



FORDONSSYSTEM/ISY

## LABORATION 3

# *Lik- och Växelriktning*

*Tyristorlikriktare, step-up/down  
och körning med frekvensriktare*

(Ifylles med kulspetspenna )

<b>LABORANT:</b>
<b>PERSONNR:</b>
<b>DATUM:</b>
<b>GODKÄND:</b> (As sistents ign)

2019-02-18

**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 omfattar undersökning av **tyristorlikriktare**, enpuls-trepuls,-sexpuls, samt undersökning av en **frekvensomriktare** för motordrift.

Den grundläggande teoretiska behandlingen finns i kurslitteraturen. Som **förberedelse** ska du ha behandlat **alla** förberedelseuppgifter till labben. Frågor angående laborationen besvaras av ansvarig assistent eller examinator. Förberedelseuppgifterna visas för assistenten vid laborationens början.

## 2 Tyristorlikriktare, enpuls

En enpulslikriktare i enpulskoppling belastas resistivt av en lampa och likspänningens utseende och storlek undersöks vid olika storlek på tändvinkeln. För att studera likspänningen används *Scopemeter*, som kan visa spänningens utseende och spänningens likriktade medelvärde. Den teoretiska beräkningen ingår i förberedelseuppgiften.

### Utrustning :

- Styrdon
- Tyristorenhet
- Lampa (L)
- Scope-meter (oscilloskop och voltmeter i samma instrument)

### Kort handledning för mätinstrumentet Scope-meter:

1. Starta Scopemeter med ON/OFF knappen
2. Anslut en signal via den röda oscilloskopproben till kanal A.
3. Tryck på SCOPE och därefter på funktionen AUTOSET.
4. Bildskärmen visar nu en bild av signalen som är ansluten till kanal A. Upptill på skärmen visas data för amplitud, prob, tidbas och trigg.
5. Tryck på knappen METER.
6. Scopemeter antar automatiskt grundinställningen  
Ingång: Kanal A  
Funktion: Volt med separat växel- och likspänningskomponent.
7. Skulle bilden på skärmen "fladdra" förbi kan det bero på att triggsignalen måste justeras. Tryck TRIGGER och justera med pil upp eller pil ner till höger på panelen.

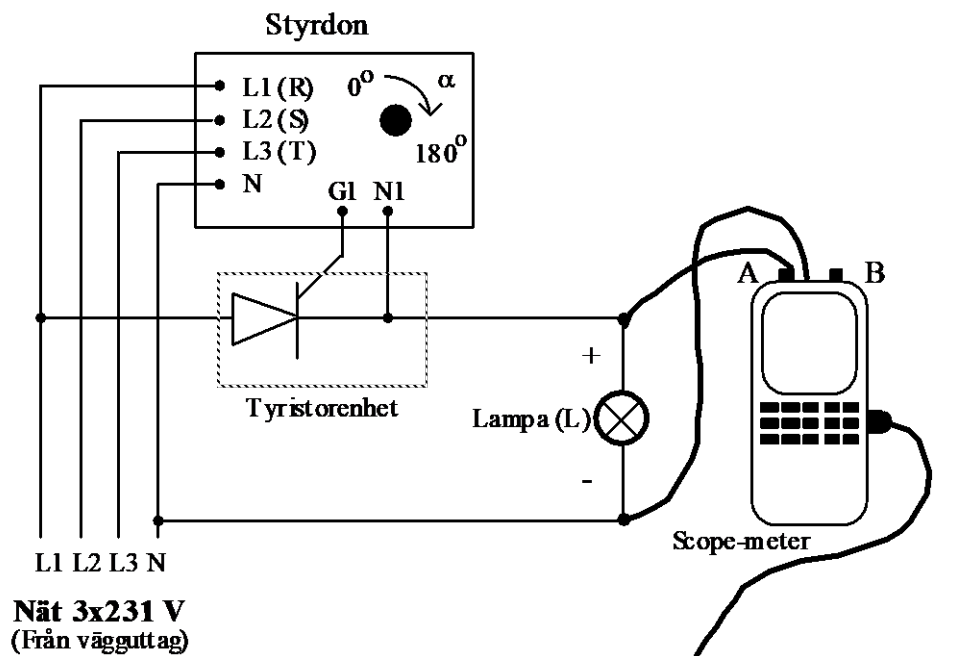
## 2.1 Uppkoppling

Se till att spänningen är avstängd från vägguttaget under kopplingsarbetet!

Låt assistenten kontrollera kopplingen när du är klar.

Koppla enligt Figur 1 nedan. Anslut matningsspänningen och koppla in tyristor, lampa, och scope-metern. Koppla på den **undre** raden på styrenheten.

Sätt REF knappen på styrdon i läge  $U_F$



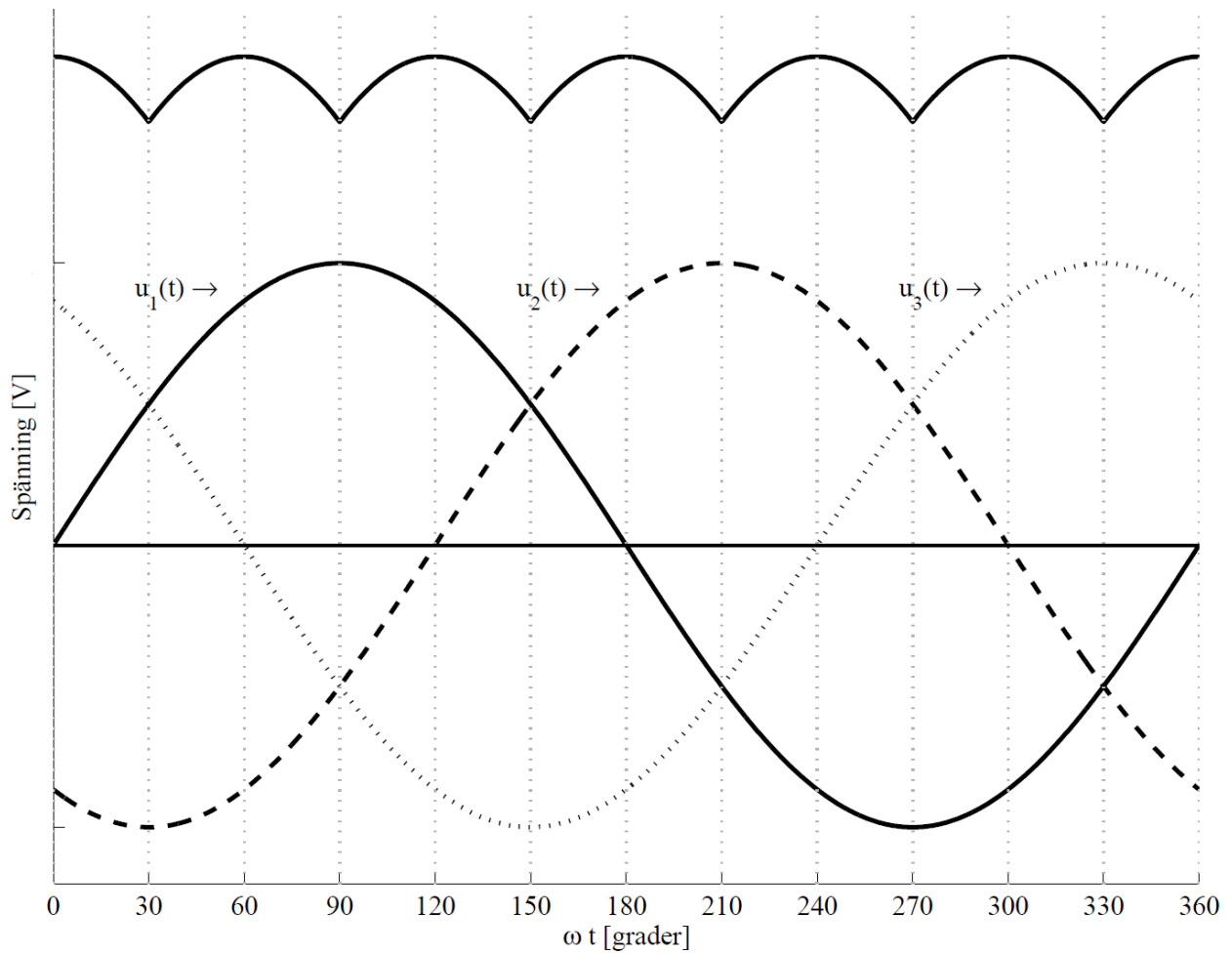
Figur 1. Enfas enpuls tyristorlikriktare

