



FORDONSSYSTEM/ISY

LABORATION 1

Trefastransformatorn

(Ifylls med kulspetspenna)

LABORANT:
PERSONNR:
DATUM:
GODKÄND: (Assistentsign)

2014-01-15

Innehåll

1 FÖRORD	3
2 TEORI	3
2.1 TRANSFORMATORNS UPPBYGGNAD	3
2.2 TREFASTRANSFORMATORNS EKVIVALENTA KRETS	3
2.3 TRANSFORMATORNS FÖRLUSTER.....	4
2.4 EFFEKTMÄTNING MED ENWATTMETERMETODEN	5
3 STRÖMTRANSFORMATOR	6
4 FÖRSÖKSUTRUSTNING	7
4.2 WATTMETRAR	9
4.3 MULTIMETER	10
4.4 3-FAS TRANSFORMATOR/LABBTRANSFORMATOR.....	10
4.5 3-FAS BELASTNINGSRESISTANS.....	11
4.6 STRÖMTRANSFORMATOR	11
4.7 FLUKE SCOPE-METER	12
5 MÄTNINGAR	13
5.1 OMSÄTTNINGSMÄTNING	13
5.2 LINDNINGSRESISTANS	14
5.3 TOMGÅNGSPROV	15
5.4 KORTSLUTNINGSPROV	16
5.5 BELASTNINGSPROV MED RESISTIV TREFASBELASTNING.....	17
5.6 SPÄNNINGSFALL	19
5.7 EFFEKTMÄTNING MED STRÖMTRANSFORMATOR	20
6 FÖRBEREDELSEUPPGIFTER	22

1 Förord

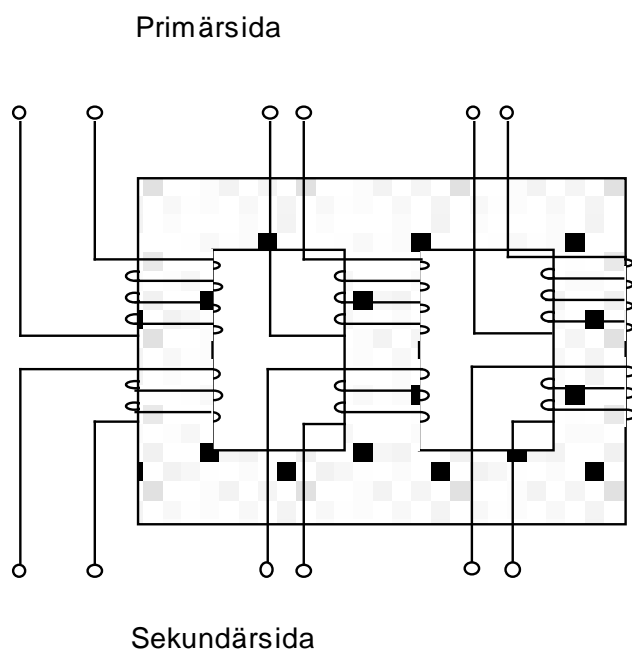
Laborationen består av några vanliga mätningar på en trefastransformator. Målet med laborationen är att du ska bli förtrogen med transformatorns uppbyggnad och driftegenskaper. Belastningens inverkan på förlusteffekten och verkningsgraden utreds också. Förberedelseuppgifter *ska* genomföras **innan**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

2 Teori

2.1 Transformatorns uppbyggnad

Vid transformering av trefaseffekt kan man använda tre likadana enfastransformatorer. 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**.

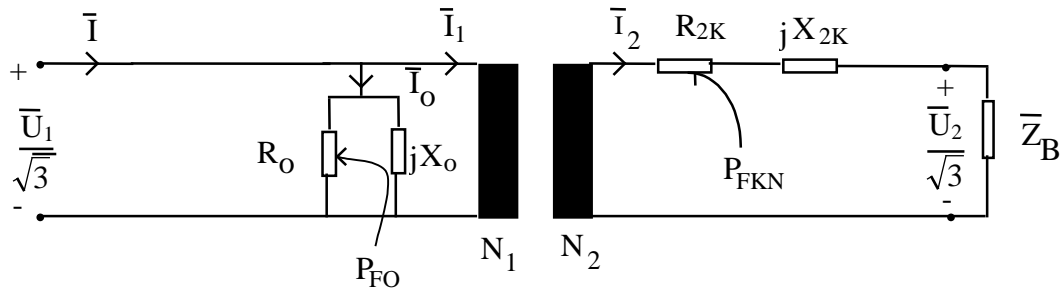
I ett symmetriskt system är summan av de tre fasspänningarna ögonblicksvärden lika med noll. Samma sak gäller för de tre huvudspänningarna. Detta innebär att summan av de med spänningarna sammanhängande flödena också är noll i varje ögonblick. Någon magnetisk återledare för summaflödet behövs alltså 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



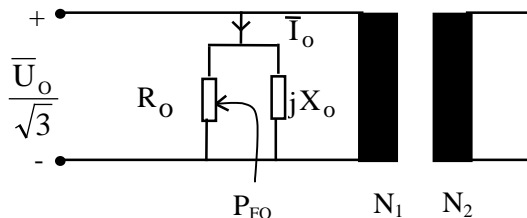
Figur 2. Icke ideal transformators ekvivalenta schema med belastning

R_{2K} motsvarar resistanserna i transformatorns respektive lindningar. För att ta hänsyn till inverkan av läckflöden på primär respektive sekundärsida inför man läckflödena Φ_1 och Φ_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, förorsakar primärströmmen och sekundärströmmen i resp. lindning, aktiva effektförluster, s.k. belastningsförluster. Dessa omfattar dels resistansförluster i lindningar, dels tillsatsförluster i lindningar och konstruktionsdelar, förorsakade 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}

