

## Kortlaboration LIM

### Likströmsmätningar

I första delen av laborationen görs först några teoretiska beräkningar på en likströmskrets. I laboratoriet kopplas motsvarande likströmskrets upp och uppmätta värden jämförs med de beräknade. Den inledande delen syftar till att ge handgriplig förståelse av hur de vanligaste mätinstrumenten fungerar och används. Dessutom skall du fundera över de felkällor som finns vid mätningarna.

I andra delen av laborationen skall likströmsmotorns parametrar analyseras.

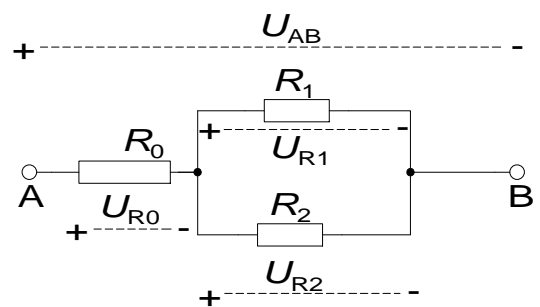
## 1 Kirchhoffs spänningslag

**Förberedelseuppgift:** Beräkna  $U_{R_0}$  och  $U_{R_1}$ . Räkna med:  $U_{AB} = 10V$ ,  $R_0 = 390 \Omega$ ,  $R_1 = 1000 \Omega$ ,  $R_2 = 130 \Omega$

$$U_{R_0} =$$

$$U_{R_2} \equiv U_{R_1} =$$

Det är väl självklart att  $U_{R_2}$  och  $U_{R_1}$  är identiskt samma spänning?



Beräknade värden	Uppmätta värden Analog multimeter	Uppmätta värden ScopeMeter
$U_{R_0} =$	$U_{R_0} =$	$U_{R_0} =$
$U_{R_2} \equiv U_{R_1} =$	$U_{R_2} \equiv U_{R_1} =$	$U_{R_2} \equiv U_{R_1} =$

Jämför de uppmätta värdena med de beräknade.

### Vilka felkällor finns vid mätningarna?

De teoretiska värdena är alla beräknade i en ideal värld. Då du jobbar med verklig utrustning har alla ingående komponenter en tillverknings tolerans och dina avläsningar är alla behäftade med viss osäkerhet.

Försök att bedöma osäkerheten i de uppmätta värdena.

Lista tolerans hos de olika komponenterna och övriga felkällor:

## 2 Kirchhoffs strömlag

### Förberedelseuppgift:

Vi söker strömmarna  $I_0$ ,  $I_1$  och  $I_2$

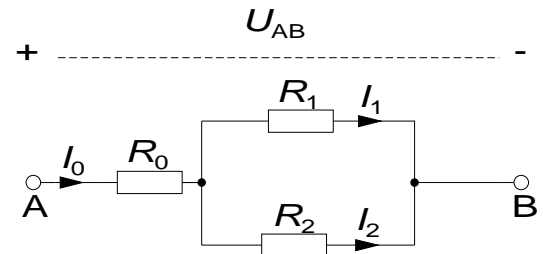
Räkna med:  $U_{AB} = 10V$ ,  $R_0 = 390 \Omega$ ,  $R_1 = 1000 \Omega$ ,

$R_2 = 130 \Omega$

$I_0 =$

$I_1 =$

$I_2 =$



Beräknade värden	Uppmätta värden Analog multimeter
$I_0 =$	$I_0 =$
$I_1 =$	$I_1 =$
$I_2 =$	$I_2 =$

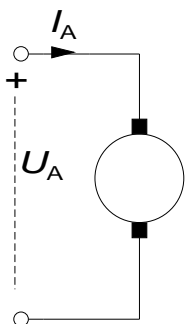
Jämför de uppmätta värdena med de beräknade.

Vad beror eventuella avvikelser på?