## 2.2 Mätning

- Studera spänningen över lasten (lampan) med scope-metern för olika tändvinklar. (Likriktat medelvärde och RMS)
- Ställ in vinkelratten så att oscilloskopsbilden stämmer med  $90^\circ$  tändvinkel.  
**Notera:** Vinkelratten på styrdonet är inte linjär, använd oscilloskopsbilden för att ställa in rätt tändvinkel.
- Avläs medelspänningen och jämför med förberedelseuppgiften
- Rita oscilloskopsbilden av likspänningens momentanvärde över lasten på nästa sida. Gradera axlarna och markera den uppmätta medelvärdesnivån i grafen.



**Oscilloskopbild vid enpuls likriktarbrygga och 90°-tändvinkel**  
Fyll i figuren enligt 2.2 d).

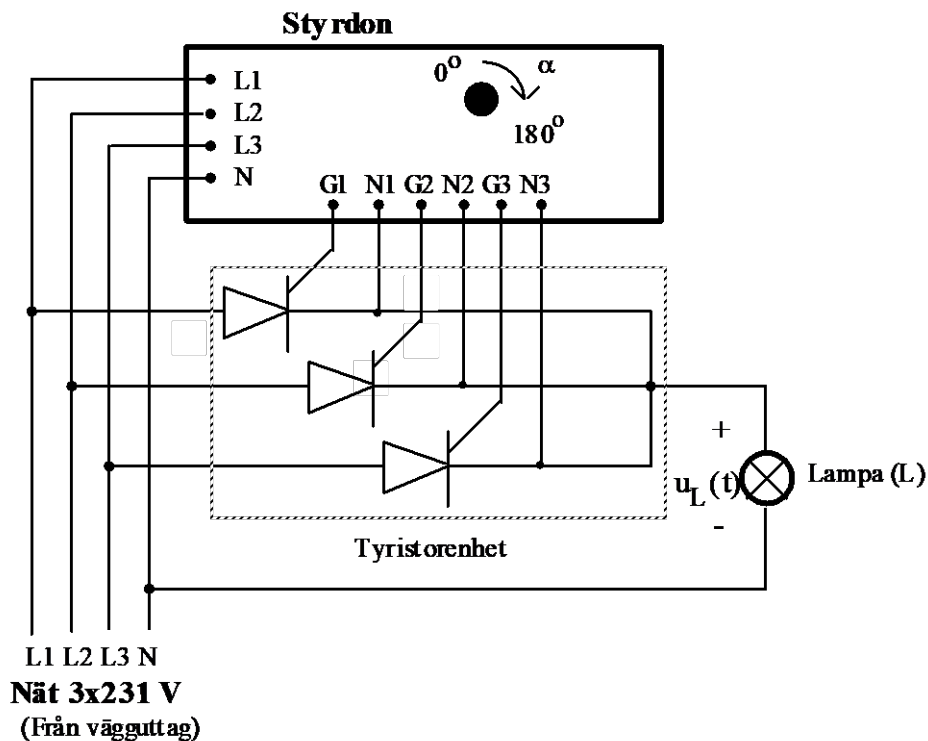


### 3 Tyristorlikriktare, trepuls 1-vägs styrd likriktare

En trepulsl rikriktare i trepulsskoppling belastas resistivt. Likspänningens utseende och storlek undersöks vid olika storlek på tändvinkeln. Även här ska ni studera spänningens utseende och spänningens likriktade medelvärde.

#### 3.1 Uppkoppling

Anslut de andra två tyristorerna på samma sätt som i föregående uppgift så att ni får en styrd trepulsl rikriktare, enligt *Figur 2*.

