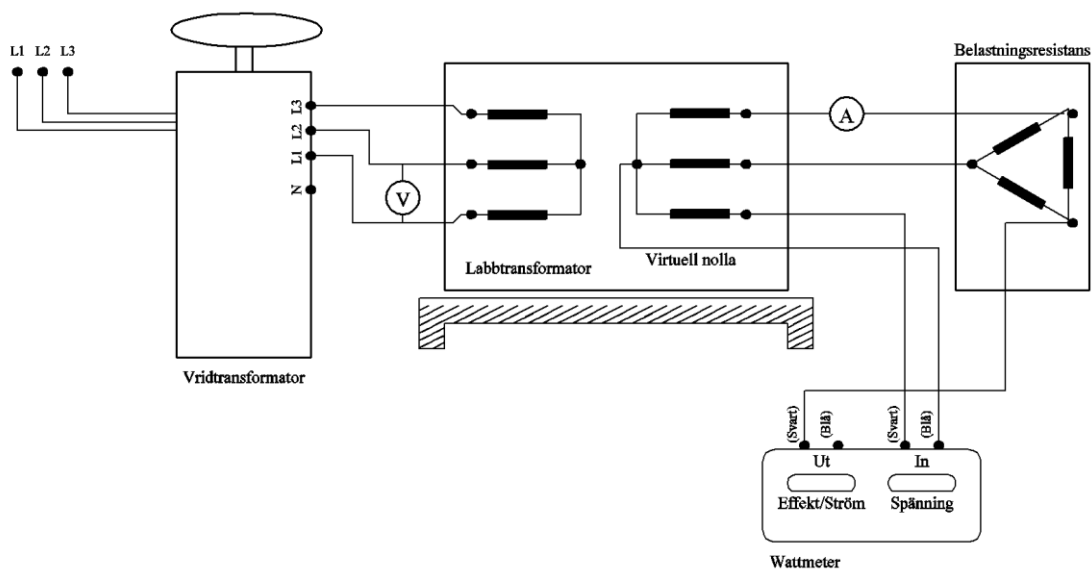
Den resistiva belastningen som skall användas är 3-fas belastningsresistansen som står på golvet vid lab-platsen (glöm inte att sätta i sladden till belastningsresistansen, annars startar inte fläkten). Belastningen ska D-kopplas. Belastningsprovet ska utföras vid konstant märkspänning vid de olika strömmarna enligt förberedelseuppgift III. Sex olika belastningsgrader ska undersökas:  $x = 2/6, 3/6, 4/6, 5/6, 6/6, 7/6, 8/6$ . Fyll i de beräknade strömmarna för respektive belastningsgrad i Tabell 1 (enligt förberedelseuppgift III).

För att uppnå respektive belastningsgrad, så skall belastningsresistansen ställas in (samtidigt som  $U_H$  justeras, så att  $U_H=220\text{ V}$ ) så att strömmen som beräknades i förberedelseuppgift III erhålls. Justera in strömmarna för de olika belastningsgraderna med belastningsresistansen och fyll i tabellen.

Under försöket mäts effekten endast i en fas, då belastningen är symmetrisk. Total effekt blir 3 gånger större. Spänningen hålls konstant under hela försöket.

Förlusterna blir:  $P_F = P_{FO} + x^2 \cdot P_{FKM}$ ;      Verkningsgraden blir:  $\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_F}$

Nedan följer kopplingschema för experimentet:



Figur 16. Uppkoppling för belastningsprov med resistans.

Resultat:

Tabell 1 Belastningsprov med trefasresistans

Belastningsgrad x	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	7/6	8/6
$I_2$ (beräknad)							
$P_{\text{avläst}}$ (1-fas)							
Avgiven effekt $P_2$ (3- faser)							
Totala förluster $P_F$							
Verkningsgrad $\eta$ (med 3 siffror)							

**Vrid ner spänningen till noll efter försöket och stäng av (Riv ej kopplingen).**

Hur ändrar sig verkningsgraden vid ökande belastningsgrad?

---

---

För vilket x är verkningsgraden maximal enligt tabellen ovan?

---

Enligt den teoretiska beräkningen ska maximal verkningsgrad bli vid

x =.....

