

Augusti 1990

LABORATION **EL2**

ELEKTRISKA GIVARE

MÅLSÄTTNING: Att lära Dig mäta mekaniska storheter med hjälp av elektriska givare.

INNEHÅLL:

1. Varvtalsmätning med induktiva metoder.
2. Töjningsmätning med metalliska folietöjningsgivare.
3. Tryckmätning med piezo-resistiv halvledargivare. (Ej obl.)
4. a) Längdmätning med induktiv differentialgivare.
b) Mätning av plåttjocklek med virvelströmsmetoden.

Handledare:

Namn: CTH:nr

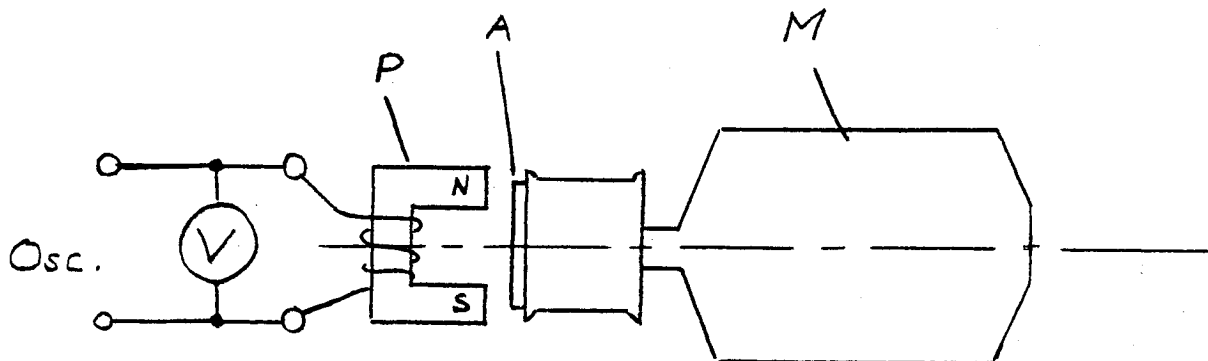
Laborationen utförde den Labplats

Laborationen inlämnad den

Godkänd den av

1. VARVTALSMÄTNING MED INDUKTIVA METODER.

Metod 1: En permanentmagnet P är försedd med en lindning av isolerad koppartråd. Magneten är placerad framför drivhjulet på asynkronmotorn M. (Se fig. 1.) På drivhjulet (av aluminium) är limmad en rektangulär plåtbit A av mjukjärn.



Figur 1. Anordning för varvtalsmätning.

Motorn anslutes obelastad till 220 V-nätet via en vridtransformator. Permanentmagnetens lindning anslutes till oscilloskopet och till den digitala multimetern (V). Uppmät signalens period T på oscilloskopet samt avläs signalens storlek U_m på multimetern då full nätspänning pålägges motorn.

Hur uppstår signalen?

Hur högt är motorns varvtal n om signalperioden är T ? _____

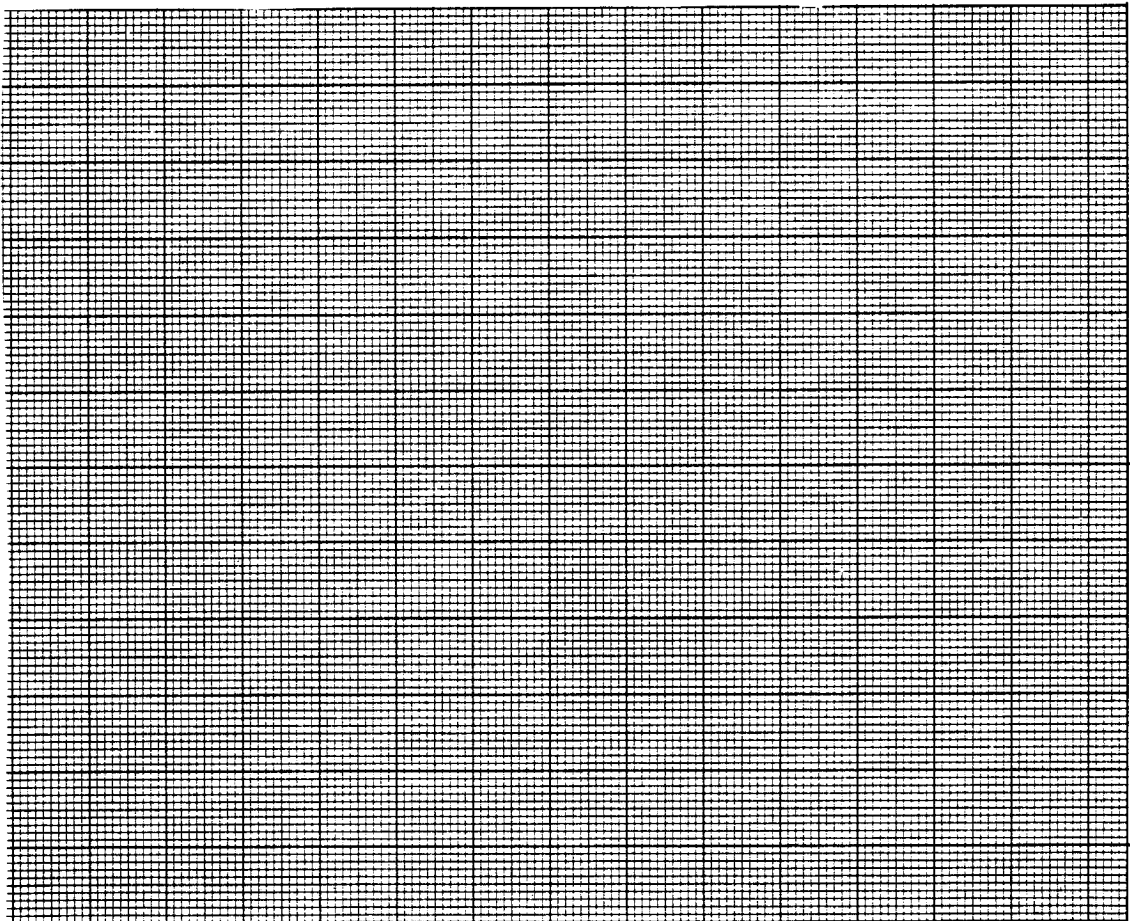
Vrid ner spänningen över motorn så mycket att varvtalet minskar till ungefär hälften (signalperioden fördubblas) och mät på nytt T och U_m . Upprepa mätningarna vid ytterligare två (mellanliggande) värden på U_m .