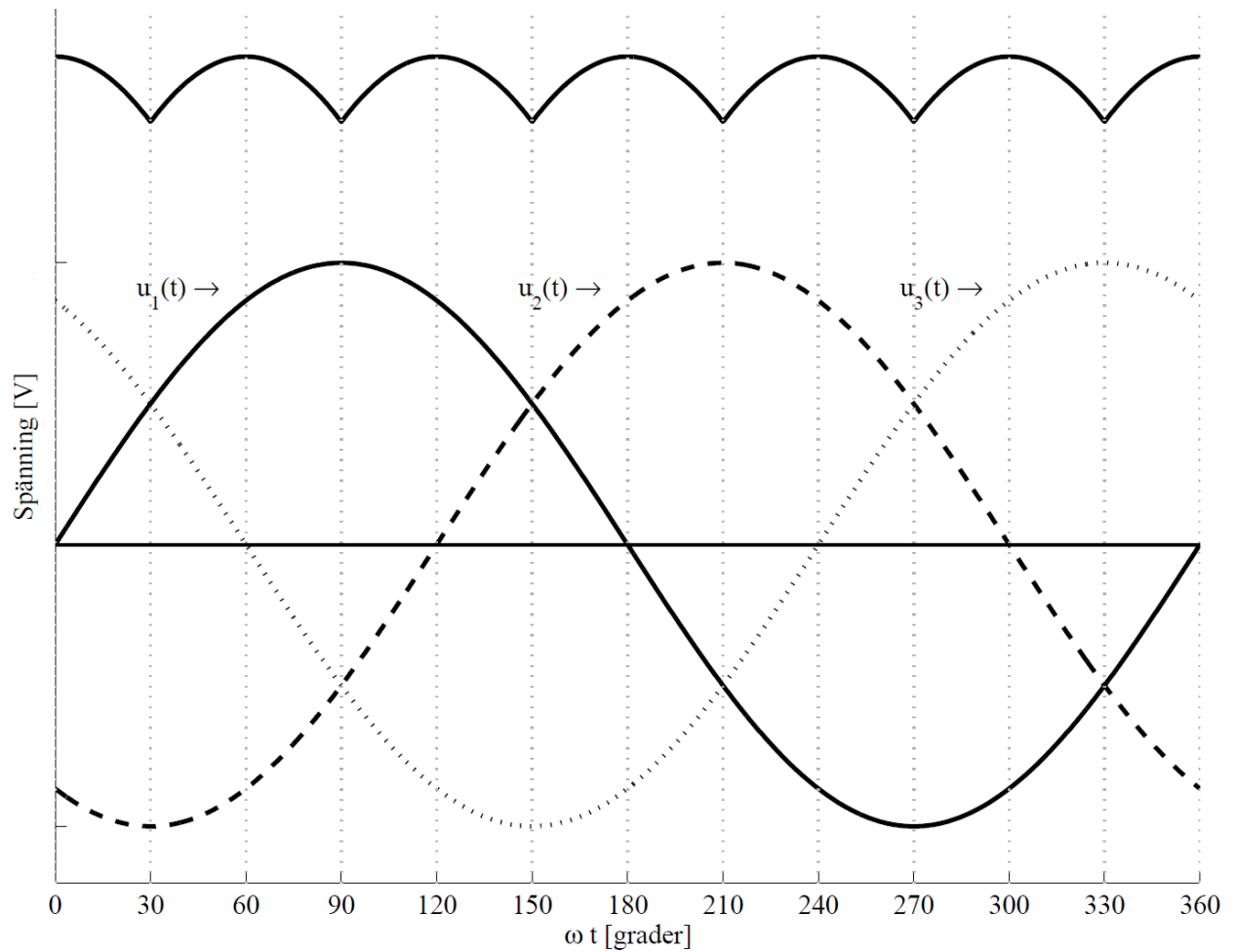


*Figur 2. Trefas trepuls tyristorlikriktare*

#### 3.2 Mätning

- Studera spänningen över lasten (lampan) med scope-metern för olika tändvinklar. (Likriktat medelvärde och RMS)
- Ställ in vinkelratten så att oscilloskopsbilden stämmer med 60° tändvinkel.  
**Notera:** Vinkelratten på styrdonet är inte linjär, använd oscilloskopsbilden för att ställa in rätt tändvinkel.
- Avläs medelspänningen och jämför med förberedelseuppgiften
- Rita oscilloskopsbilden av likspänningens momentanvärde över lasten på nästa sida. Gradera axlarna och markera den uppmätta medelvärdesnivån i grafen.

**Oscilloskopbild vid trepuls likriktarbrygga och 60°-tändvinkel**  
Fyll i figuren enligt 3.2 d).

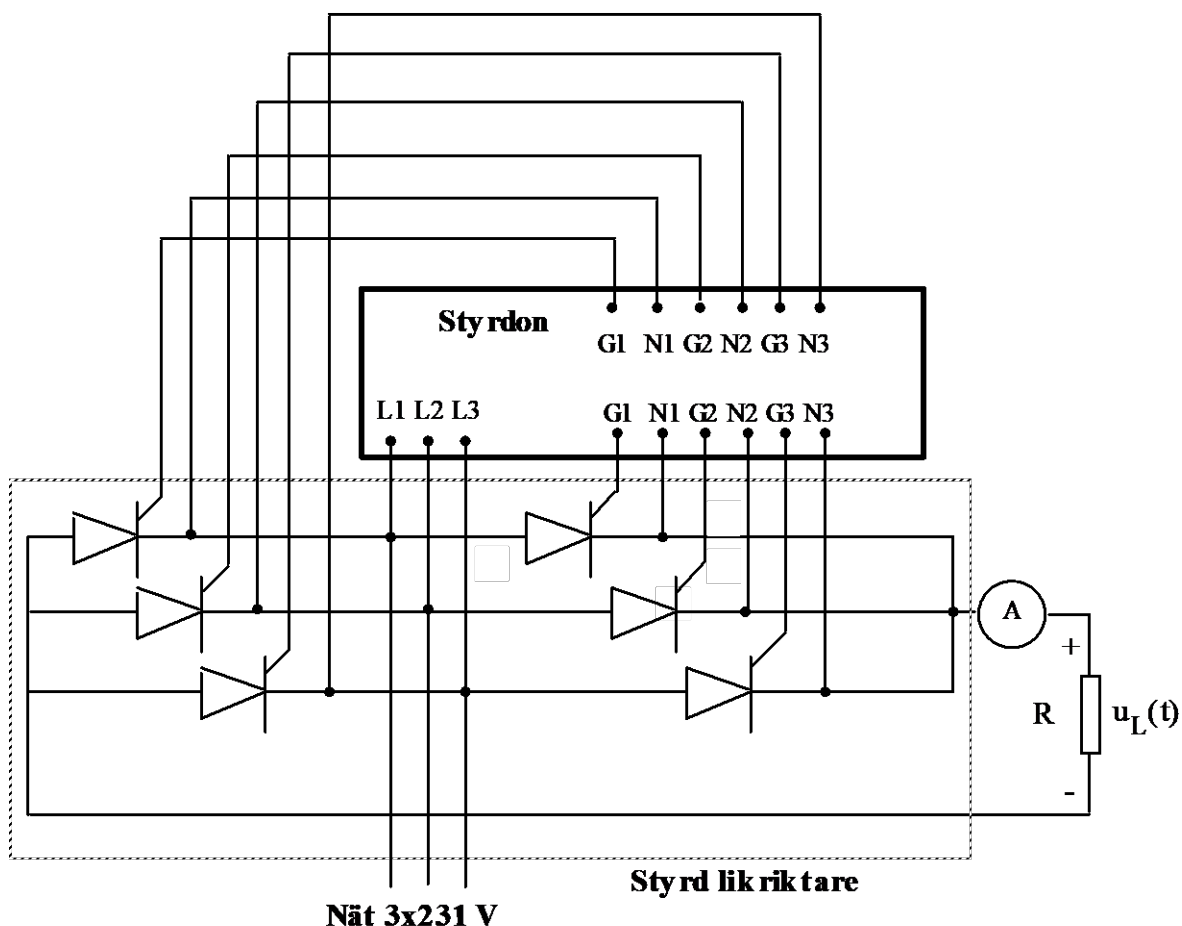


## 4 Tyristorlikriktare – trefas, sexpuls, 2-vägs, styrd likriktare

### 4.1 Uppkoppling

I denna koppling är ytterligare tre tyristorer inkopplade till styrdonet. Koppla som förut och använd Figur 3 nedan som hjälp.

För att skapa en stor resistans så kopplas tre glödlampor i serie.



Figur 3 Sexpulskoppling eller trefas, sexpuls, 2-vägs, styrd likriktare.

### 4.2 Mätning

- Studera spänningen över lasten (lampan) med scope-metern för olika tändvinklar. (Likriktat medelvärde och RMS)
- Starta alltid med tändvinkeln  $\alpha = 180^\circ$ , dvs fullt medurs på panelen.**  
**Notera:** Vinkelratten på styrdonet är inte linjär, använd oscilloskopsbilden för att ställa in rätt tändvinkel.
- Avläs medelspänningen och jämför med förberedelseuppgiften
- Rita oscilloskopsbilden av likspänningens momentanvärde över lasten **för  $0^\circ$  tändvinkel** på nästa sida. Gradera axlarna och markera den uppmätta medelvärdesnivån i grafen.
- Studera spänningen över lasten med scope-metern för olika styrvinklar. Vilken maximal likspänningsnivå kan erhållas?

f) Vad blir maximala medelvärdet av likspänningen?