Kommentar \_\_\_\_\_

## 4.6 Spänningsfall

Använd kopplingen på sidan 17. Koppla in en voltmeter på sekundärsidan för att mäta  $U_2$ .

a) Rita ekvivalent schema per fas och visardiagram och ange hur sekundära spänningen  $U_2$  kan uttryckas, om transformatorn ansluts till **resistiv** last och **märkbelastas** (Se t.ex. visardiagram och schema sid 61 eller 88 i kursboken).

*Ekvivalent schema:*

*Visardiagram*

$U_{20} = U_2$  vid tomgång (se sidan 11)

$R_{2K}$  beräknas ur data på sidan 16.

$R_{2K} = \dots\dots\dots =$

$X_{2K} = \dots\dots\dots =$

**Beräkna  $U_2$**

**Resultat:**  $U_{2\text{ber}} = \dots\dots\dots \text{V}$

b) *Mät sekundära spänningen:* vid ett praktiskt försök. (OBS! Eftersom transformatorn är osymmetrisk kan det vara olika spänning mellan faserna.)

**Resultat:**  $U_{2\text{mätt}} = \dots\dots\dots \text{V}$

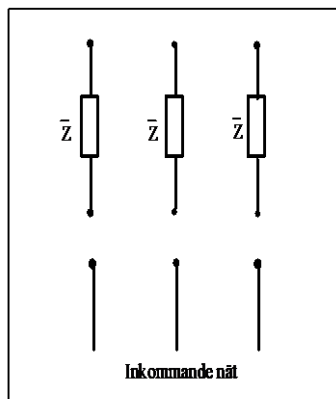
Skillnaden mellan ovanstående bör inte överstiga några få volt om allt fungerar som det ska. (Några faktorer som kan påverka noggrannheten negativt är dock: Bestämningen av  $R_{JK}$ , osymmetrisk belastning, osymmetri mellan faserna i transformatorn och användning av olika mätinstrument med olika kalibrering. Modellen stämmer oftast bättre ju större anläggning man använder eftersom det är lättare att tillverka symmetriskt.)

**Kommentar:** \_\_\_\_\_

**Vrid ned vridtransformatorn till noll och stäng av. Diskutera gärna med labbassistenten innan ni kopplar ur alla sladdar.**

## 5 Förberedelseuppgifter

- I. Läs säkerhetsföreskrifterna för elkraftslabbet som finns på separat papper på kurshemsidan.
- II. Rita in i figuren och visa hur belastningsimpedanserna sammankopplas för att de ska bli D-kopplade och anslutas till nätet.



- 
- III. Gör förberedelseuppgiften på sida 13.
- 

- IV. Beräkna trefastransformatorns märkström på primärsidan  $I_{1M}$  och sekundärsidan  $I_{2M}$ , om märkeffekten (skenbar) är  $S_M = 2000 \text{ VA}$  och märkspänning  $U_{1M} = U_{2M} = 400 \text{ V}$ .

SVAR:  $I_{1M} = \dots\dots\dots[\text{A}]$     $I_{2M} = \dots\dots\dots[\text{A}]$  (För in resultatet på sid 16)

---

- V. Belastningsgraden  $x$  är kvoten mellan uttagen ström och märkström.

Beräkna strömmen  $I_2$  för belastningsgraderna:  $x = \frac{2}{6} : \frac{3}{6} : \frac{4}{6} : \frac{5}{6} : \frac{6}{6} : \frac{7}{6} : \frac{8}{6}$

SVAR:  $I_2 = \dots\dots : \dots\dots : \dots\dots : \dots\dots : \dots\dots : \dots\dots : \dots\dots$  (För in resultatet på sid 18)

---

- VI. Derivera verkningsgradsformeln på sid 5 och ange värdet på  $x$  som ger maximal verkningsgrad.
- 

- VII. Ange formel för beräkning av  $R_{1K} = \dots\dots\dots$ (För in på sid 16)  
(m.h.a.  $P_{FKM}$ )

Ange formel för beräkning av  $Z_{1K} = \dots\dots\dots$ (För in på sid 16)  
(m.h.a.  $U_{1K}$ )

Ange formel för beräkning av  $R_{2K}$  om  $R_{1K}$  är känd:  $R_{2K} = \dots\dots\dots$ (För in på sid 19)  
(m.h.a. omsättningen)