Resultat:

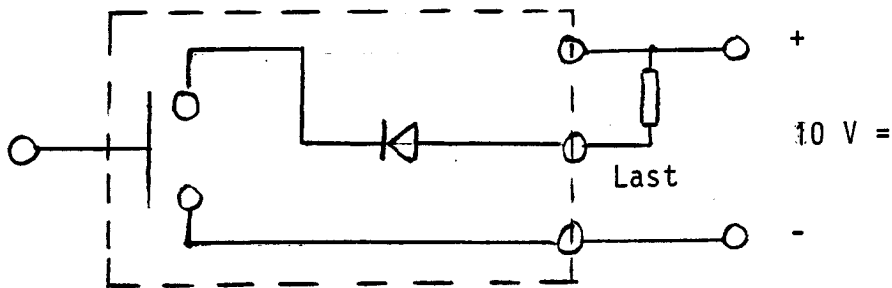
T (s)	U_m (V)	n (r/s)

Hur är U_m relaterad till n?

Pricka in U_m som funktion av n i nedanstående diagram.



Metod 2: Användning av beröringsfri induktiv givare av oscillator typ. Givaren består av en oscillator som i opåverkat tillstånd (ingen metall inom känslavståndet) drar en bestämd ström. Om ett metallföremål närmar sig ändras givarens induktans så att oscillatoren stannar. Därvid minskas strömförbrukningen och skillnaden detekteras, pulsformas och förstärks så att två väldefinierade arbetslägen uppnås (till/från). Observera att denna typ av givare reagerar för alla metaller, även icke-ferromagnetiska. Givarens ekvivalenta schema: se figur 2.



Figur 2. Ekvivalent schema för beröringsfri givare.

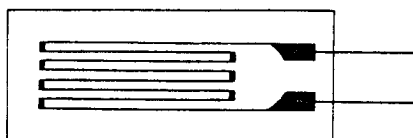
Givaren anslutes till 10 V likström och belastas med ett motstånd (enligt figur 2). Anslut oscilloskopet parallellt över detta. Placera givaren framför den svarta synkronmotorn, vars drivhjul är försedd med en metallvinge. Givaren kommer då att reagera varje gång vingen kommer inom givarens känslavstånd. Hur stort är detta ungefär?

Bestäm synkronmotorns varvtal n genom att mäta signalperioden T på oscilloskopet. Full nätspänning pålägges motorn.

Resultat: $T =$ _____ $n =$ _____

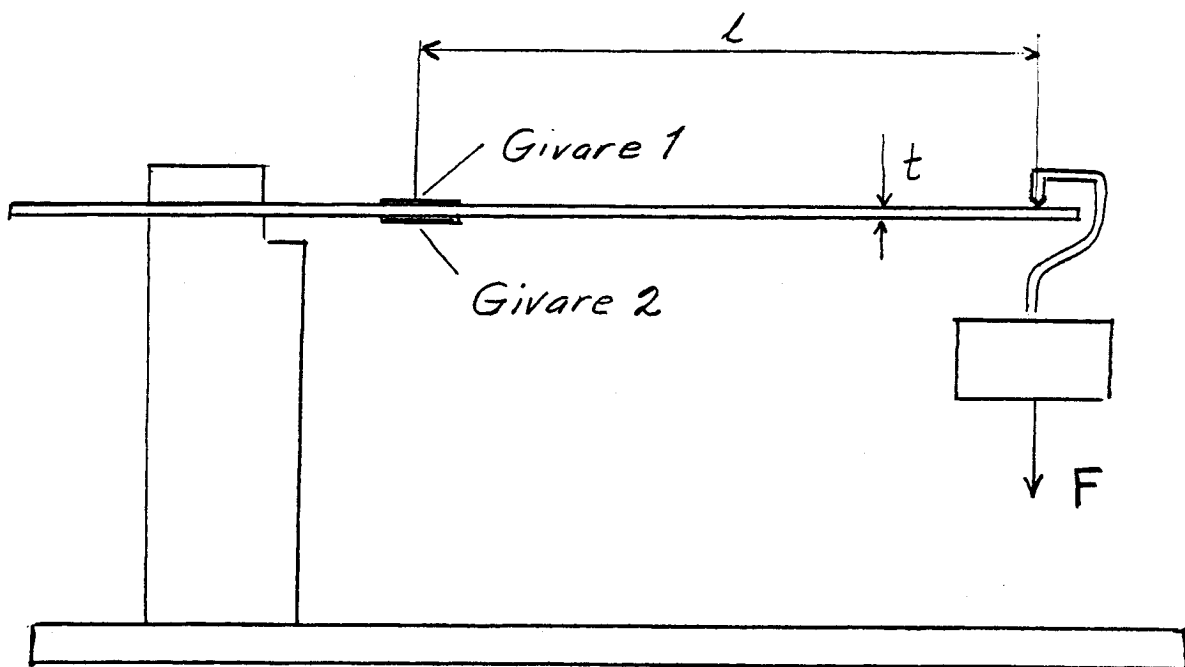
2. TÖJNINGSMÄTNING MED METALLISKA FOLIETÖJNINGSGIVARE.