**Beräknat:**

$U_{Lber} = \dots\dots\dots V$

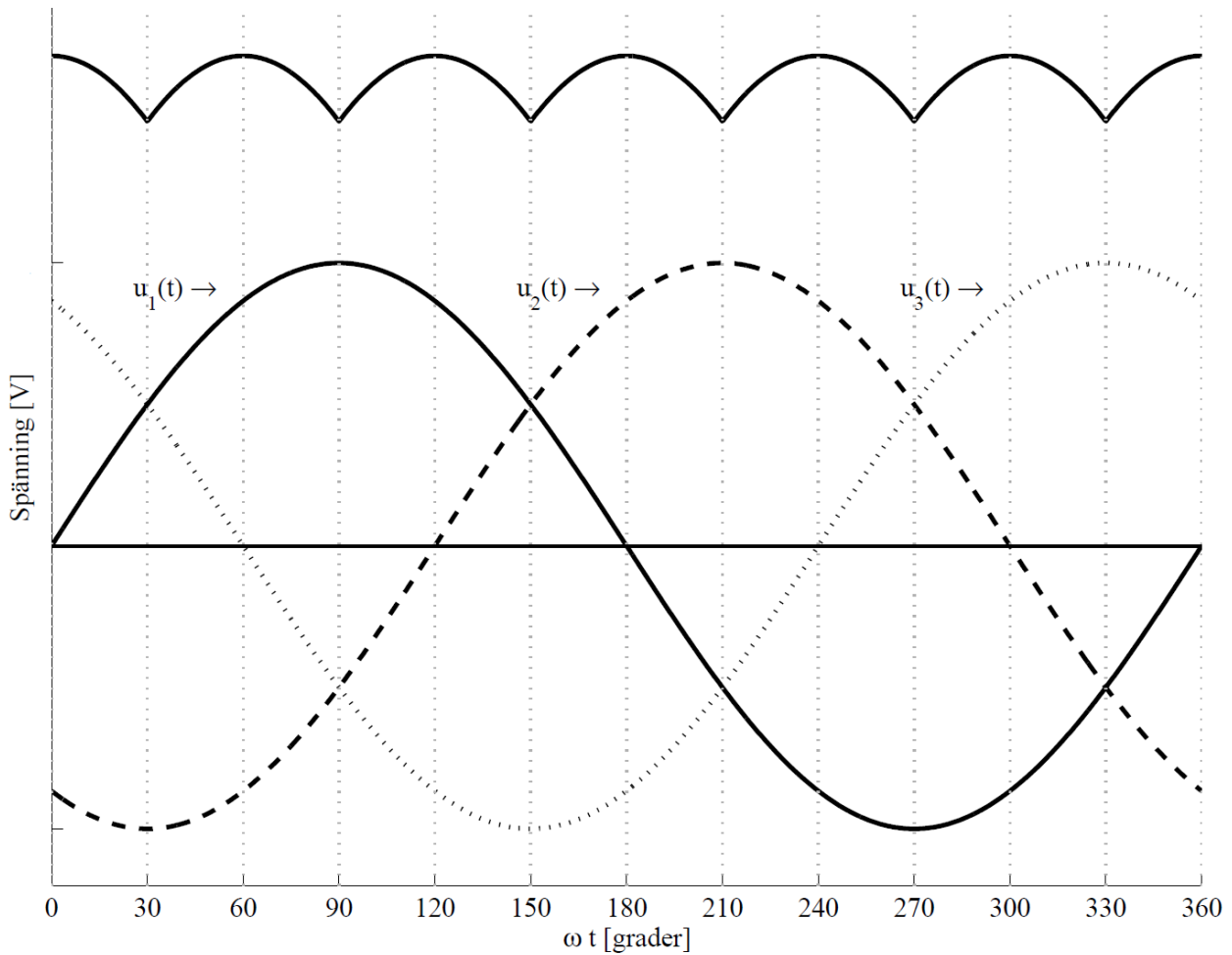
**Uppmätt:**

$U_{Lmätt} = \dots\dots\dots V$

g) Rita i samma figur princip-utseende för spänningen från en likriktare med en glättningskondensator.

h) Vad blir det likriktade medelvärdet för en spänningsstyv koppling? (Dvs en likriktare med oändligt stor glättningskondensator)

$U_{L,MAX} = \underline{\hspace{2cm}}$



## 5 Frekvensomriktaren

### 5.1 Lite teori

Varvtalsändring av asynkronmaskinen kan i princip ske på tre olika sätt, nämligen ändring av eftersläpningen, ändring av poltalet och ändring av frekvensen. I denna laboration får du bekanta dig med varvtalsändring med rotorpådrag och frekvensreglering.

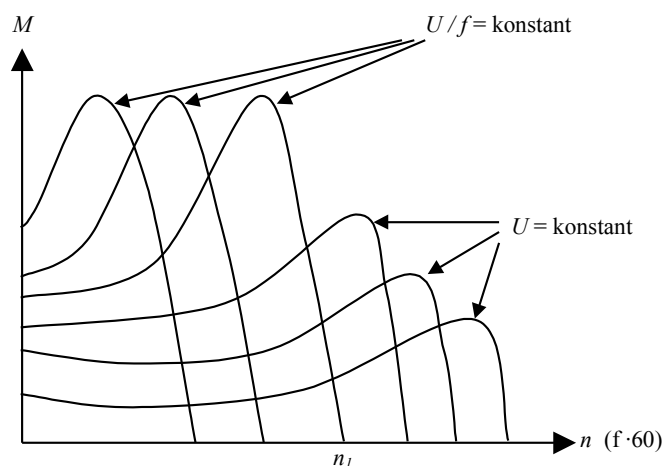
Vid ändring av frekvens behövs en elektronisk frekvensomriktare. I labbet finns en frekvensomriktare av märket Vacon, en labbhandledning för hur frekvensriktaren skall ställas in finns i slutet av laborationskompendiumet.

Enligt teorin så är spänningen  $U$  proportionell mot frekvensen  $f$ , vilket ger konstant flöde. Därför måste också spänningen minskas om frekvensen minskas så att:

$$U = k \cdot f \quad (k = \text{konstant})$$

Frekvensomriktaren begränsar på elektronisk väg strömstyrkan så att inställd strömgräns aldrig överskrids. Därmed får man också en automatisk startströmbegränsning.

Omriktaren är så konstruerad att  $U/f$  är konstant upp till nätfrekvensen. Detta innebär att konstant moment kan tas ut över hela frekvensområdet, se *Figur 4*. Vid frekvenser högre än nätfrekvensen är  $U$  konstant, dvs uttagbart moment minskar med ökande frekvens (konstant effekt). Varje frekvensvärde ger då en momentkurva enligt *Figur 4*.