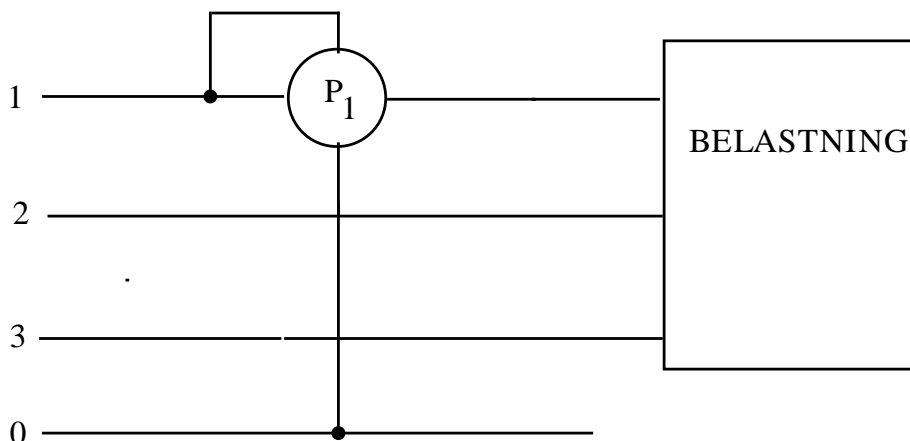
utan vidare försummas vid kortslutning. Den uppmätta kortslutningseffekten P_{FKM} sätts därför lika med de totala belastnings-förlusterna P_{FBM} vid märkström vilket ger:

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

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:

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

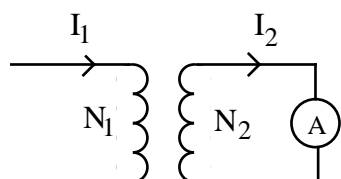
$$\text{där } x = \frac{I_2}{I_{2M}}, \quad P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos\varphi_2, \quad P_{2M} = \sqrt{3} U_2 I_{2M} \cos\varphi_2$$

3 Strömtransformator

Wattmetrar användes i högspänningssammanhang tillsammans med strömtransformatorer. Är strömmen för stor för wattmetern måste man använda strömtransformatorer. Wattmetern är alltid stämplad för högsta tillåtna ström resp. spänningsanslutning. Strömtransformatorer arbetar med mycket låg flödestäthet i järnkärnan, som dessutom tillverkas av speciella järnsorter med hög permeabilitet. Magnetiseringsströmmen är därför så låg att ekvationen:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \text{ gäller så gott som exakt.}$$

Strömmen i en strömtransformators primärlindning är bestämd av den krets vars ström ska mätas och påverkas inte av belastningen på transformatorns sekundärsida. Om ett avbrott skulle uppstå i sekundärkretsen, kommer alltså primärströmmen fortfarande att vara densamma, d v s hela primärströmmen kommer att utgöra magnetiseringsström. Kärnan blir starkt mättad, järnförlusterna stora och sekundärspänningen hög. Den höga sekundärspänningen kan förorsaka genomslag i transformatorns isolation och t o m vara livsfarlig. De stora järnförlusterna värmer upp kärnan och kan förstöra den. **En strömtransformators sekundärkrets får alltså aldrig vara öppen, när det går ström i primärkretsen.** Däremot är det alltid tillåtet att kortsluta sekundärsidan. Strömtransformatorer isolerar också instrument från mätkretsen. **Vid strömmätning i högspänningssystem måste man alltid använda strömtransformatorer**, även om strömmen inte är större än att man utan vidare skulle kunna mäta direkt.



Figur 5. Strömmätning med strömtransformator

Figur 5 visar hur instrument och strömtransformator *ska* kopplas. Under förutsättning att transformatorn kan betraktas som ideal gäller:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Exempel med wattmeter och strömtransformator

Vid användning av strömtransformator i samband med mätning av effekt så finns det några saker att tänka på. En wattmeters strömspol dimensioneras vanligen för en viss strömstyrka, t.ex. 1 eller 5 A uppdelat på ett antal mätområden. Spänningsspolen är seriekopplad med i instrumentet inbyggda förkopplingsmotstånd. Normala wattmetrar **visar fullt utslag**, då strömspolen har märkström och spänningsspolen märkspänning, under förutsättning att ingen fasförskjutning mellan ström och spänning föreligger, dvs om $\cos\varphi = 1$.

Man måste ha i minnet att instrumentet kan göra mycket litet utslag, trots att strömspolen har märkström och spänningsspolen har märkspänning. Så blir fallet om $\cos\varphi$ är lågt. Utslagets storlek är alltså inte ett direkt mått på strömmen i instrumentspolarna. Strömmen eller spänningen får med andra ord inte ökas tills instrumentet ger fullt utslag!

Hos äldre wattmetrar för laboratoriebruk är skalan på instrumentet graderad exempelvis från 0 - 120 eller 0 - 150 skalstreck. För att få reda på den uppmätta effekten måste man då räkna ut och multiplicera med en **skalkonstant**. Hos moderna wattmetrar är skalan dock direkt i watt för digital avläsning och omkoppling mellan de olika mätområdena sker automatiskt. Ofta har man

även möjlighet växla mellan att visa ström, spänning och effekt. **Vid användning av strömtransformator måste man dock räkna ut en skalkonstant även för moderna wattmetrar eftersom wattmetern inte gärna kan veta själv att strömmen är nedtransformerad.**

Exempel: Beräkning av skalkonstanten

En wattmeters märkström för ett visst mätområde antar vi vara 5 A och märkspänning 240 V. Instrumentet ger fullt utslag vid märkström och märkspänning med $\cos\varphi = 1$. Alltså svarar det maximala utslaget mot effekten $5 \cdot 240 = 1200$ W. Använder vi en strömtransformator med omsättningen 10/5, d v s en nedtransformering av strömmen till hälften, blir den enhetslösa skalkonstanten $\frac{10}{5}$. För att räkna ut effekten ska vi alltså för detta fall multiplicera den mätta effekten med 2. Vi har alltså följande formler