Svar:

## 3 Mätningar på Likströmsmotorn

### 3.1 Motorns modell



En likströmsmotor matas med ankarspänningen  $U_A$ . De grundläggande sambanden är:

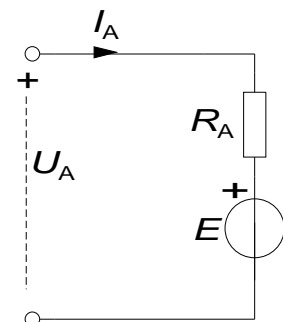
$$E = K_2 \Phi \cdot \omega \quad \text{Ekvation (1)}$$

$$M = K_2 \Phi \cdot I_A \quad \text{Ekvation (2)}$$

Ur det ekvivalenta schemat får vi dessutom:

$$U_A = R_A \cdot I_A + E \quad \text{Ekvation (3)}$$

Likströmsmotor



Ekvivalent schema för en likströmsmotor

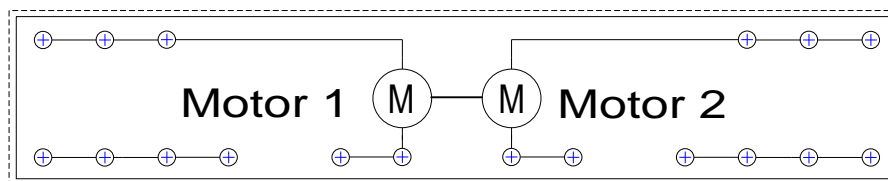
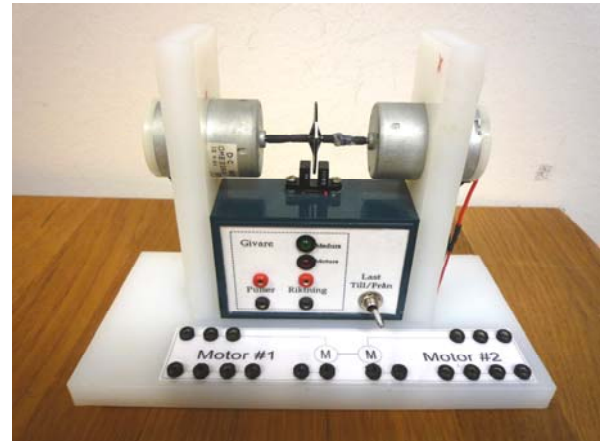
Eftersom de motorer som används har permanenta magneter är magnetiska flödet  $\Phi$  konstant.

## 3.2 Labutrustningen

### Motorbänk

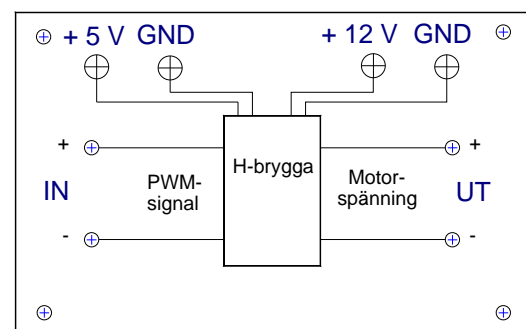
I labbet finns två motorer monterade enligt fotot till höger. Dessa motorer kan båda användas som motor eller generator beroende på hur de ansluts elektriskt. Mekaniskt är de två motoraxlarna sammankopplade och en kodskiva finns för varvtalsmätning.

Framför motorerna finns en anslutningslist där du kopplar in mätinstrument och matnings-spänning. Se bild nedan.



### H-bryggan ett spänningsaggregat

Matningsspänningen tas antingen från ett likspänningsaggregat eller från en H-brygga som i sin tur matas med en PWM-signal med variabel duty-cycle.



### 3.3 H-bryggan och dess funktion

#### Anslut H-bryggan

Anslut mätkortets utgångar **A00** till **IN+** och **A0GND** till **IN-**. Anslut spänningarna **5V** och **12V** till H-bryggan från multispänningsaggregatet. Anslut även **GND** från denna till H-bryggan. **Se upp så att du inte ansluter 24V av misstag!** Be assistenten att kontrollera din koppling innan du slår på spänningen.