*Figur 4: Asynkronmaskinens moment-varvtalskaraktäristik vid frekvensreglering*

### 5.2 Uppgiftsbeskrivning

Uppgiften går ut på att ställa in driftparametrar hos en frekvensomriktare, samt utföra mätningar på omriktaren vid drift av en kortsluten asynkronmotor. En kortfattad manual för att komma igång med frekvensriktaren finns bifogad på sista sidorna i labbkompendiumet.

### ***5.3 Uppkoppling***

Frekvensomriktaren ansluts till 3-fasnätet via kopplingsladdar från plintuttaget. Se till att spänningen är avslagen! Anslut frekvensomriktaren till asynkronmotorn (D-kopplad stator och kortsluten rotor).

### ***5.4 Labbhandledning Frekvensriktare***

Se appendix för information om hur inmatning av parametrar, start/stop, ändring av rotationsriktning samt ändring av frekvens går till.

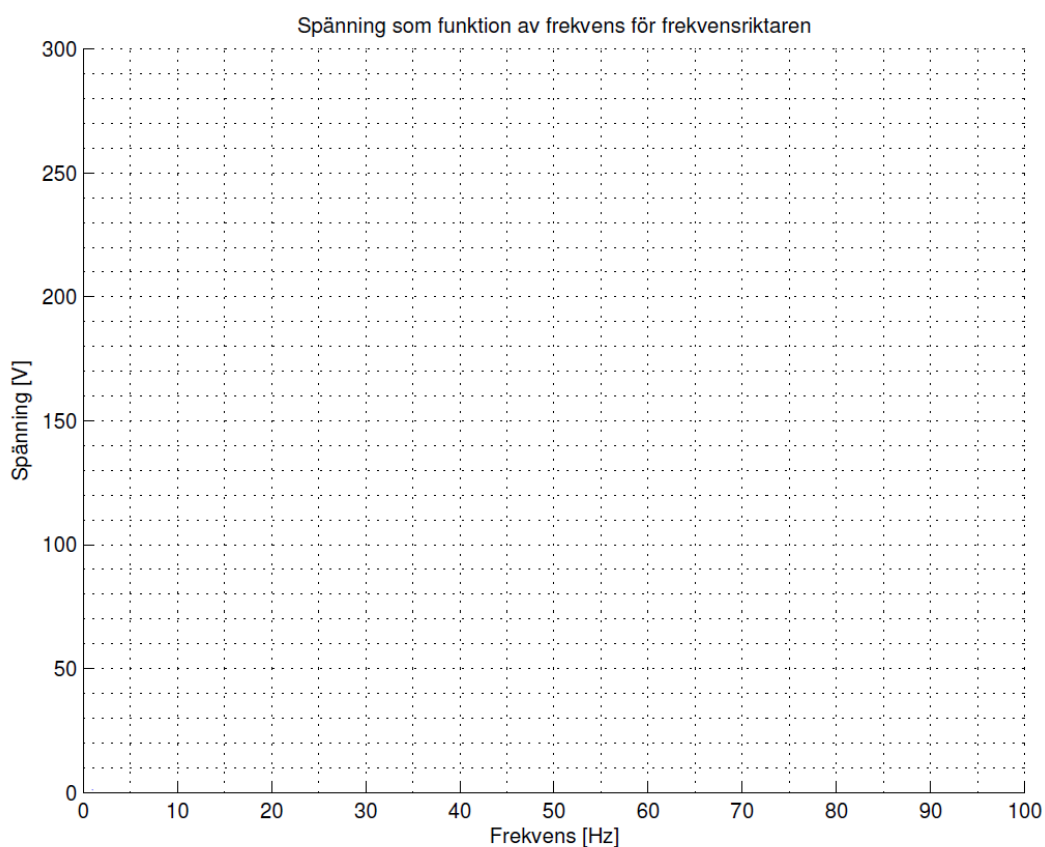
## 5.5 Experiment och mätningar

### Experiment 1 – Ändra rotationsriktning

- Starta asynkronmaskinen genom att trycka på den gröna knappen på frekvensriktaren.
- När maskinen har varvat upp, prova att byta rotationsriktning på asynkronmaskinen (detta kan göras under drift).

### Experiment 2 – Samband mellan frekvens och spänning

Tag upp sambandet mellan inställd frekvens och utspänning för omriktaren i frekvensområdet 0–80 Hz. Se till att displayed (börvärdessidan) visar spänning, ändra sedan frekvens från 0-80 Hz, lämpligen i steg om 10 Hz enligt tabellen nedan. Anteckna spänningen för respektive frekvens och fyll i grafen.



Figur 9 Frekvenskaraktäristik för frekvensomriktaren.

Frekvens	Spänning
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	



### Experiment 3 – Funktionskontroll strömgräns

I den här uppgiften ska ni pröva en av säkerhetsfunktionerna i frekvensriktaren, nämligen motorskyddet som ser till att maximal ström inte överskids. Kontrollera först att maxströmmen är korrekt inställd i frekvensriktaren (se Inställning av maxström i Labbhandledning Frekvensriktare).

Starta motorn och belasta den till över märkström. Vad händer?

.....

### Experiment 4 – Mätning av ström och spänning

Anslut Scopementern till en av faserna hos frekvensriktaren. Starta motorn och kör den i tomgång. Försök ställa in Scopemetern så att ni ser en hel period, använd **Hold**-knappen för att pausa bilden så att ni ser ordentligt.

**Notera:** Det är osannolikt att oscilloscopets Auto-set gör ett bra jobb för just denna mätning så prova med att ändra trig-nivå, x-skala, y-skala och mellan AC/DC-läget.

Ser spännings-signalen sinus-formad ut? .....

Stäng av motorn och koppla in den lilla resistans-boxen. Boxen innehåller 3 resistaser på  $0.1\Omega$  och som skall **seriekopplas** med de tre fasledarna. På detta sätt så kan linjeströmmarna mätas med hjälp av Scope-metern. **Se till att få kopplingen godkänd av assistenten före ni utför experimentet.**

Ser ström-signalen sinus-formad ut? .....

Pröva gärna olika skalor och olika lägen på oscilloskopet för att försöka se hur frekvensriktaren arbetar.

#### **OBS:**

**Resistanslådorna tål endast begränsad effekt så säkerställ att motorn körs i tomgång och kör endast under begränsad tid. Var observant på lukt som indikerar att något håller på att bli för varmt.**

### Experiment 5 – Kontroll av likspänningsnivå

Ställ om visning på ett av displayens små fält till att visa likspänningsnivån, kontrollera detta vid tomgångsdrift och märkfrekvens. Med tanke på vilken likspänningsnivå som frekvensriktaren skapar, vilken typ av likriktare är implementerad i konstruktionen?

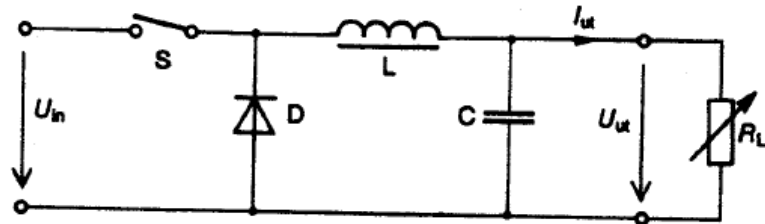
Observerad likspänningsnivå: ..... V

Typ av likriktare i konstruktionen: .....