$$P = P_{avläst} \cdot k_{skala}$$

$$k_{skala} = \frac{I_{in}}{I_{ut}}$$

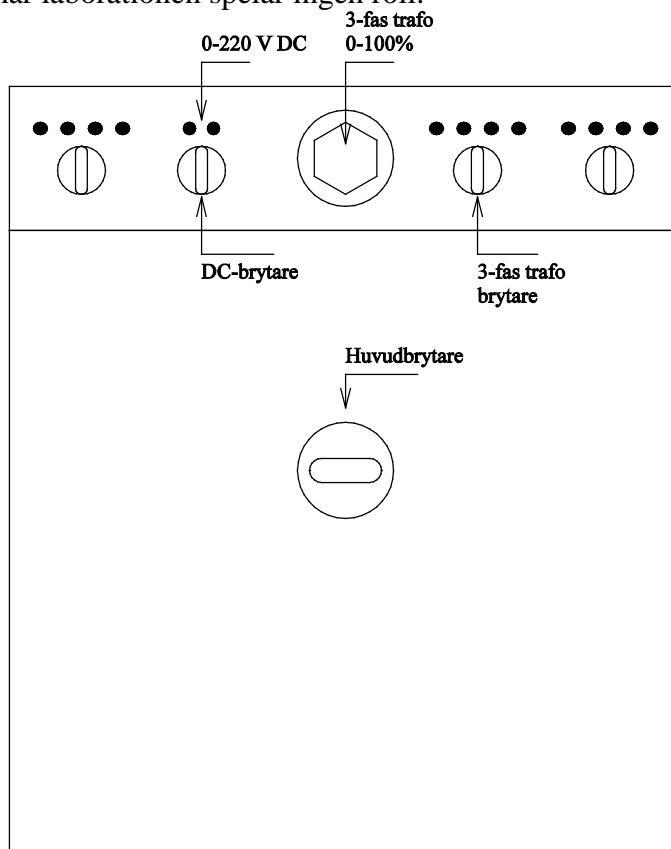
4 Försöksutrustning

Vid D/Y-koppling är spänningen 220/220 V hos transformatorn. Primärsidan är fast D-kopplad.

1. Trefas vridtransformator, för inställning av spänningen till transformator, se vidare avsnitt 4.1 Transformator för spänningsmatning
2. Wattmeter, se vidare avsnitt 4.2 Wattmetrar
3. Amperemeter/Voltmeter (Vanlig multimeter), se vidare avsnitt 4.3 Multimetrar
4. 3-fas transformator, 2000 VA. (försöksobjekt), se vidare avsnitt 4.4 3-fas transformator/labtransformator
5. Belastningsresistans, (bordsmodell eller golvmödel) 3-fas, se vidare avsnitt 4.5 3-fas belastningsresistans
6. Strömtransformator (10 A, 25 A, 50 A primärsidan: 5 A sekundärsidan), se vidare avsnitt 4.6 Strömtransformator
7. Scope-meter (För att mäta små resistanser med stor noggrannhet), se vidare avsnitt 4.7 Fluke scope-meter

4.1 Transformator för spänningsmatning

Lite beroende på hur uppställningen er ut på den aktuella labbplatsen kan det finnas två olika transformatorer att välja mellan. Båda fungerar i princip likadant och vilken som används för den här laborationen spelar ingen roll.



Figur 6 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



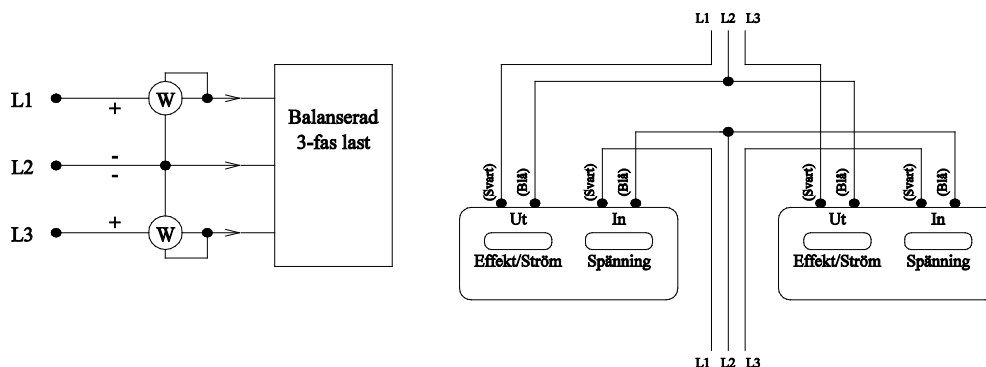
Figur 7 Terco transformator (vänster) och alternativ vridtransformator (höger)

4.2 Wattmetrar

I labbet 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.

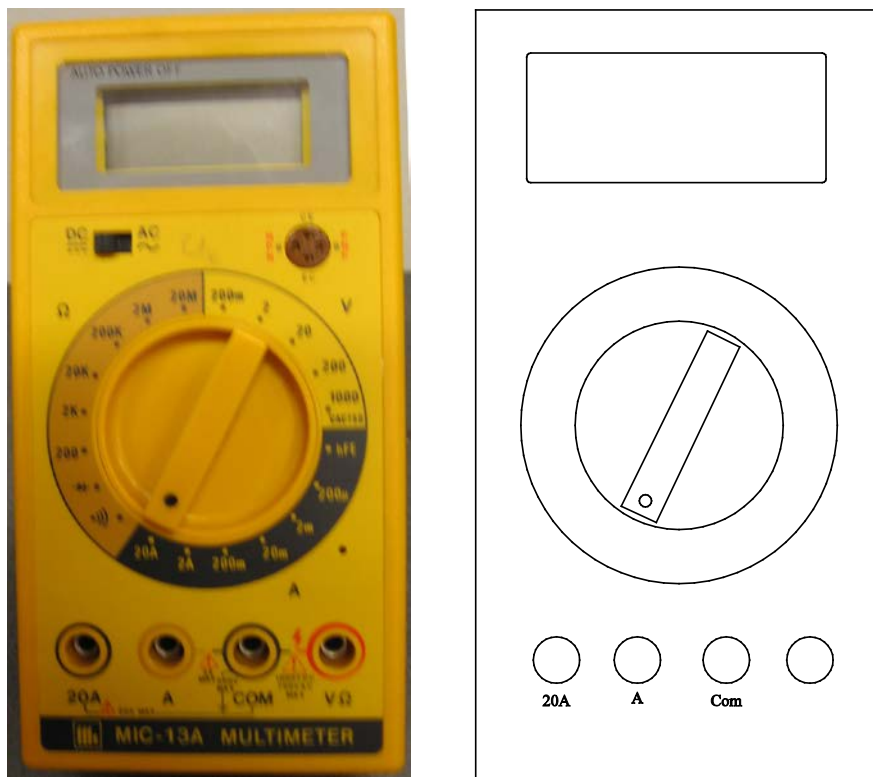


Figur 8 Wattmetrarna som ska användas vid experimenten.