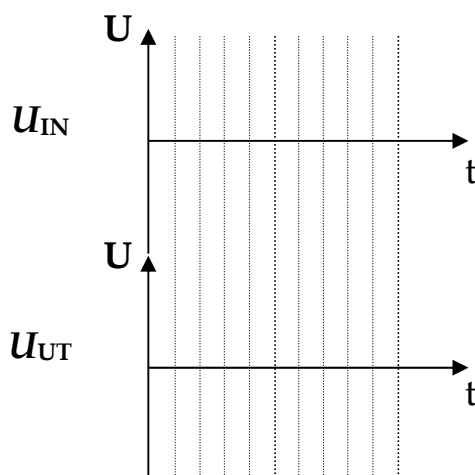
Ladda hem programmet **PWM.zip** från kurshemsidan, packa upp den och lägg det på Desktop. Dubbelklicka på filen **PWM.vi** så att programmet LabView startas. Kör filen genom att klicka på pilen som finns i menyraden (alternativt menyn Operate→Run). Använd nu Scopemetern för att studera **IN-** och **UT**-signalerna till H-bryggan. **Motorn skall ej vara inkopplad!**

Läs av både medelvärden ( $V_{dc}$ ) och topp-värden för **IN-** och **UT**-spänningarna. (OBS  $V_{peak}$  inställningen på Scopemetern kommer att ge ett felaktigt värde, avläs manuellt).

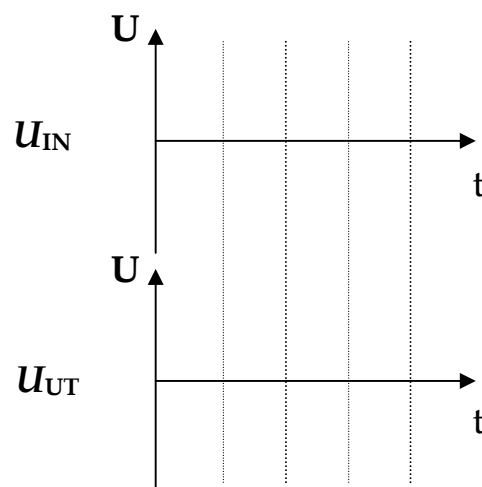
Dutycycle	$U_{IN}$	$\hat{U}_{max,IN}$	$U_{UT}$	$\hat{U}_{max,UT}$
20%				
50%				

Rita av signalernas utseende i figurerna nedan.

20% Duty cycle



50% Duty cycle



### 3.4 Bestäm motormodellens parametrar

När motorns (i vårt fall Motor 2) parametrar  $k_2\Phi$  och skall  $R_A$  bestämmas görs det genom att driva motorn (Motor 2) med en annan motor (Motor 1). Motorn som skall undersökas går då som generator. Först gör man ett tomgångsprov för att bestämma spänningskonstanten  $k_2\Phi$  och därefter görs ett kortslutningsprov för att bestämma ankarresistansen  $R_A$ .

#### Tomgångsprov

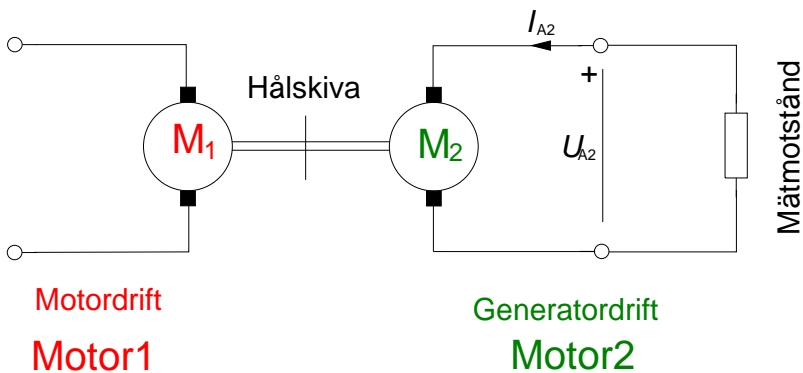
Tomgångsprovet används för att bestämma motorkonstanten  $k_2\Phi$ . Vid tomgång ska motorn (Motor 2) var helt obelastad.