Folietöjningsgivarna bygger liksom sina föregångare trådtöjningsgivarna på principen att en ledare som utsätts för töjning ändrar sin resistans. Folie-givarna tillverkas med samma teknik som s k tryckta kretsar (kretskort). Man utgår från en basfolie av ett elektriskt isolerande plastmaterial som be-lägges med en c:a 3 μm tjock metallfilm. Ur metallfilmen etsas med hjälp av fotografisk teknik ett ledningsmönster (se figur 3). Givaren trimmas till slutlig resistans (vanligen 120 eller 350 Ω) genom att en mycket svag ets-vätska strykes på givaren. När önskad resistans är uppnådd, neutraliseras etsvätskan, varefter givaren förses med anslutningsband och täckfolie.



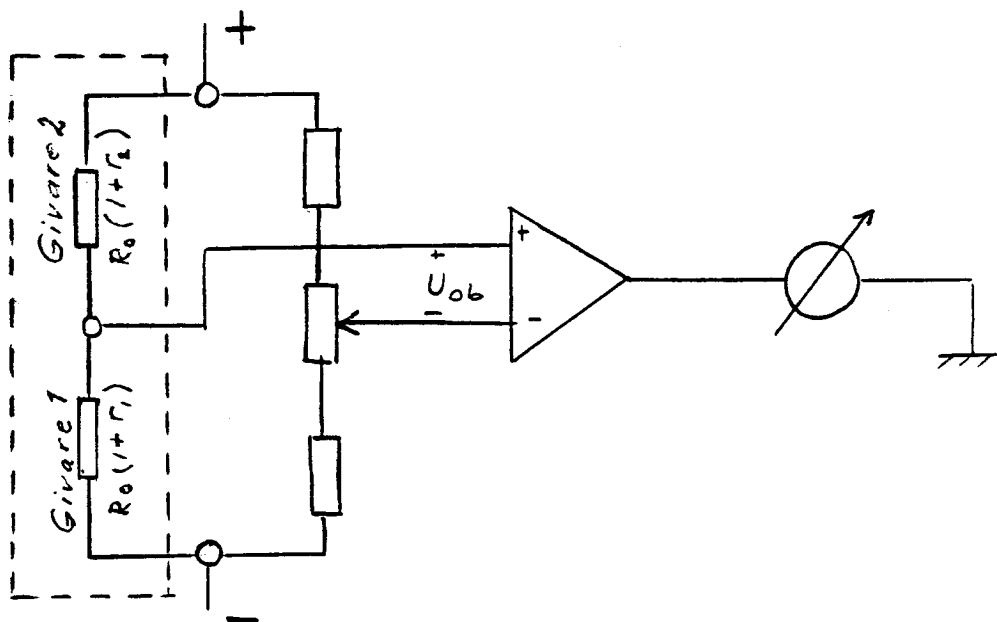
Figur 3. Töjningsgivare av folietyp.

Mätuppställning: Två töjningsgivare av folietyp är fastlimmade på en i ena änden inspänd bladfjäder (se figur 4). Givarna är placerade ett par cm från inspänningspunkten, en på ovansidan och en på undersidan av fjädern.



Figur 4. Inspänd bladfjäder försedd med töjningsgivare. Anordningen kan användas som elektronisk våg.

Givarna, som är praktiskt taget identiska, får utgöra två av grenarna i en Wheatstone brygga (se figur 5). Bryggan fullbordas med hjälp av två fasta motstånd och en potentiometer. Med den senare balanseras bryggan då blad-fjäders är obelastad. Då fjäderna belastas utsätts givarna för lika stora men motriktade töjningar. Resistansen ökar i givare 1 och minskar i givare 2. Därmed uppstår en obalansspänning över bryggan som är av storleksordningen 10 - 100 μV . Signalen är för svag att direkt uppmätas med ett vanligt uni-versalinstrument eller en konventionell multimeter. Obalansspänningen måste därför först förstärkas, vilket här sker i en sk operationsförstärkare. I försöksupställningen är den del av bryggan som ej utgörs av givarna sammanbyggd med operationsförstärkaren. Enheten matas med $\pm 15 \text{ V}$.



Figur 5. Bryggkoppling vid töjningsmätning.

Man kan visa att obalansspänningen kan skrivas

$$U_{ob} = U \cdot \frac{r_1 - r_2}{4 + 2r_1 + 2r_2} \quad (1)$$

där U är pålagd bryggspänning och där r_1 och r_2 är de relativa resistansändringarna i givare 1 respektive 2. (Om givarnas resistans i obelastat tillstånd är R_0 , har de alltså i belastat tillstånd resistanserna $R_0(1+r_1)$ respektive $R_0(1+r_2)$.) Med hänsyn till att r_1 och r_2 är till beloppet $\ll 1$ kan ekv.