Figur 9 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.

4.3 Multimeter



Figur 10 Översikt av den enkla multimetern. För amperemätning används 10/20A 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.

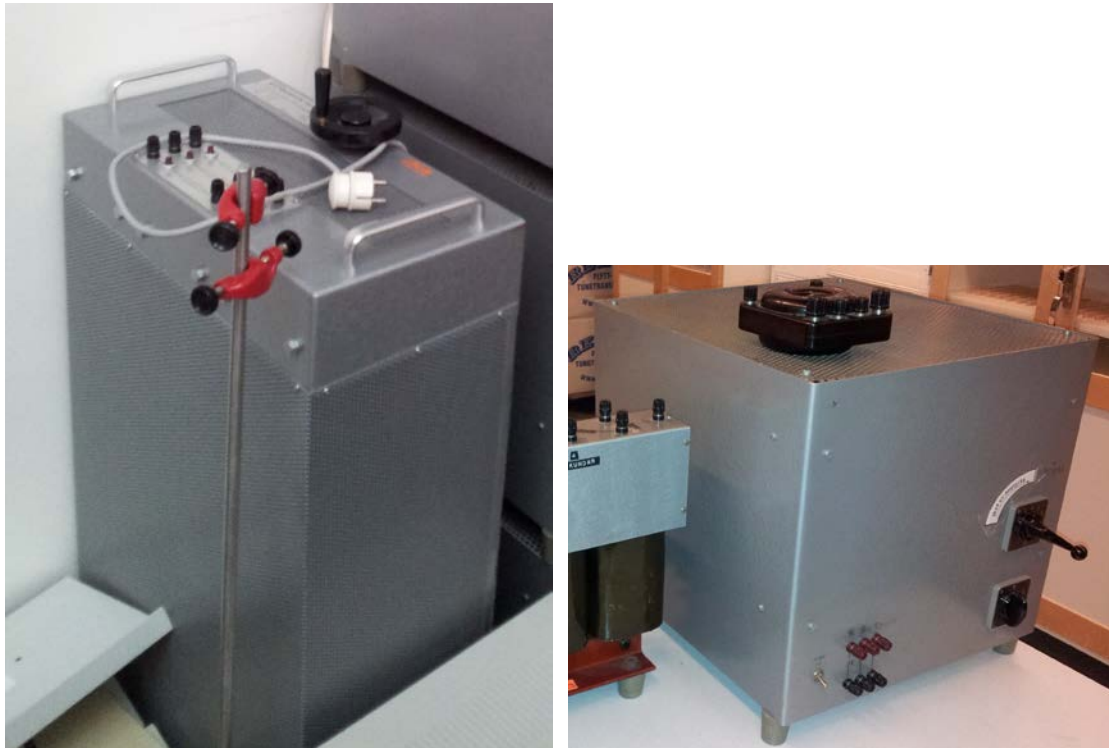
4.4 3-fas transformator/labtransformator



Figur 11 3-fas laborationstransformator som ska mätas upp med omsättningsprov, kortslutningsprov och tomgångsprov.

4.5 3-fas belastningsresistans

I labbet finns för närvarande två olika typer av belastningsresistanser. Beroende på labbplats så ser det alltså antingen ut som figuren till vänster nedan (golvmodell) eller till höger (bordsmodell). Resistanserna är i princip lika förutom att golvmodellen ger en steglös ändring av resistans medan bordsmodellen har snäpp-lägen med fixa resistansvärden.



Figur 12 3-fas belastningsresistans, bords och golvmodell

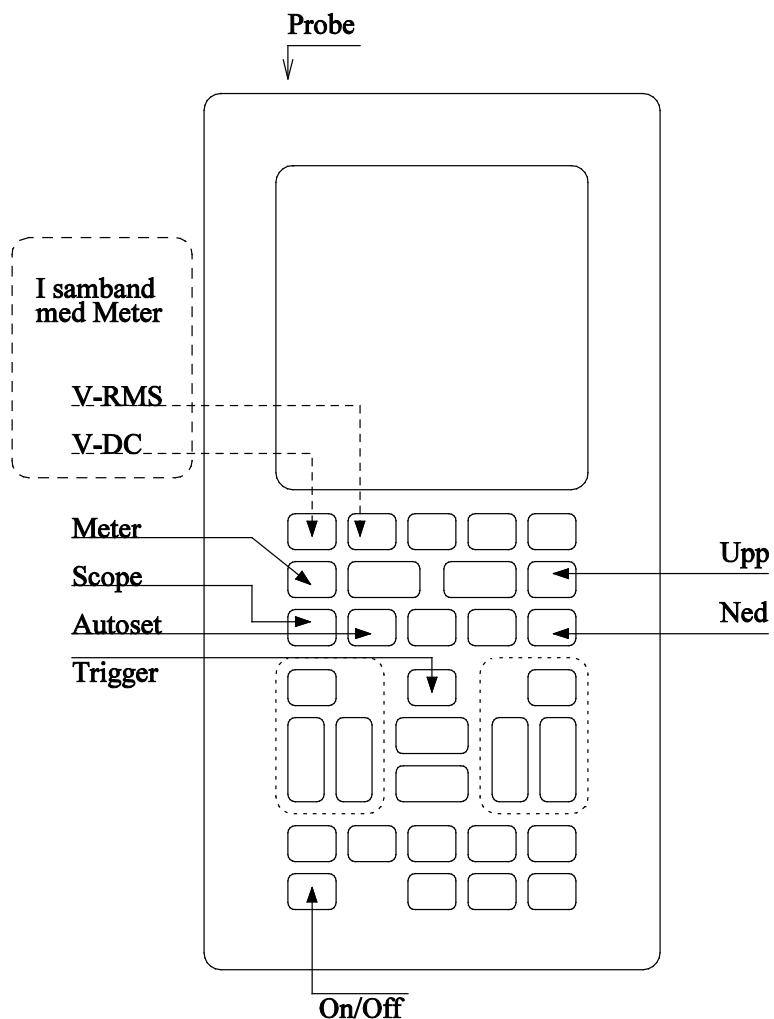
4.6 Strömtransformator

Den strömtransformator som skall användas i labben visas i figuren nedan. Notera hur strömtransformatorn är utrustad med flera olika strömområden på ingången men endast ett på utgången.