Ni ska nu återigen mata **Motor1** med PWM-signalen från H-bryggan. **Ni ska dock enbart mäta spänningen för motor2**, dvs  $U_{A, Motor2}$ . Använd ekvationerna från avsnitt 3.1 för att bestämma  $k_2\Phi$ .

**Förberedelseuppgift:** Sätt upp en formel för att bestämma spänningskonstanten om ankarspänning och varvtal mäts när ett tomgångsprov görs.

<i>Dutycycle</i> [%]	<i>n</i> [rpm]	$\omega$ [rad/s]	$U_{A, Motor2}$	$k_2\Phi$
0				
25				
50				

## Kortslutningsprov



För att bestämma motorkonstanten  $R_A$  (då  $k_2\Phi$  är känd) genomför man ett kortslutningsprov. Den motor som undersöks ska gå som generator och kortslutningsströmmen mäts.

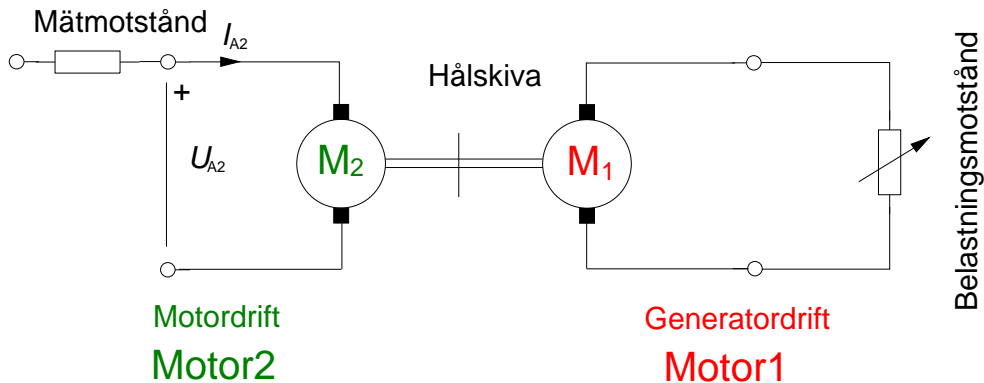
Behåll kopplingen från föregående uppgift, dvs Motor1 ska vara ansluten till H-bryggan. **Kortslut Motor2.** För att mäta strömmen som flyter genom Motor2 ansluts ett **mätmotstånd** på  $1 \Omega$  i kortslutningsslingan. Strömmen beräknas med hjälp av Ohms lag (ledning: ni känner resistansen i motståndet och ska mäta spänningen över det). Egentligen är det inte "ideal" kortslutning eftersom ett mätmotstånd kopplas in. I en "ideal" kortslutning är det ingen resistans  $0 \Omega$ . Titeln kortslutningsprov är delvis missvisande, det kanske skulle ha titeln belastningsprov istället eftersom man ofrivilligt belastar med mätmotståndet.

### Förberedelseuppgift:

Härled en formel för ankarresistansen utifrån mätning av varvtalet och av ankarspänngen. Mätmoståndets och momentkonstantens värden är kända.

Dutycycle [%]	$n$ [rpm]	$\omega$ [rad/s]	$U_A$ = $U_{\text{mätmotstånd}}$	$I_{A, \text{Motor} 2}$	E	$R_A$ [ $\Omega$ ]
30						

## Momentkurva och verkningsgrad



Ni ska nu med hjälp av de beräknade motorparametrarna rita upp motorns momentkurva. En momentkurva är motorns moment som funktion av varvtalet eller vinkelhastigheten vid en konstant ankarspänning. Ändras ankarspänningen fås en ny momentkurva.

Då motorns (Motor 2) parametrar nu är bestämda skall vi köra den som motor istället för som generator. Koppla därför om så att Motor 2 matas från H-bryggan. Motor 1 skall nu belasta Motor 2 mekaniskt och därmed gå i generatordrift. Koppla ett variabelt belastningsmotstånd till Motor 1 som figuren visar.