(1) förenklas till

$$U_{ob} \approx \frac{U}{4} (r_1 - r_2) \quad (1a)$$

I det aktuella fallet är töjningarna och därmed resistansändringarna symmetriska, dvs $r_2 = -r_1$. Vi får alltså

$$U_{ob} \approx \frac{U}{2} \cdot r_1 \quad (2)$$

Varje givarmaterial karakteriseras av en givarfaktor k definierad som förhållandet mellan relativ resistansändring r och relativ längdändring ϵ (töjningen):

$$k = \frac{r}{\epsilon} \quad (3)$$

(För det aktuella givarmaterialet (konstantan) är $k \approx 2,1$.)

Ur uppmätta värden på obalansspänningen U_{ob} kan alltså töjningen ϵ_1 av den övre givaren beräknas ur formeln

$$\epsilon_1 = \frac{2}{k \cdot U} \cdot U_{ob} \quad (4)$$

som erhålles ur (2) och (3).

Med kännedom om bladfjäders bredd b och tjocklek t samt avståndet l mellan givaren och belastningspunkten, kan enligt hållfasthetsläran dragspänningen på fjäders översida beräknas ur sambandet

$$\sigma_1 = \frac{6 \cdot l}{b \cdot t^2} \cdot F \quad (5)$$

där F är belastningskraften. Elasticitetsmodulen E ($= \sigma_1 / \epsilon_1$) för materialet i bladfjäders översida kan då beräknas ur formeln

$$E = \frac{6 \cdot l}{b \cdot t^2} \cdot \frac{F}{\epsilon_1} \quad (6)$$

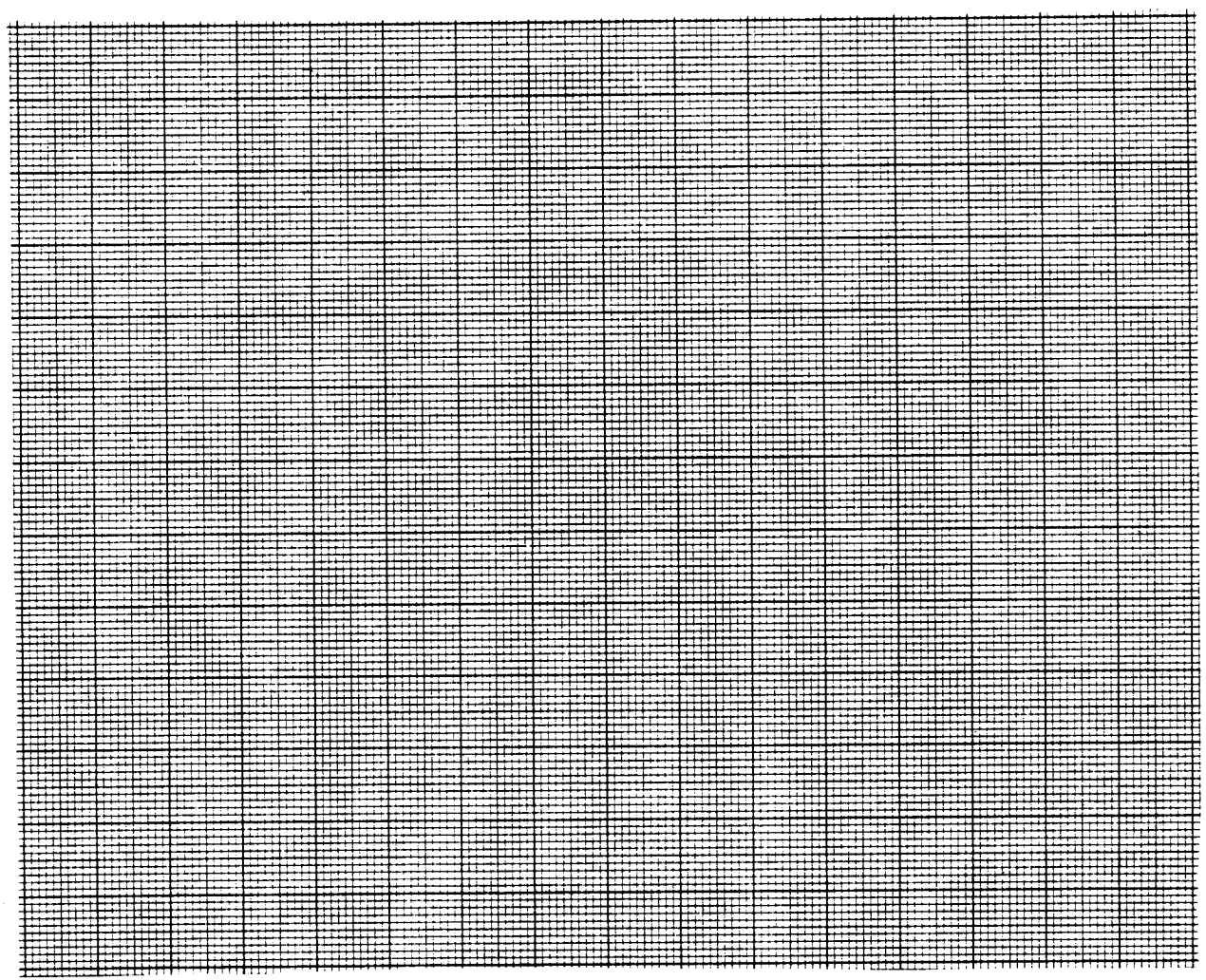
Mätningar: Mät obalansspänningen U_{ob} vid minst tre olika värden på belastningskraften F . Bryggan matas med bryggspänningen $U = 6,0$ V. (Denna erhålles från en spänningsstabilisator i operationsförstärklarådan. Någon yttre matarspänning - utöver ± 15 V - behövs alltså ej.)