Figur 13 Strömtransformator

4.7 Fluke scopemeter

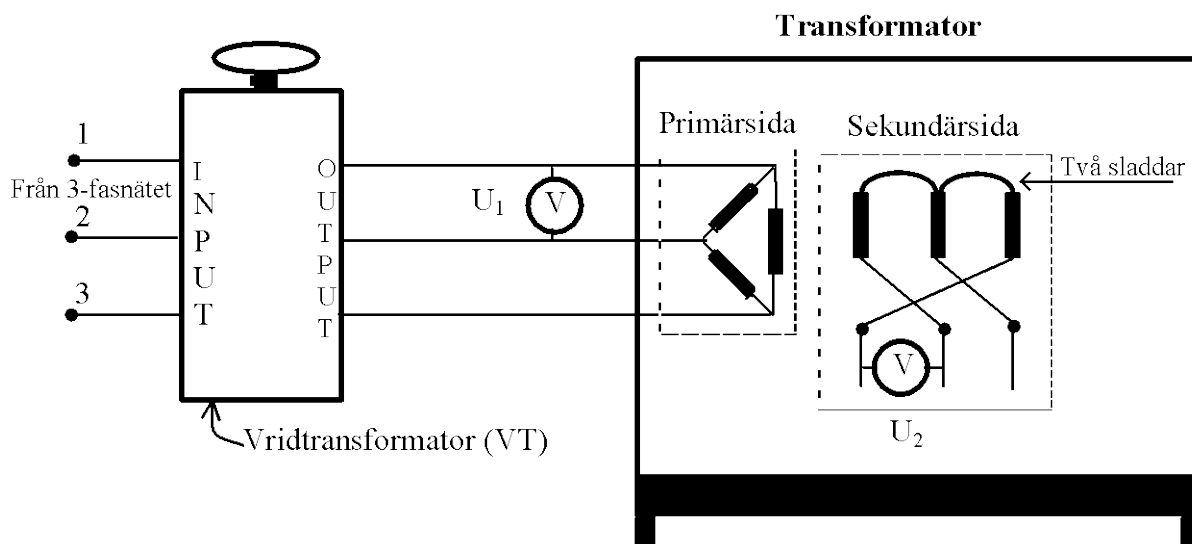


Figur 14 Översikt av scopemetern. Använd scopemetern för att mäta *spänning* eller *resistans*. Detta görs t.ex. genom att starta instrumentet, välja Measure följt av V-rms eller V-dc. Ni ska nu se ett litet oscilloskop samt ett RMS värde alternativt ett medelvärde av signalen.

5 Mätningar

5.1 Omsättningsmätning

Koppla ihop utrustningen enligt Figur 15. **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 15. Omsättningsmätning vid Y-kopplad sekundärsida.

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

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

Resultat:

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

Eftersom primärsidan alltid är D-kopplad för den aktuella transformatorn så kan detta inte ändras. Vi kan dock välja om sekundärsidan skall Y- eller D-kopplas. Vad blir spänningen U_2 som ju är huvudspänning om sekundärsidan D-kopplas istället för Y-kopplas?

$$U_{2,D,ber.} = \dots\dots\dots V$$

Koppla om sekundärsidans lindningar så att de blir D-kopplade och genomför mätningen

$$U_{2,D,mätt.} = \dots\dots\dots V$$

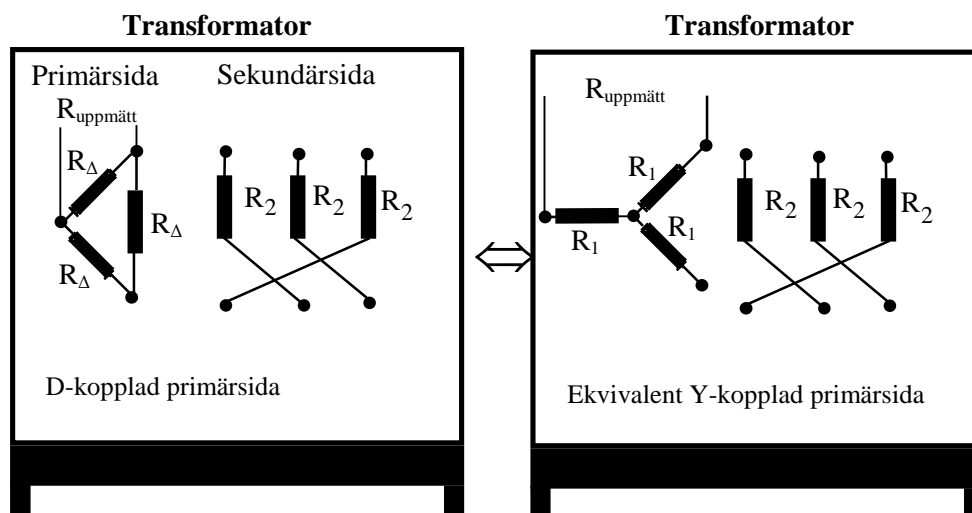
Vrid ned vridtransformatorn till noll och stäng av !!! Tag bort alla sladdar på transformatorn till nästa mätning.

5.2 Lindningsresistans

Mät lindningarnas resistans med en *scopemeter* på primär- och sekundärsida (2 decimaler). Transformatorn har D-kopplad primärsida. Mät hela resistansen $R_{\text{uppmätt}}$ enligt figur nedan och beräkna **medelvärdet**. För att man ska kunna räkna på varje fas separat kan man tänka sig att primärsidan är Y-kopplad. En D-koppling kan nämligen alltid ersättas med en ekvivalent Y-koppling.

Sekundärsidans lindningar kan mätas direkt, se ritade markeringar på transformatorns ovansida. Tag sedan **medelvärdet** av mätvärdena.