Motor1 kommer, som sagt, att fungera som en generator och alstra en ström, denna ströms storlek beror på resistansen i kretsen (som ni kan variera) och således ge olika lastmoment.

Moment är svårt att mäta experimentellt, således mäter man istället strömmen,  $I_A$ , till Motor2 och använder  $k_2\Phi$  för att beräkna lastmomentet. Vi mäter dock strömmen indirekt genom att mäta spänningen över ett mätmotstånd.

**Förberedelseuppgift:** Skriv upp formeln för att beräkna momentet om strömmen är uppmätt. Skriv även upp en formel för verkningsgraden då  $U_A$  och  $I_A$  är givna.

Er uppgift är nu att mäta **strömmen** genom **Motor2** och varvtalet. Justera duty cycle så att ankarspänningen blir konstant och 7V i alla mätningar. Koppla in mätmotståndet i serie med motorn (det finns en plats avsedd för detta på motorbänken). Använd inre voltmeterkoppling (se appendix 2, Amperemetern i appendix motsvaras av vårt mätmotstånd. Visa er uppkoppling för en assistent innan Ni kopplar på spänningen.

Variera belastningsmotståndet motståndet och gör tre mätningar

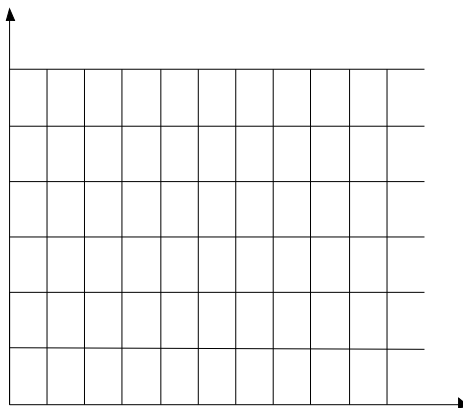
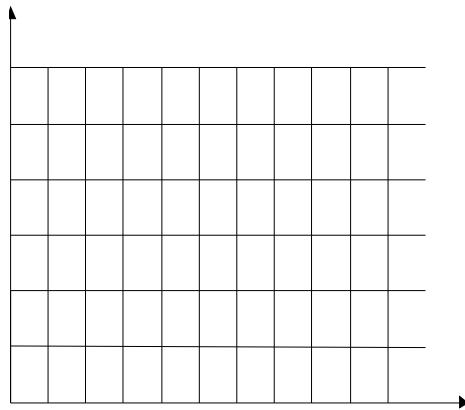
$U_{A, Motor2}$ [V]	$n$ [rpm]	$\omega$ [rad/s]	$I_{A, Motor2}$ [A]	$M$ [mNm]	verkningsgrad
7					
7					
7					

Använd Wolfram alfa och gör grafer med mätdata, en graf för momentet som funktion av vinkelhastigheten och en för verkningsgraden som funktion av vinkelhastigheten.

<http://www.wolframalpha.com>

Använd linear fit  $\{x_1, y_1\}, \{x_2, y_2\}, \{x_3, y_3\}$

och rita sedan i diagrammen nedan och redovisa för assistenten.





## Appendix 1: Mätningar med hjälp av ScopeMetern

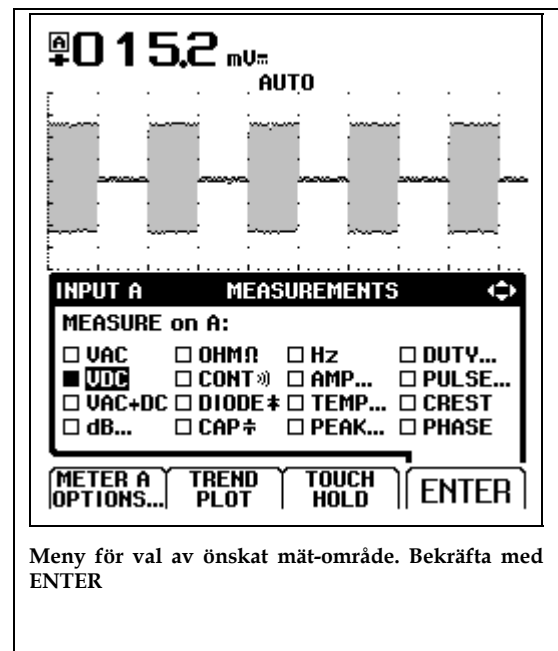
### Anslut inspänningar

Tre kontakter finns, A,B och COM. COM är gemensam jord till de två kanalerna A och B. Här är mätsladdar anslutna. Kontrollera att kanal A har röd sladd, kanal B grå och COM har svart sladd.