Resultat: Givet: $k =$ _____, $l =$ _____, $b =$ _____, $t =$ _____

F (p)	F (N)	Avläst sp. (V)	Sp.först. f	U _{ob} (V)	ϵ_1 (enl. ekv.(4))

Pricka in ϵ_1 som funktion av F i diagrammet nedan. Anpassa en rät linje till punkterna samt beräkna ur lutningen på linjen ett värde på elasticitetsmodulen E ur ekv (6).

E = _____ N/m²



Töjningsgivare används vanligen för att registrera den töjning som beror på mätobjektets belastning. I det allmänna fallet påverkas emellertid givarresistansen inte bara av belastningsändringar utan även av temperaturändringar. Dels har den obelastade givarens resistans en viss temperaturkoefficient β_R , dels utsätts givaren för en temperaturinducerad töjning om givaren och mätobjektet har olika längdutvidgningskoefficienter (α resp α_0). Dessa två felkällor kompenserar varandra om

$$\beta_R = k (\alpha - \alpha_0)$$

där k är den ovan införda givarfaktorn.

Givarna som används vid försöket är temperaturkompenserade för stål. Detta innebär att givarmaterialet har givits en sådan sammansättning att sambandet gäller för $\alpha_0 = 12 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (= stålets längdutvidgningskoefficient).

Fråga:

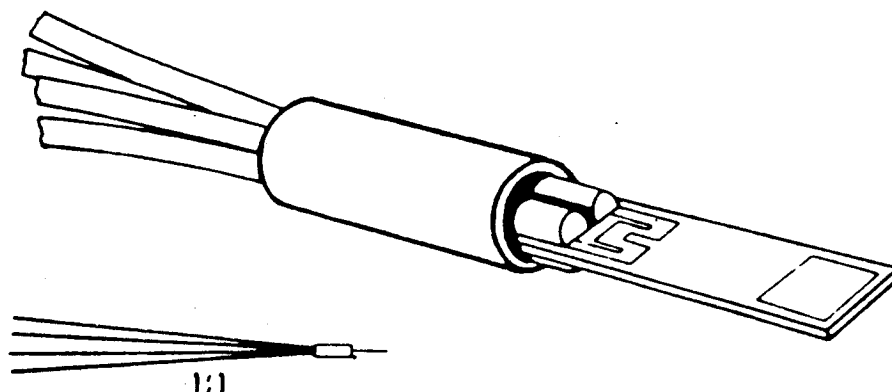
Är det vid vårt försök viktigt att givarna är temperaturkompenserade?

Svar med motivering:

3. TRYCKMÄTNING MED PIEZO-RESISTIV HALVLEDARGIVARE. (EJ OBL.)

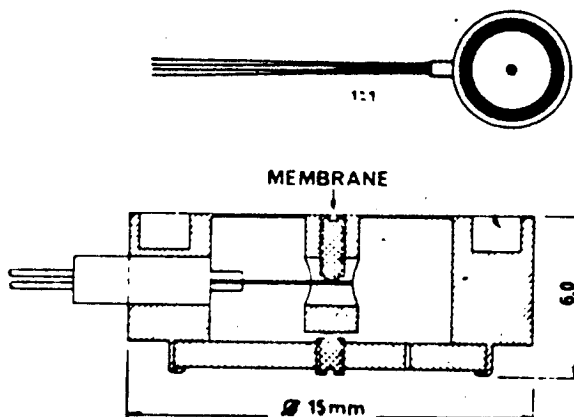
Vid sidan av metaller kan även halvledare användas som töjningsgivare. Halvledargivarna har fördelen att ha en givarfaktor som är av storleksordningen 50 ggr större än den som gäller för metalliska töjningsgivare. Å andra sidan har de sämre linearitet och större temperaturberoende.

Den tryckgivare vi använder i detta försök har som kännande element en kiselstav som försetts med två indiffunderade motstånd belägna på motsatta sidor av staven (endast ett av motstånden syns i figur 6). Dessa motstånd som erhålles genom att ett lämpligt dopningsämne diffunderas in i kiselytan är elektriskt isolerade från staven genom en pn-övergång. Motstånden fungerar som töjningsgivare och ändrar sålunda sin resistans då staven utsätts för böjning. Anordningen är alltså helt analog med uppställningen i figur 4.



Figur 6. Bøjstav av kisel med indiffunderade töjningsgivare. (Akers elektronik)

I tryckgivaren (se figur 7) är kiselstaven placerad under ett membran som utsätts för det tryck som skall mätas. En intryckning av membranet medför en böjning av staven och därmed en töjning av den indiffunderade motstånden.



Figur 7. Tryckgivare med bøjstav av kisel (se figur 6) som kännande element. (Akers elektronik)