Beräkningar och ekvivalent schema :



Mät $R_{\text{uppmätt}}$ på 3 olika sätt (2 decimaler):;;

Beräkna medelvärdet för mätningarna: $R_{\text{uppmätt}} = \dots\dots\dots\Omega$,

vilket ger : $R_1 = \frac{1}{2} \cdot R_{\text{uppmätt}} = \dots\dots\dots\Omega$ ($R_{\text{uppmätt}} = R_{\Delta} // 2R_{\Delta} = \frac{2R_{\Delta}}{3}$)

Mät alla tre R_2 :;;

Medelvärde för alla tre: $R_2 = \dots\dots\dots\Omega$

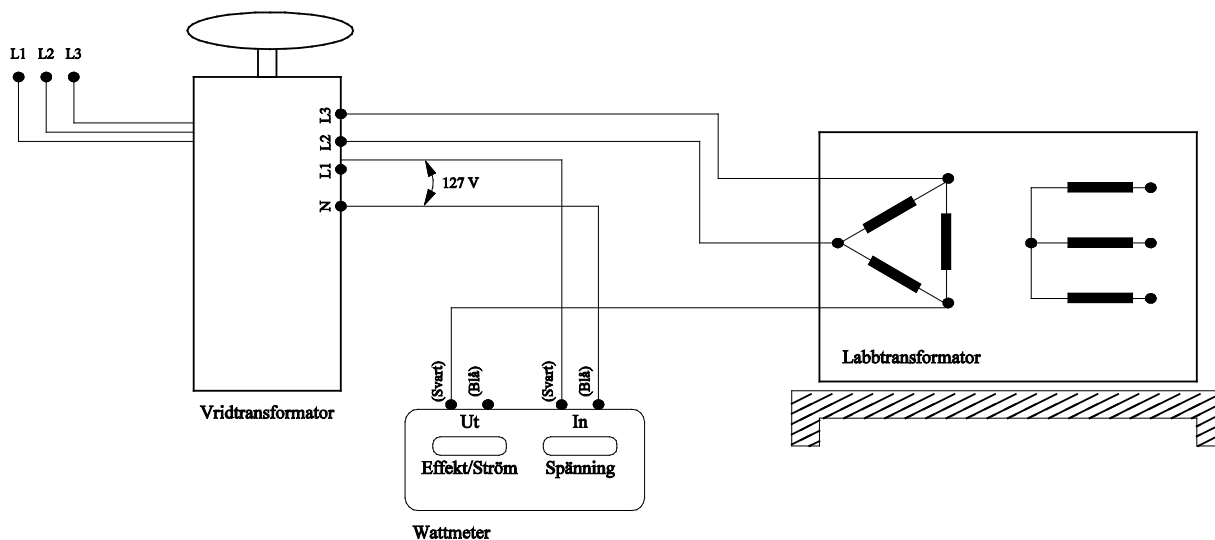
Alltså : $R_{1K} = R_1 + R_2 \cdot \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \dots\dots\dots$

$\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2$ (enligt föregående sida)

RESULTAT: $R_{1K} = \dots\dots\dots$

5.3 Tomgångsprov

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 16. **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 16 Uppkoppling för tomgångsprov i fas 3

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.**

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

Resultat:

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

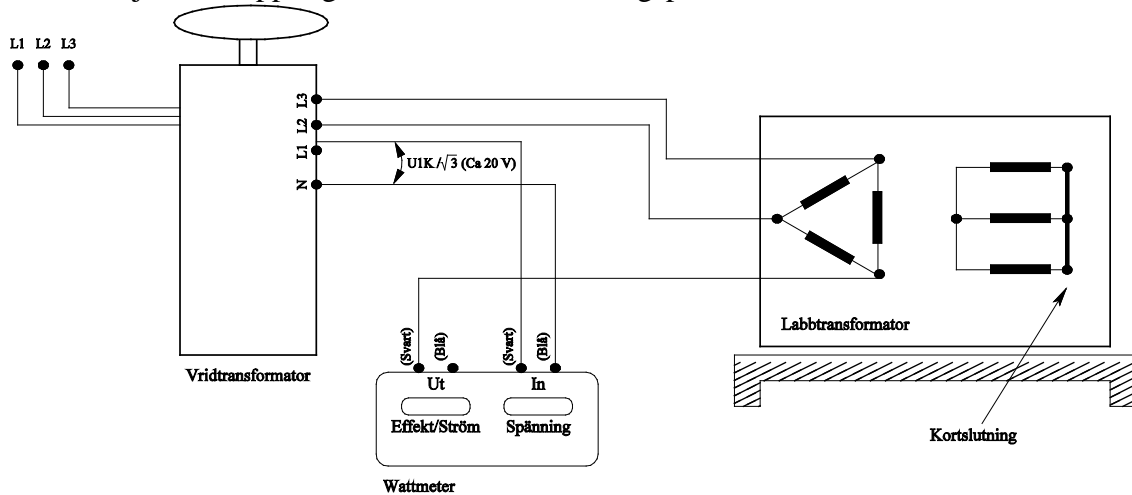
Vrid sedan ned vridtransformatorn till noll och stäng av !!!

5.4 Kortslutningsprov

Provet utförs vid märkström. Spänningen skall alltså justeras in så att märkström erhålles i primärwindningen på laborationstransformatoren. 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 17. Uppkoppling för kortslutningsprov i fas 3

Utförande

Kortslut sekundärsidan med korta sladdar, se Figur 17.

Tillkalla assistenten för kontroll!

Vrid sakta upp spänningen så att **märkström** erhålls. Mät kortslutningseffekten P_{FKM} i de olika faserna precis som i tomgångsprovet och anteckna kortslutningsspänningen.

$$P_{FKM1} = \dots\dots\dots W \quad P_{FKM2} = \dots\dots\dots W \quad P_{FKM3} = \dots\dots\dots W$$

$$P_{FKM} \text{ (totalt för 3-faser)} = \dots\dots\dots W \quad \text{Kortslutningsspänningen: } U_{1K} = \dots\dots\dots V$$

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

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

$$\text{Resultat : } R_{1K} = \dots\dots\dots \Omega \quad Z_{1K} = \dots\dots\dots \Omega \quad X_{1K} = \dots\dots\dots \Omega$$

(Bör stämma med sid 14)