### Välj mätområde

För varje kanal finns en gul knapp märkt **V Hz A** osv. Här väljer man mätområde. En meny visas på skärmen, genom att förflytta en markör med pil-tangenterna kan önskat mätområde väljas. Observera knapparna **F1** till **F4** som har varierande funktioner. När man markerat önskat mätområde bekräftas detta med **F4** som då har funktionen **ENTER**. Beroende på valt område kan man få ytterligare menyer där information om yttre givares förstärkning mm kan anges.

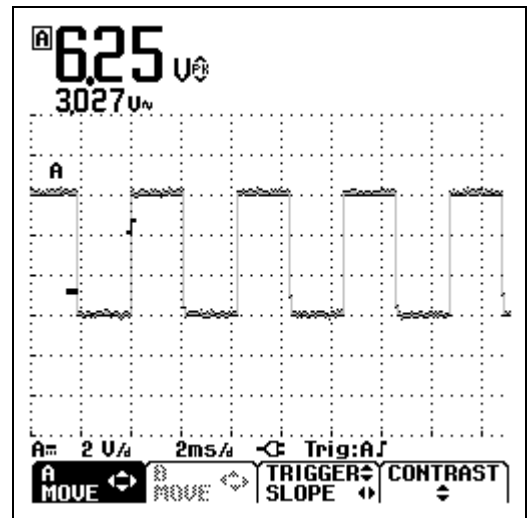


## Skärmjusteringar

Ibland måste skärmbilden justeras för att bilden skall visa det man vill se. Med knappen **mV V** ändras förstärkningen av inspänningen, dvs Y-skalan, en för varje kanal finns. Med knappen **s ns** ändras tidssvepet, dvs X-skalan. Skärmbilderna kan även förflyttas i X- resp. Y-led. Knappen **F1 (A MOVE)** tillsammans med piltangenterna förflyttar bilden i valfri ledd.

## Strömmätning

För att kunna mäta ström med ScopeMetern måste en *givare* anslutas, som omvandlar ström till spänning, detta då ScopeMetern inte kan mäta strömmar utan bara spänningar. Som *givare* skall ni använda en strömtång.



Pågående mätning. A MOVE tillsammans med piltangenter förflyttar bilden

## Speciella funktioner

På menyn för val av mätområde (**V Hz A**-knappen) finns bland andra följande funktioner:

**TREND PLOT** Används om man vill registrera en spänning under en viss tid.

**TOUCH HOLD** Används för att avläsa ett momentanvärde.

## Övriga knappars funktioner:

Knappen **HOLD/RUN** används för att frysa skärmen.

**SCOPE MENU** innehåller bl.a. en meny där inspänningarna kan inverteras, förstärkningen hos eventuella yttre givare ändras, och triggflanken bytas.

**AUTO** är mycket användbar, ScopeMetern justerar då automatiskt inställningarna, dock ej mätområdet.

**USER OPTIONS** används för att ändra vissa grundinställningar, såsom datum och tid.

**SAVE/PRINT** innehåller undermenyer för att spara skärmbilder, och skriva ut dessa. Utskrift är dock ej möjlig i laboratoriet.

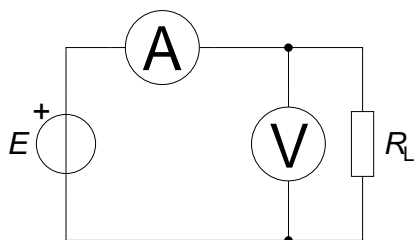
## Övrigt

På högersidan finns en serieport i form av en optisk port, här kan man ansluta instrumentet direkt till serieporten på en vanlig PC och antingen använda datorn för att fjärrstyra instrumentet eller för att samla in mätvärden. Värden från en kontinuerlig mätning kan sparas i en fil, och behandlas i de flesta program, till exempel Matlab och Excel.