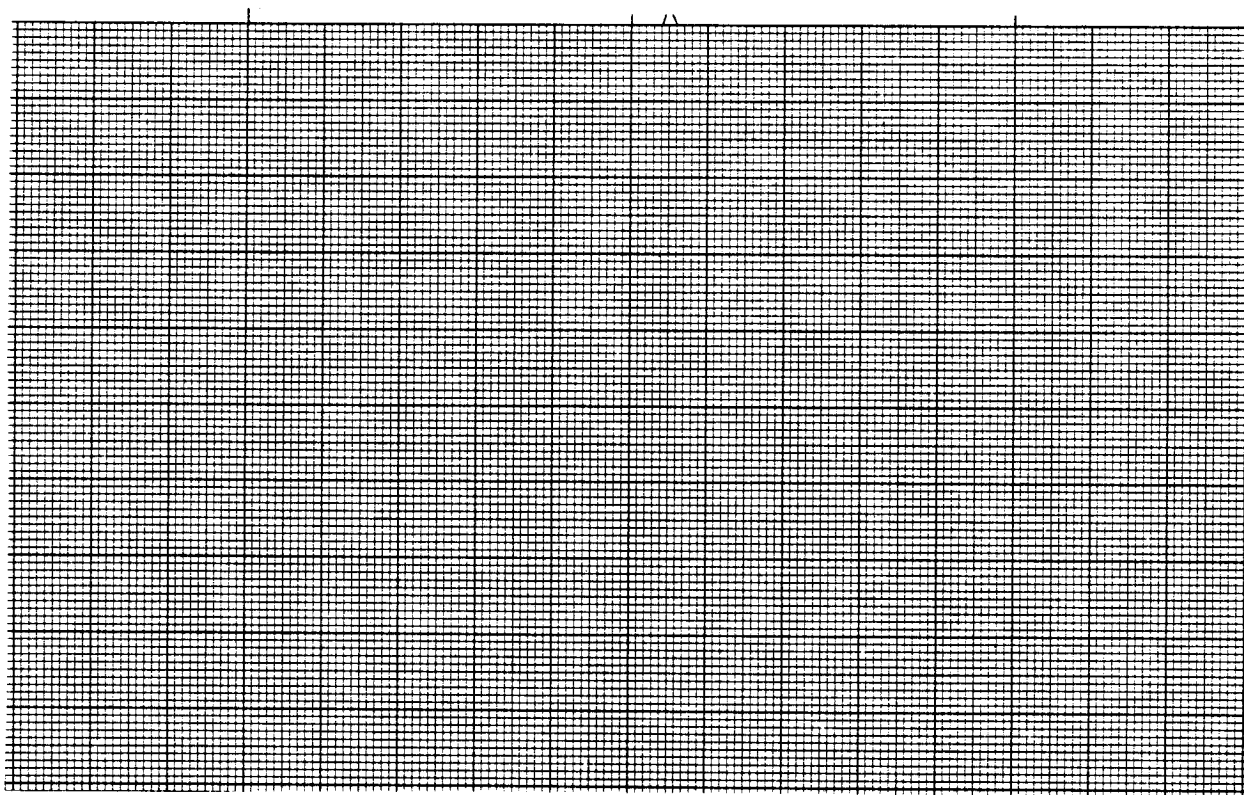
För att indikera resistansförändringarna i givarmotstånden användes samma bryggkoppling som i försöket med folietöjningsgivarna (se figur 5).

Tryckgivaren kalibreras först mot en aneroidmanometer vid trycken 50, 100, och 150 mm Hg. (Ungefärliga värden.) Vid kalibreringen används en plåtburk som luftbuffert.

Resultat:

Tryck (mm Hg)	Givarsignal (mV)

Givarsignalen som funktion av trycket prickas in i nedanstående diagram.



Anslut tryckgivaren till en blodtrycksmanschett och mät enligt instruktion på laborationsplatsen ditt systoliska och diastoliska blodtryck. Under mätningen är det lämpligt att studera givarsignalen på oscilloskopsskärmen.

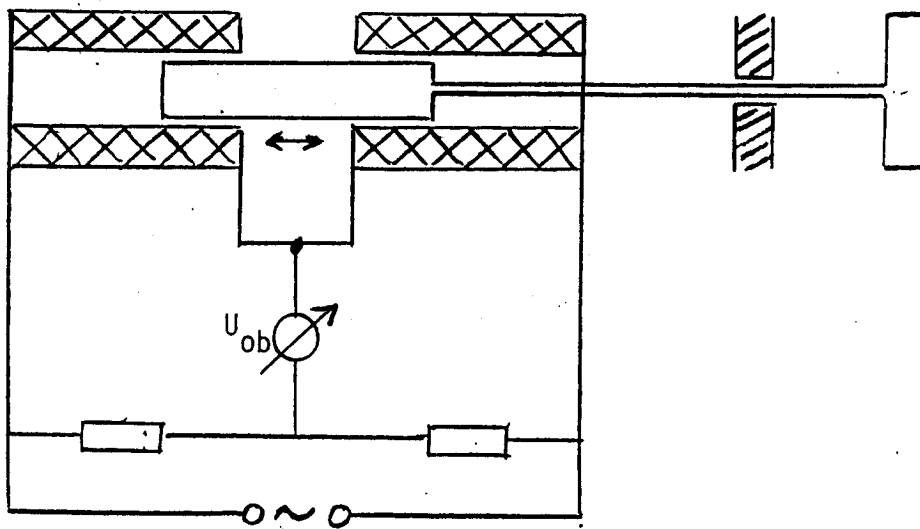
Resultat:

Systoliska trycket: _____

Diastoliska trycket: _____

4 a. LÅNGDMÄTNING MED INDUKTIV DIFFERENTIALGIVARE.

Försöket går ut på att kalibrera en induktiv givare av differentialtyp. Givaren består av två identiska spolar, placerade på samma axel, samt en genom spolarna förskjutbar järnkärna (se figur 8). När järnkärnan befinner sig i mittläget har de bägge spolarna lika stora induktanser. Förskjuts kärnan åt endera hållet ökar den ena spolens induktans, medan den andras minskar. Differentialgivaren ingår i en bryggkoppling enligt figur 8. Givarens spolar bildar två av bryggans grenar, och de andra utgörs av fasta impedanser. Obalansspänningen U_{ob} blir ett mått på järnkärnans avstånd från mittläget. Bryggan matas med växelspanning.