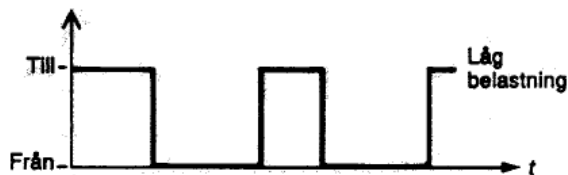
## Step Down-omvandlaren

Step Down innebär att  $U_{ut} < U_{in}$ . Funktionsprincipen framgår av schemat nedan.

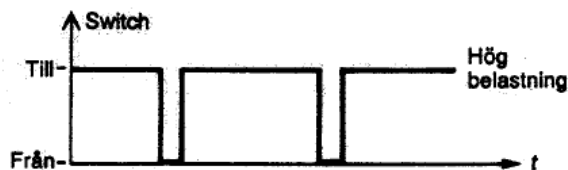
*Step Down-omvandlare i princip*



$U_{in}$  är en likspänning som hackas sönder av switchen S med en viss pulskvot  $\delta = T_{till} / T$  där  $T = T_{till} + T_{från}$ .

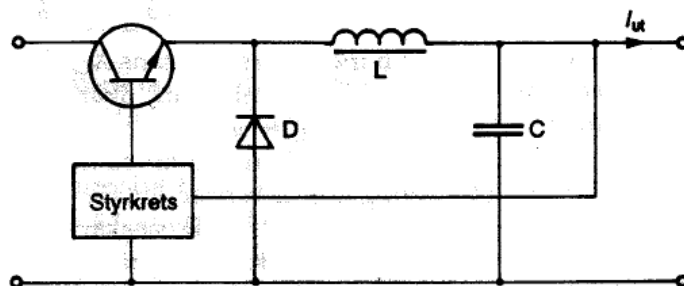


*Exempel på pulskvoter vid olika belastningar*



Ett kompletterat schema över Step Down-omvandlaren visas här:

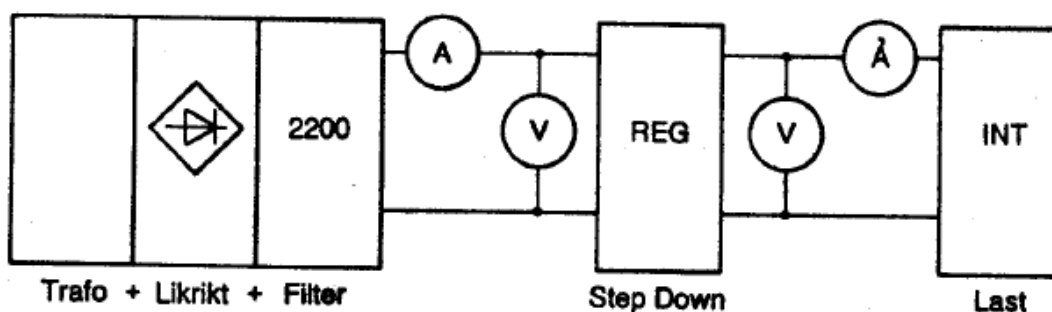
*Step Down-omvandlare med switchtransistor och styrning*



Switchen S är i själva verket en transistor som styrs av en styrkrets. Styrkretsen känner av utspänningen och ökar pulskvoten om spänningen pga belastning vill sjunka. Därmed hålls utspänningen konstant oavsett belastningsgraden.

**Experiment - Funktionskontroll och verkningsgrad step down-omvandlare**  
 Step down-modulen skall ge  $U_{ut}=12V$ . Observera att fullast ( $x=100\%$ ) motsvarar  $0,8 A$  för denna modul.

- Koppla enligt nedanstående schema.
- Använd lämpliga instrument.
- Transformatorns (Trafo i bild) sekundärlindningar **skall vara parallellkopplade**.



Figur 5 Uppkoppling av step down-omvandlaren

1. Mät strömmarna och spänningarna vid varierande belastningsgrad enligt tabellen.

Belastning	$U_{in} / V$	$I_{in} / A$	$P_{in} / W$	$U_{ut} / V$	$I_{ut} / A$	$P_{ut} / W$	$\eta / \%$
10 %							
25 %							
50 %							
75 %							
100 %							
125 %							

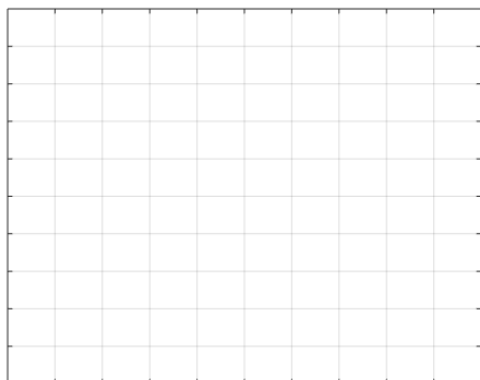
2. Beräkna och komplettera tabellen med omvandlarens ineffekt, uteffekt samt verkningsgrad.
3. Beskriv hur verkningsgraden beror av belastningens storlek.

.....

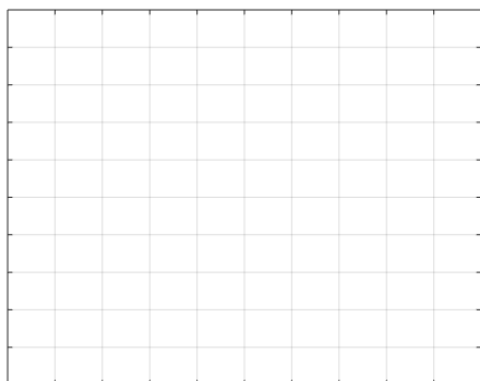
**Experiment – Pulskvotens beroende av belastningen**

Mät med oscilloskop i punkt M4. Rita av oscilloskopbilden vid 25%, 75% och 125% belastning. Beräkna pulskvoten med hjälp av oscilloskopbilderna. Gradera axlarna i samtliga grafer.