5.5 Belastningsprov med resistiv trefasbelastning

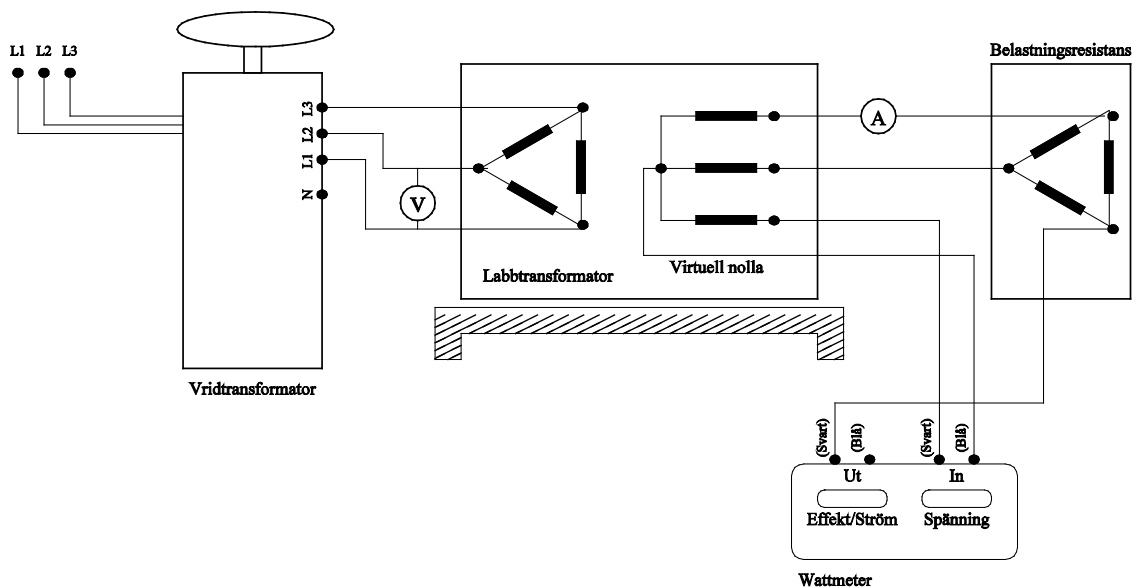
Den resistiva belastningen är den största "lådan" på lab-platsen (om du har en bordsmodell så skall du slå på fläkten innan mätningar börjar). Belastningen ska D-kopplas. Belastningsprovet ska utföras vid konstant märkspänning vid de olika strömmarna enligt förberedelseuppgift III.

Fem olika belastningsgrader *ska* användas: $x = 1/4; 1/2; 3/4; 1; 5/4$. Den exakta belastningsgraden kan inte erhållas, eftersom belastningsmotståndet endast har diskreta snäpplägen. Fyll i de beräknade strömmarna i Tabell 1 för de olika belastningsgraderna enligt förberedelseuppgift III.

Belastningsresistansens snäpplägen betyder att : "läge 1" = stor resistans dvs liten ström. "läge 2" = mindre resistans dvs lite större ström o.s.v. Börja med att ställa belastningsresistansen på "läge 1". Justera in de 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. Du måste justera spänningen efter varje ändring av belastningens snäpplägen. $U_H = 220 \text{ V}$**

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 9. Uppkoppling för belastningsprov med resistans.

Resultat:

Tabell 1 Belastningsprov med trefasresistans

Belastningsgrad x (snäppläge)	1/4 (1)	1/2 (2)	3/4 (3)	1/1 (4)	5/4 (5)
I_2 (beräknad)					
I_2 (uppmätt)					
$P_{avläst}$ (1-fas)					
Avgiven effekt P_2 (3- faser)					
Totala förluster P_F					
Verkningsgrad η (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 _____

Plats för graf:

5.6 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 anslutes till **resistiv** last och **märkbelastas**. (Räkna exakt!)

Ekvivalent schema:

Visardiagram

$U_{20} = U_2$ vid tomgång (se sidan 13)

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

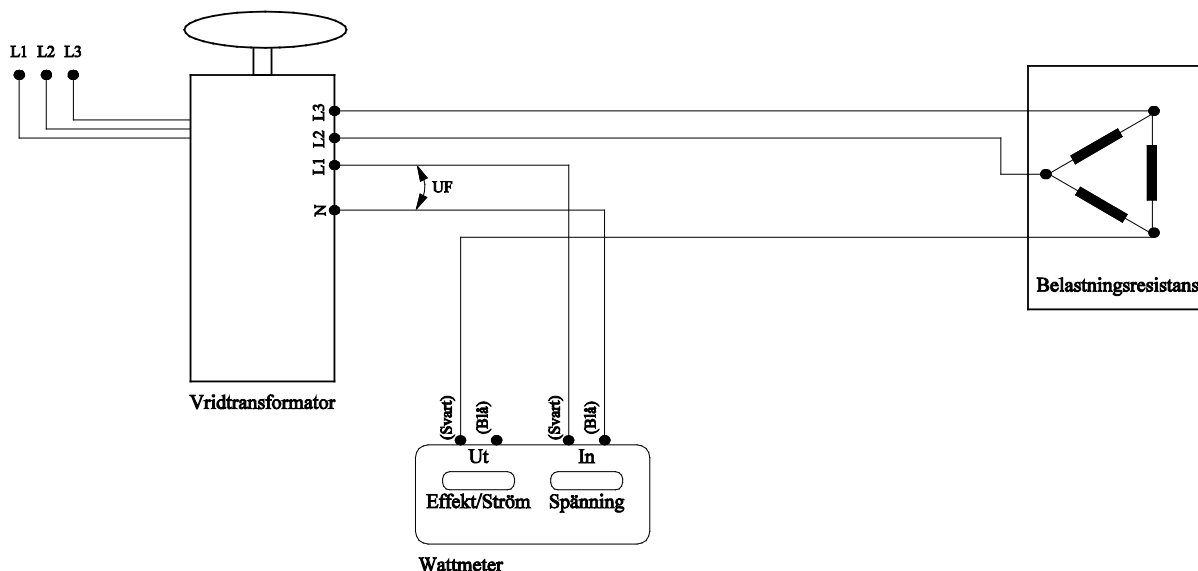
Skillnaden mellan ovanstående bör inte överstiga några få volt om allt fungerar som det ska. (Några faktorer som kan påverka noggrannheten negativt är dock: Bestämningen av R_{1K} , osymmetrisk belastning, osymmetri mellan faserna i transformatorn och användning av olika mätinstrument med olika kalibrering. 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.