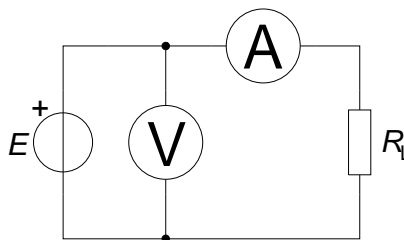
Assistenten har tillgång till kompletta manualer över ScopeMetern, tveka inte att fråga om du undrar över något.

## Appendix 2: Inre och yttre voltmeterkoppling

I vissa fall önskar man mäta ström och spänning samtidigt. I en enkel krets med en spänningskälla och en last ges två möjligheter att ansluta instrumenten, se nedanstående figur visar. Beroende på lastens resistans kommer de två sätten att ge olika mätresultat. Något förenklat kan sägas att *det instrument som sitter närmast lasten har högst tillförlitlighet*.



Figur 3.1 Inre voltmeterkoppling



Figur 3.2 Yttre voltmeterkoppling

Som synes av Figur 3.1 kommer voltmeteren att visa *den verkliga spänningen* över lasten, medan amperemetern visar strömmen genom både lasten och voltmeteren. Ju större lastens resistans är, desto större andel av den totala strömmen går genom voltmeteren, och desto mer kommer amperemeterns mätresultat att avvika från strömmen genom lasten.

Vid yttre voltmeterkoppling, Figur 3.2, visar amperemetern *den verkliga strömmen genom lasten*, medan voltmeteren visar spänningen över både lasten och amperemetern. Ju mindre lastens resistans är, desto större del av voltmeterens uppmätta spänning kommer att ligga över amperemetern och desto mindre över lasten.

## Appendix 3: Datablad/specifikationer

### Fluke 123 ScopeMeter

**Oscilloskopdata:**

Bandbredd: 20 MHz

Maximal samplingshastighet repetitivt: 1,25 GS/s

Stigtid: <17,5 ns

Tidbaslägen: 20 ns-60 sek/divm, 1-2-5 sekv.

Amplitudlägen: 5 mV-500 V, 1-2-5 sekv.

Minnesdjup/orrlängd: 512 samples

Ingångsimpedans: 1 M $\Omega$ //20 pF

Upplösning: 8 bitar

### Analog Multimeter, Modell Kyoritsu 1109

Onoggrannhet  $\pm 3\%$  av fullt skalutslag ( $\pm 3\%$  of FS) .

**Likspänning**

Områden: 0,1 V, 0,5 V, 2,5 V, 10 V, 50 V, 250 V, 1000 V

Ingångsimpedans: 20 k $\Omega$ /V (20 k $\Omega$ /V där V representerar valt mätområde, dvs fullt utslag)

**Växelspänning**

Områden: 10 V, 50 V, 250 V, 1000 V

Ingångsimpedans: 9 k $\Omega$

Onoggrannhet  $\pm 3\%$  av fullt skalutslag ( $\pm 3\%$  of FS) .

# Dukningslista Klab Lim

## Kirchhoffs lagar och likströmsmotorn

Antal	Utrustning	
1	Multispänningsaggregat	Står framme
1	ScopeMeter	Står framme
1	10-plint	
1	Universalinstrumentet Kyoritsu	
1	Motstånd 130 $\Omega$	
1	Motstånd 390 $\Omega$	
1	Motstånd 1 k $\Omega$	
1	Mätmotstånd 1 $\Omega$ (svart, lite större)	
1	Variabelt belastningsmotstånd (stort trådlindat)	
1	Likströmsmotor-generator	
1	H-brygga	
1	Optisk tachometer	
6	Röd laboratoriesladd	
4	Svart laboratoriesladd	
4	Gul laboratoriesladd	