Tongenerator

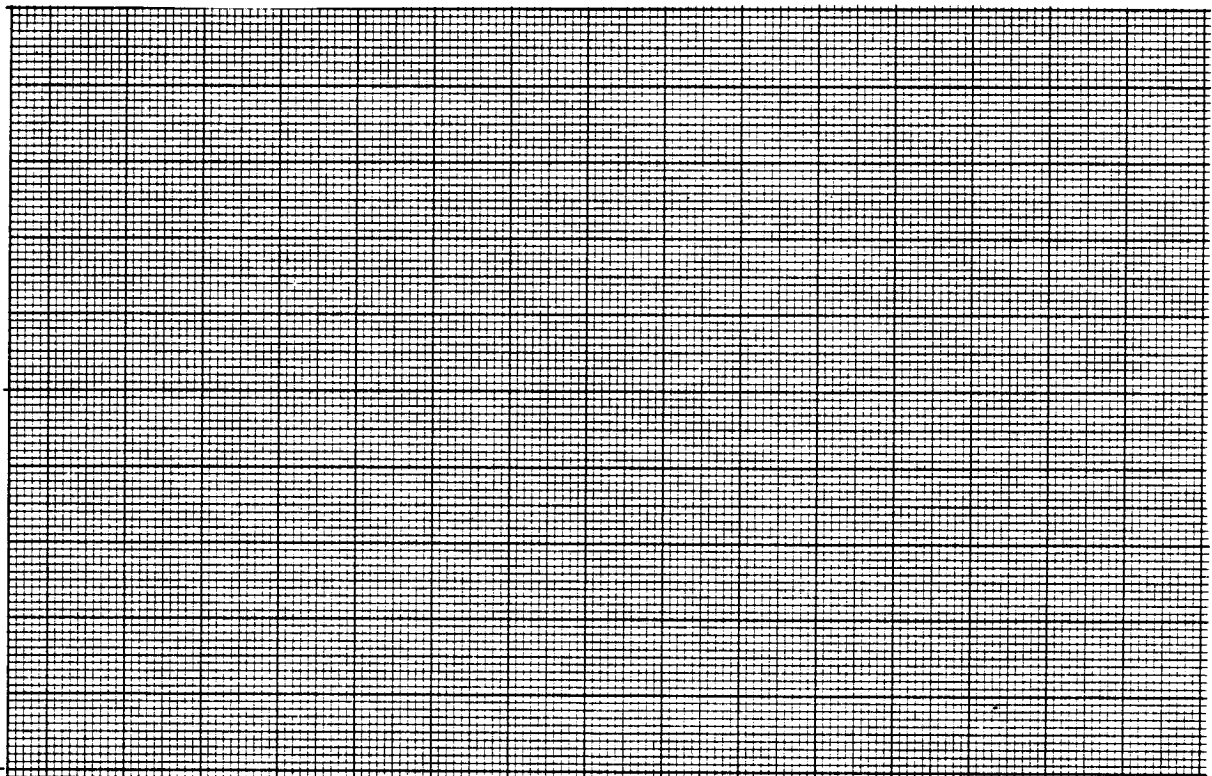
Figur 8. Induktiv differentialgivare.

Kalibreringsförfarande: Anslut bryggan till tongeneratorn. Ställ in tongeneratorns frekvensratt på 400 Hz. Använd den lågohmiga utgången och vrid upp spänningen till c:a 6 V. Använd den digitala multimetern för att mäta obalansspänningen U_{ob} . Ställ kärnan i mittläge så att $(U_{ob})_{min}$ erhålles. Förskjut därefter kärnan stegvis (c:a 5 mm i varje steg) från mittläget. Kärnans läge avläses på en ritsad skala. För varje steg avläses obalansspänningen.

Resultat:

Kärnans läge (mm)	Avstånd (d) från mittläge (mm)	Obalansspänning U_{ob} (mV)

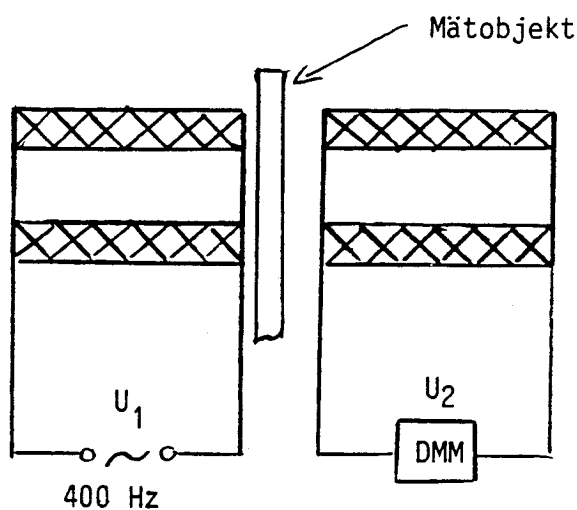
Pricka in mätvärdena i nedanstående diagram. (U_{ob} som funktion av d)



Ange givarens känslighet (i mV/mm) vid små förskjutningar från mittläget.

4 b. MÄTNING AV PLATTJOCKLEK MED VIRVELSTRÖMSMETODEN.

Princip: Mätobjektet förs in mellan primär- och sekundärlindningarna hos en lufttransformator (se figur 9). Dénas sekundärspänning påverkas i hög grad av virvelströmmarna i mätobjektet. Under förutsättning att avståndet mellan spolarna är konstant, blir sekundärspänningen en funktion av materialets tjocklek och resistivitet. Metoden lämpar sig för beröringsfri tjockleksmätning på plåt och folier av omagnetiska metaller.