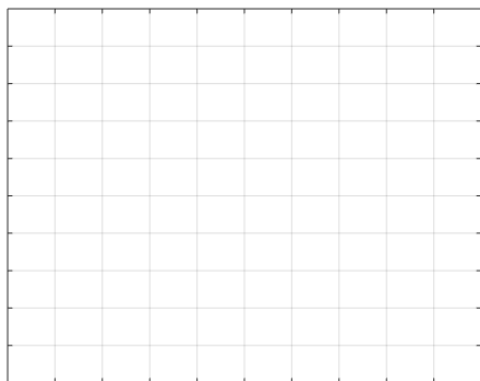
25 % belastning



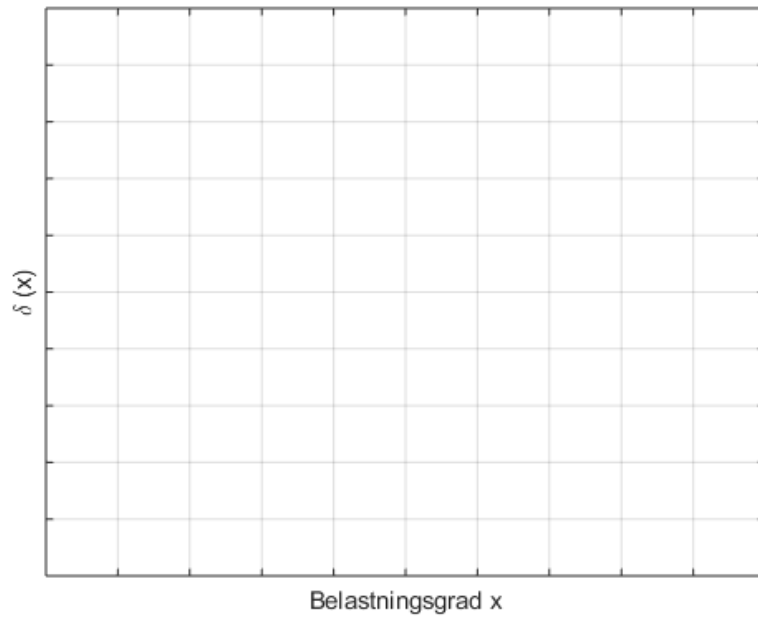
75 % belastning



125 % belastning



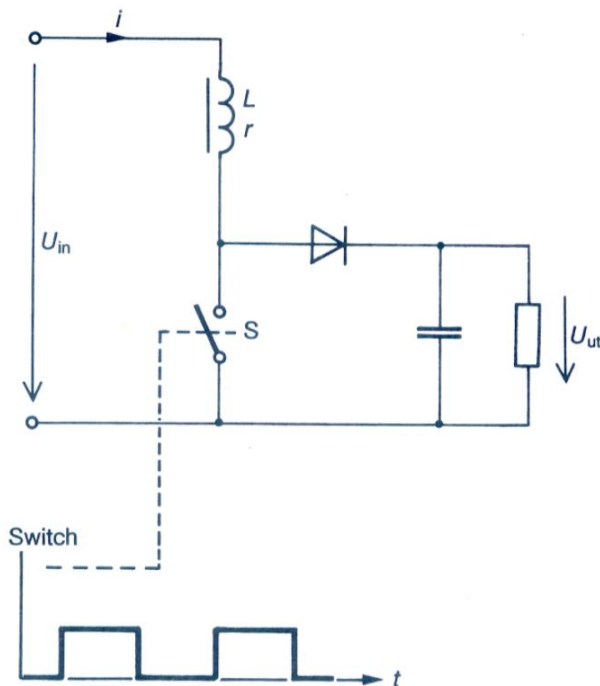
Rita  $\delta$  som funktion av belastningsgraden. Kommentera!



Kommentar: .....

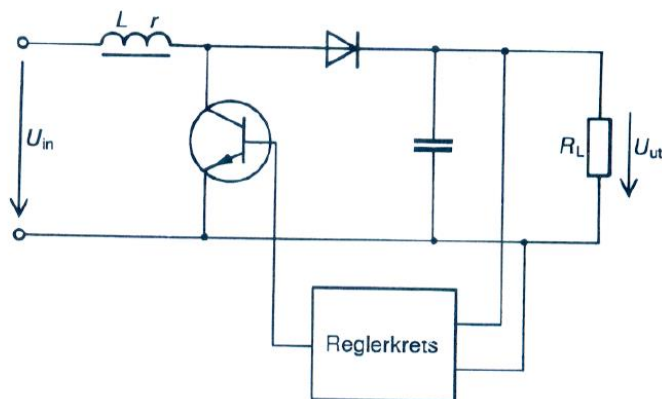
## Step Up-omvandlaren

Step Up-omvandlarens utspänning är större än dess inspänning. Därav namnet.



Figur 6 Principschema för step up-omvandlare.

Varje gång switchen  $S$  slår till, lagras energi i drosseln  $L$ . När switchen öppnar blir  $U_{ut} = U_{in} +$  den spänning som induceras i drosseln. Inom vissa gränser gäller sambandet  $U_{ut} = U_{in} / (1 - \delta)$  där  $\delta$  är pulskvoten (jfr. med sid. 16). Precis som i Step Down-omvandlaren utgörs switchen av en transistor som styrs av en reglerkrets som känner av utspänningen. Vid ökat strömuttag ökas pulskvoten för att utspänningen skall kunna hållas konstant.

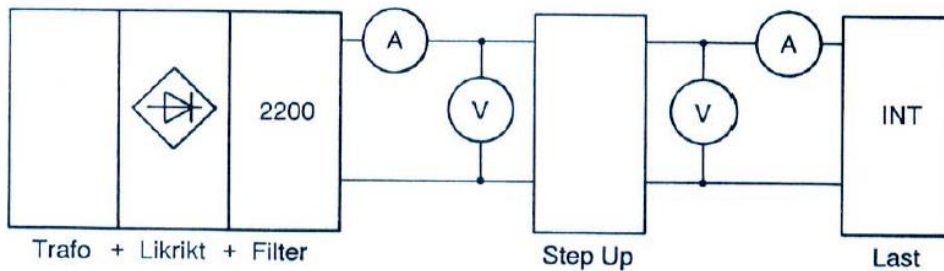


Figur 7 Blockschema step up-omvandlare

**Experiment - Funktionskontroll och verkningsgrad step up-omvandlare**

Step Up-modulen skall ge utspänningen 36 V. Observera att fullast (x=100%) motsvarar 0,2 A för denna modul.

- Koppla enligt nedanstående schema.
- Använd lämpliga instrument.
- Transformatorns (Trafo i bild) sekundärlindningar **skall vara parallellkopplade**.



Figur 8 Uppkoppling step up-omvandlare

1. Mät strömmarna och spänningarna vid varierande belastningsgrad enligt tabellen.

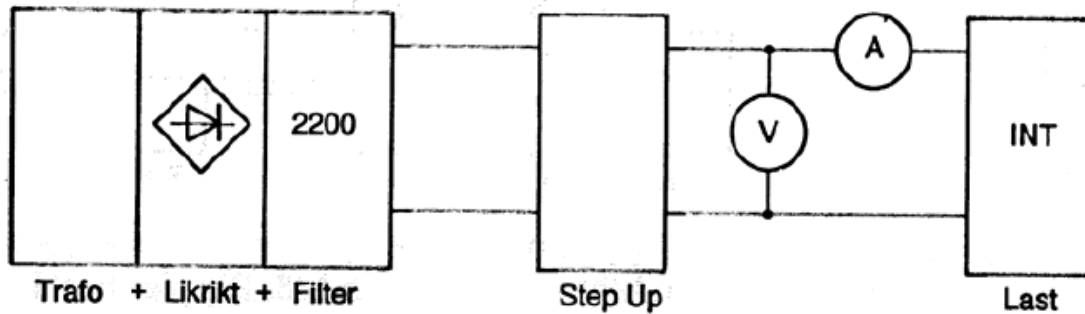
Belastning	$U_{in} / V$	$I_{in} / A$	$P_{in} / W$	$U_{ut} / V$	$I_{ut} / A$	$P_{ut} / W$	$\eta / \%$
%							
25 %							
50 %							
75 %							
100 %							
125 %							

2. Beräkna och komplettera tabellen med omvandlarens ineffekt, uteffekt samt verkningsgrad.
3. Beskriv hur verkningsgraden beror av belastningens storlek

4. Vad händer med  $U_{Ut}$  då belastningen ökar från 25% till 100%?

### Experiment – Pulskvoten

Genom att studera switchtransistorns styrspänning skall du nu mäta pulskvoten vid några olika belastningsgrader.