5.7 Effektmätning med strömtransformator

Ni ska nu koppla upp en enkel krets och mäta effekt med en wattmetermetoden med och utan strömtransformator för att illustrera principen. Koppla därför först ihop utrustningen enligt Figur 18 nedan. **OBS! Se till att spänningen är avslagen från nätet!!** Vrid upp spänningen med vridtransformatorn så att spänningen U_F blir ca 100 V. Slå på 3-fas-lasten, t.ex. i snäppläge 3 och avläs effektförbrukningen.



Figur 18. Mätning av 3-fas effekt med hjälp av strömtransformator, steg 1.

$$U_F = \dots\dots\dots V$$

$$P = \dots\dots\dots W$$

Vrid ned vridtransformatorn till noll och stäng av !!! Koppla därefter om kretsen enligt Figur 19 istället. Använd 50A ingången på transformatorns ned-sida.

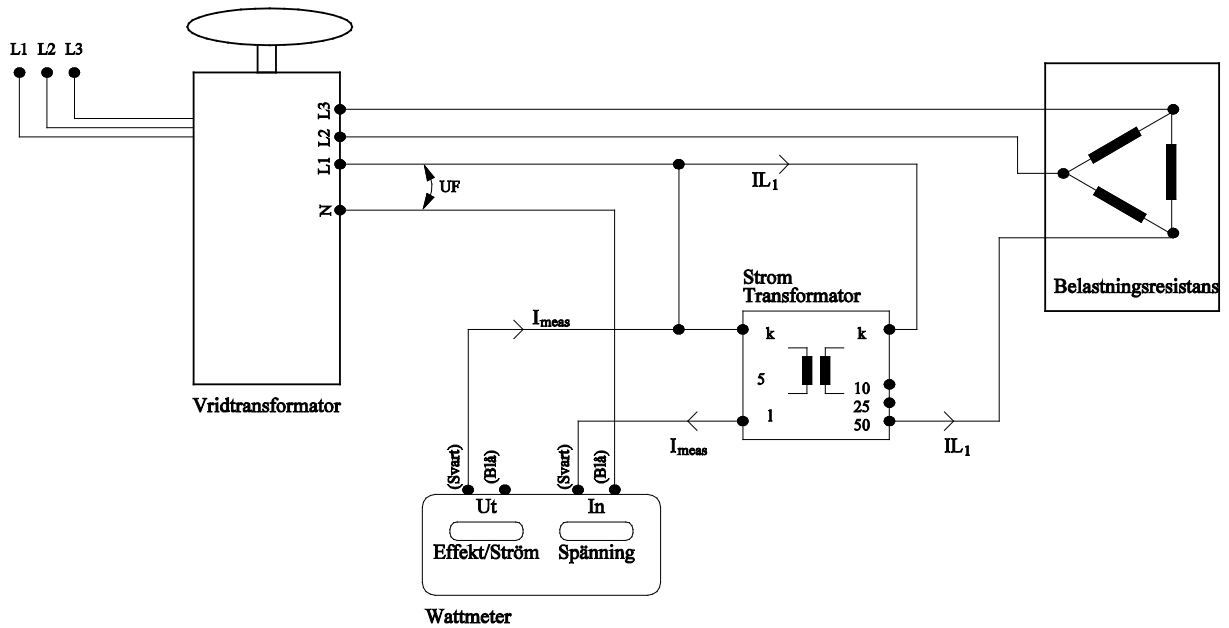
Vad blir k_{skala} ? (Se sid: 6)

$$k_{skala} = \dots\dots\dots$$

Vilken effekt borde visas på wattmetern när strömtransformatorn används på det sätt som beskrivs i kopplingsschemat?

$$P_{avläst} = \dots\dots\dots W$$

Vrid upp spänningen med vridtransformatorn så att spänningen U_F blir samma som utan strömtransformator. Slå på 3-fas-lasten. Använd samma snäppläge som tidigare och avläs den ”nya” effektförbrukningen.



Figur 19. Mätning av 3-fas effekt med hjälp av strömtransformator, steg 2.

$U_F = \dots\dots\dots V$

$P_{avläst} = \dots\dots\dots W$

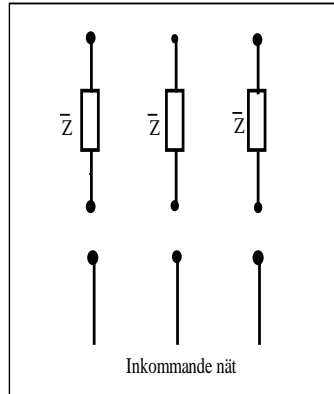
Resultat:

För teori kring mätning med strömtransformatorn se sid: 6. Notera dock att vi i vårt mät-exempel har en wattmeter med ihopkopplade utgångar för ström- och spänningsspolen. Därför syns inte explicit fördelen med att utrustningen är galvaniskt isolerad från mätobjektet. Vi kan dock konstatera att strömmen som går genom wattmetern är betydligt lägre än den ursprungliga strömmen vilket visar nytta med att använda strömtransformator vid mätning på högspänningsledningar.

Vrid ned vridtransformatorn till noll och stäng av !!! Tag bort alla sladdar och städa upp på labbplatsen.

6 Förberedelseuppgifter

- I. Rita in i figuren och visa hur belastningsimpedanserna sammankopplas för att de ska bli D-kopplade och anslutas till nätet.



- II. En Dyn-kopplad trefastransformator har märkspänning U_{1M} resp. U_{2M} . Vilken spänning fås om transformatorn matas med U_{1M} på primärsidan men istället:

- a) Dd-kopplas: $U_{20} = \dots\dots$
 b) Yd-kopplas: $U_{20} = \dots\dots$
 c) Yyn-kopplas: $U_{20} = \dots\dots$

- III. Beräkna trefastransformatorns märkström på primärsidan I_{1M} och sekundärsidan I_{2M} , om märkeffekten (skenbar) är $S_M = 2000 \text{ VA}$ och märkspänning $U_{1M} = U_{2M} = 220 \text{ V}$.

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

- IV. Belastningsgraden x är ju kvoten mellan uttagen ström och märkström.

Beräkna strömmen I_2 för belastningsgraderna: $x = \frac{1}{4} : \frac{1}{2} : \frac{3}{4} : \frac{1}{1} : \frac{5}{4}$

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

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

- V. 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_K)

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)