Figur 9. Tjockleksmätning med virvelströmsmetoden.

Försöksuppställning: Utgå från försöksuppställningen i försök 4 a.

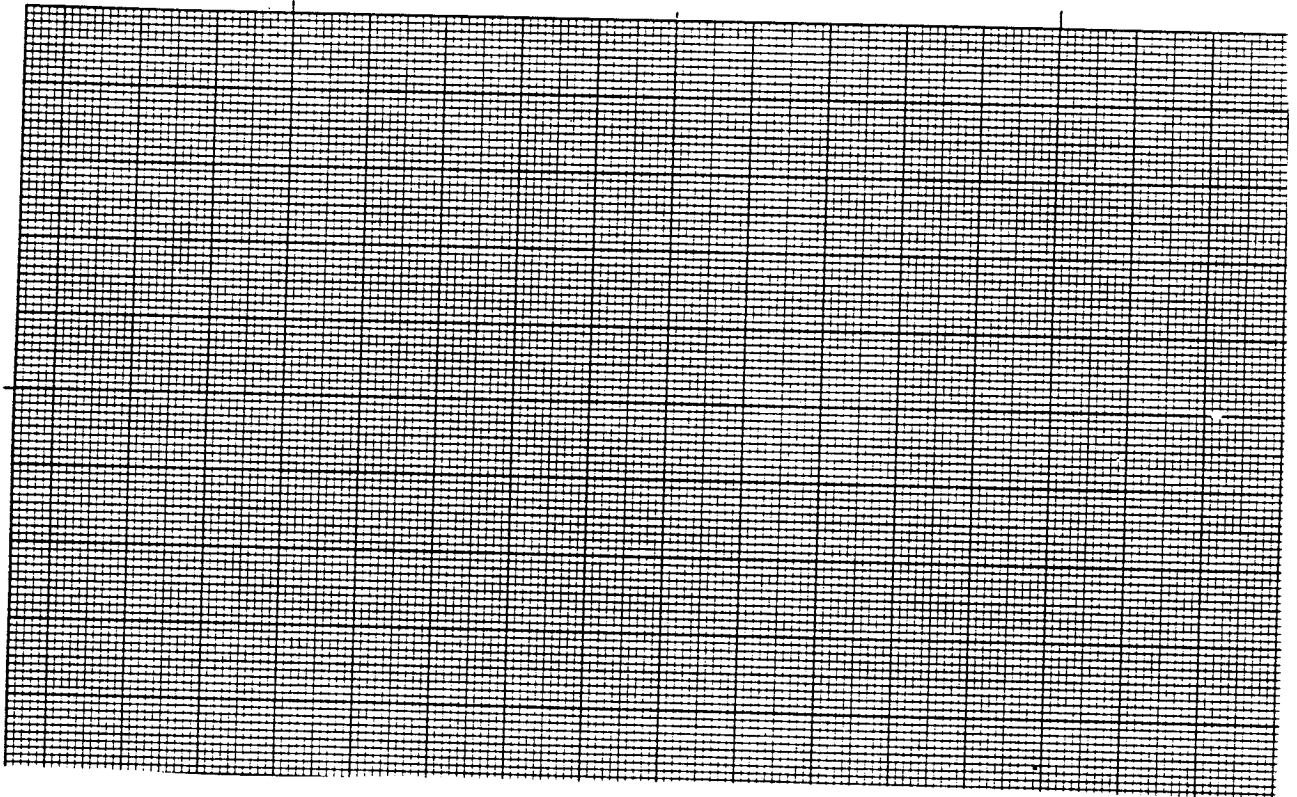
Avlägsna järnkärnan och flytta spolarna närmre varandra. Eventuellt utbytes den ena av spolarna (sekundärspolen) mot en med flera varv. Spolarna kopplas som figur 9 visar. Den ena (primärspolen) ansluts till tgeneratorn (inställd på frekvensen 400 Hz). Den andra spolen (sekundärspolen) anslutes till den digitala multimetern (DMM).

Mätningar: Mät sekundärspänningen U_2 vid fixt värde på primärspänningen U_1 (ca. 1-2 V) då metallplåtar av varierande tjocklek införs mellan spolarna. Mätningar utförs både på Al- och Cu-plåtar av känd tjocklek (mäts med skjutmått) så att kalibreringskurvor för givaren kan erhållas. Slutligen skall du bestämma tjockleken hos en okänd plåt som är inbakad i plast.

Resultat:

Material	Tjocklek (mm)	U_1 (V)	U_2 (V)
Al			
Al			
Al			
Cu			
Cu			
Cu			
-	0		

Pricka in U_2 som funktion av tjockleken i nedanstående diagram.



Varför erhålles olika kalibreringskurvor för Al och Cu?

Den okända plätens tjocklek:

Kontrollfrågor:

1. En av de två metoder för varvtalsmätning som ingår i laborationen kräver att den roterande mätkroppen är av ferromagnetiskt material. Vilken av metoderna?
2. Hur definieras givarfaktorn för en folietöjningsgivare?
3. Vilken materialkonstant bestäms vid försöket med folietöjningsgivarna?
4. Vad innebär det att en töjningsgivare är temperaturkompenserad för ett visst material (t ex stål)?
5. Vilken typ av resistiva töjningsgivare har högst givarfaktor, de metalliska eller de av halvledarmaterial?
6. Vad består en induktiv differentialgivare av?