Figur 9 Uppkoppling step up för mätning av pulskvot.

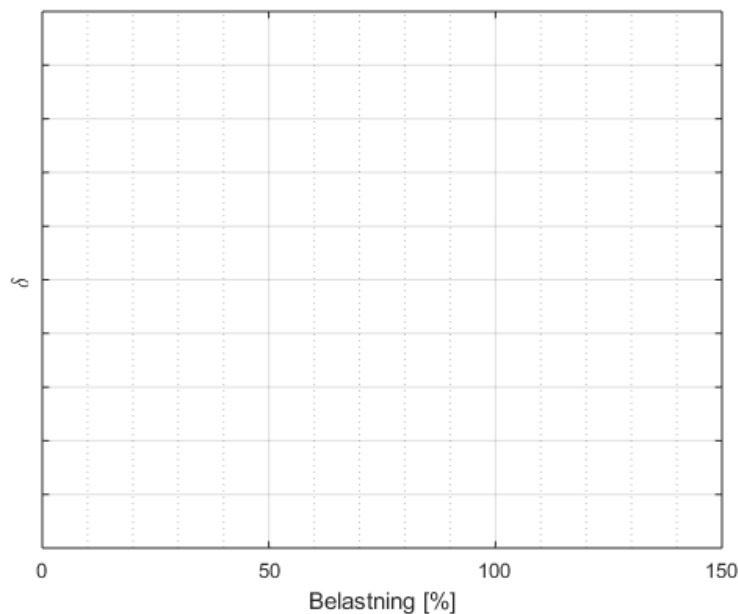
1. Koppla oscilloskopet till M5-M4 för att mäta styrspänningen.

Mät switchperioden  $T = \dots\dots\dots$

2. Mät tiden för switchen i till-läge,  $T_{\text{till}}$ , vid varierande last.

Belastning	$T_{\text{till}}$	$\delta$
50 %		
75 %		
100 %		
125 %		

3. Beräkna pulskvoten och skriv in värdena i tabellen och gradera y-axeln.
4. Rita  $\delta$  som funktion av belastningen, gradera y-axeln. Kommentera!





## Förberedelseuppgifter

(Uppvisas för assistenten vid laborationens början)

---

- I. Rita en envägs, enpuls likriktare med tyristorer samt spänningens utseende över en resistiv last för tändvinkel  $90^\circ$ . Beräkna också medelvärdet av spänningen över lasten om likriktaren ansluten till fasspänningen 133 V, 50 Hz. (redovisa beräkningarna för spänningens medelvärde)

- 
- II. Rita ett schema för en envägs trepuls tyristorlikriktare, samt skissa utspänningens utseende vid resistiv last och vid tändvinkel  $60^\circ$  när likriktaren är ansluten till fasspänningen 133 V, 50 Hz. Beräkna också medelvärdet av utspänningen, om likriktaren ansluten till fasspänningen 133 V, 50 Hz. (redovisa beräkningarna för spänningens medelvärde)

- 
- III. Beräkna medelvärdet  $U_L$  för en sexpulskoppling med tyristorer och  $\alpha = 0^\circ$  och huvudspänningen 231 V, 50 Hz. För in det beräknade medelvärdet på sid 8. (redovisa beräkningarna för spänningens medelvärde)

- 
- VI. Läs igenom manualen Labbhandledning Frekvensriktare innan labben för att få förståelse för vad frekvensriktaren kan användas till.

## Labbandledning Frekvensriktare



### Inledning

På frekvensriktaren finns det en display med ett antal tryckknappar, samt 6 stycken kontakter. De tre röda kontakterna skall användas för att ansluta asynkronmaskinen, de 3 svarta kontakterna skall anslutas till 3-fas vägguttaget.

## Uppkoppling och inmatning av parametrar

**Slå av strömmen på labbänken** Stäng av strömmen med den huvudbrytare som sitter till vänster på labbänkens elkraftuttag.

**Koppla in sladdarna** När sladdarna har anslutits till frekvensriktaren samt asynkronmaskinen så kan strömmen på labbänken slås på.

**Slå på strömmen** När frekvensriktaren har startat så visar displayed en sida kallad Panelbörvärde (även kallat "Börvärdessida" i menyerna), det är denna sida vi kommer att använda för att styra asynkronmaskinen. Före asynkronmaskinen får startas så måste driftparametrarna matas in i frekvensriktaren.

### Inmatning av parametrar

1. Tryck på knappen BACK/RESET
2. Välj Snabbinställningar i menyn, tryck på OK
3. Välj Guider - Startup guide - Aktivera
4. Mata in följande parametervärden. Välj parametervärde med upp/ner-pilarna på displayen, bekräfta med OK, nästa inmatningsparameter blir då begärd:

Språk	Svenska
Startguide?	Ja
Applikation	Standard
Motortyp	Asynkronmotor
Märkspänning	MOTORNS MÄRKSPÄNNING
Motormärkffrekvens	MOTORNS MÄRKFREKVENS
Motormärkvarvtal	MOTORNS MÄRKVARVTAL
Märkström	MOTORNS MÄRKSTRÖM
Motor Cos( $\Phi$ )	MOTORNS ANGIVNA EFFEKTFAKTOR
Min Frekvens Referens	MIN FREKVENS
Max Frekvens Referens	MAX FREKVENS
Accelerationstid	5s (kommer ej att användas under labben)
Retardationstid	5s (kommer ej att användas under labben)
Applikationsguide	Ja
5. Fortsätt inmatningen i Applikationsguiden:  
Styrplats Panel
6. Tryck på OK och godkänn de inmatade parametrarna.

**Inställning av maxström** Tryck på BACK/RESET, välj Parametrar - Motorinställning - Gränser - Strömgräns, ställ där in den valda strömgränsen.

**Navigera till panelens börvärdessida** Navigera till panelens Börvärdessida genom att trycka på FUNCT-knappen och välja Börvärdessida.

**Inmatning klar** Inmatningen av parametrar är nu färdig och asynkronmaskinen kan startas.

## Starta och styra asynkronmaskinen

Efter att samtliga parametrar har matats in i frekvensriktaren, så kan asynkronmaskinen startas. Beskrivning av start, stopp och ändring av rotationsriktning:

**Starta asynkronmaskinen** Tryck på den gröna knappen nere till höger på displayen.

**Stoppa asynkronmaskinen** Tryck på den röda knappen nere till vänster på displayen.

**Ändra rotationsriktning** Från Börvärdessidan, Tryck på FUNCT, välj Ändra Riktning, Välj Reversering / Framåt, bekräfta med OK.

**Ändra frekvens** Markera Frekvens i displayed med hjälp av pilarna, tryck på OK, ändra frekvens med upp/ner-pilarna, bekräfta med OK.