

MĂSURAREA DEPLASĂRILOR CU TRADUCTOARE INDUCTIVE

PARTEA I-A

AVERTISMENT: Standurile experimentale (platformele de laborator) sînt construite în ideea unor erori mecanice minime, adică sînt elemente de mecanică fină. Urmînd această observație ne așteptăm ca studentul electronist să nu se comporte ca un tractorist care demontează un ceas DOXA cu ciocanul. De asemenea se recomandă ca la orice manevră să se controleze cu deosebită atenție relația cauză-efect.

1. SCOPUL LUCRĂRII

În această lucrare se studiază caracteristicile traductoarelor inductive diferențiale de tip PR 9314/20 și PR 9314/05 și funcționarea convertoarelor pentru măsurarea deplasărilor.

Există două sisteme de măsurare: unul de fabricație PHILIPS cuprinzînd traductorul PR 9314 cu domeniul de măsurare ± 20 mm, asociat cu un convertor de măsurare a deplasărilor de tip PR 9309 și un voltmetru indicator și un al doilea cuprinzînd traductorul PR 9314 cu domeniul de măsurare ± 5 mm asociat cu un montaj desfășurat al circuitelor din convertorul PR 9309, situat pe platforma de laborator, permițînd astfel studierea funcționării sale.

Ambele sisteme de măsurare au ca mărime de intrare deplasarea plan paralelă a măsuței, care se realizează prin rotirea unui șurub micrometric. Deplasarea totală este de 20 mm.

1.1. Se studiază caracteristica de transfer a sistemului complet de măsurare a deplasărilor cu traductoare inductive diferențiale de fabricație PHILIPS determinîndu-se eroarea de neliniaritate în domeniul de măsurare nominal.

1.2. Se studiază caracteristicile traductorului inductiv diferențial PR 9314/05 atît în domeniul nominal de măsurare ± 5 mm cît și dincolo de acest domeniu, atît cît permite deplasarea măsuței.

1.3. Se studiază funcționarea convertorului pentru măsurarea deplasărilor.

2. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

2.1. Deplasarea x a miezului magnetic între cele două bobine care constituie traductorul inductiv diferențial, determină variații în sensuri opuse ale inductivității lor (vezi figura 1). Extremitățile bobinelor se alimentează în curent alternativ cu două tensiuni armonice în antifază, $+V_a$ și $-V_a$, cu pulsația ω . Tensiunea de ieșire V_m , măsurată la priza mediană a traductorului, are valoarea:

$$V_m = -V_a + (R_2 + j\omega L_2) \frac{2V_a}{R_1 + j\omega L_1 + R_2 + j\omega R_2}. \quad (1)$$

Deoarece, de regulă

$$R_1 + R_2 \ll \omega(L_1 + L_2) \quad (2)$$

relația (1) devine:

$$V_m = -V_a + \frac{L_2}{L_1 + L_2} 2V_a = \frac{L_2 - L_1}{L_2 + L_1} V_a. \quad (3)$$

Presupunând, pentru o analiză de prim ordin, o dependență liniară a inductivității bobinelor în funcție de deplasarea x a miezului magnetic

$$\begin{aligned} L_2 &= L_o \left(1 + \frac{x}{x_o} \right), \\ L_1 &= L_o \left(1 - \frac{x}{x_o} \right), \end{aligned} \quad (4)$$

expresia (3) a tensiunii de ieșire V_m devine

$$V_m = \frac{x}{x_o} V_a. \quad (5)$$

Relația (5) pune în evidență un rezultat important: tensiunea de ieșire este - în limitele analizei de prim ordin - direct proporțională cu deplasarea miezului magnetic.

Deși proiectarea traductorului urmărește o dependență liniară a inductivității bobinelor de deplasarea miezului magnetic, această dependență rezultă în realitate neliniară:

$$\begin{aligned} L_2 &= L_o \left[1 + \frac{x}{x_o} + k_2 \left(\frac{x}{x_o} \right)^2 + k_3 \left(\frac{x}{x_o} \right)^3 + \dots \right], \\ L_1 &= L_o \left[1 - \frac{x}{x_o} + k_2 \left(\frac{x}{x_o} \right)^2 - k_3 \left(\frac{x}{x_o} \right)^3 + \dots \right]. \end{aligned} \quad (6)$$

Înlocuind aceste expresii în relația (3) rezultă:

$$V_m = \frac{\frac{x}{x_o} + k_3 \left(\frac{x}{x_o} \right)^3}{1 + k_2 \left(\frac{x}{x_o} \right)^2} V_a. \quad (7)$$

Se observă că termenul pătratic se reduce la numărătorul expresiei și poate, cel mult, determina o micșorare a sensibilității prin creșterea numitorului în condițiile în care k_2 nu este suficient de mic. Neliniaritatea este determinată în principal de termenul de ordinul 3 care însă nu influențează sensibilitatea, deoarece termenii corespunzători se reduc la numitor.

Prin măsurarea diferențială liniaritatea se îmbunătățește față de măsurarea directă deoarece de obicei coeficienții k_2 și k_3 sînt mult mai mici decît unitatea. Tot odată ponderea termenului de ordinul 3 de la numărător este relativ mică pentru că mărimea x/x_0 este cu siguranță mai mică decît 1/2.

Prin deplasarea miezului se modifică - tot în sensuri opuse - și rezistențele R_1 și R_2 ale bobinelor, determinate de pierderile magnetice și prin curenți Foucault. Prin alegerea unui miez magnetic cu un ciclu de hysterezis îngust și cu o rezistivitate mare (ferite moi) acest efect devine neglijabil.

Variații mai importante ale rezistențelor pot apare prin variația temperaturii, dar în acest caz în același sens, odată ce traductorul este izoterm. Aceste variații se reduc la numărător și au o influență mică la numitor atît timp cît se verifică inegalitățile

$$\begin{aligned} R_1 &\ll \omega L_1, \\ R_2 &\ll \omega L_2. \end{aligned} \quad (8)$$

2.2. Descrierea schemei bloc (vezi figura 2)

Convertorul pentru măsurarea deplasărilor cuprinde un stabilizator de tensiune STAB care realizează o alimentare cu o tensiune stabilă de aproximativ 7,5 V a oscilatorului OSC. Oscilatorul furnizează o tensiune alternativă cu o frecvență f de aproximativ 5 kHz pentru alimentarea traductorului prin înfășurările S_1 și S_2 ale transformatorului TR1 și o tensiune de referință (înfășurarea S_3) pentru comanda detectorului sensibil la fază DSF.

Tensiunea V_m măsurată la ieșirea traductorului este amplificată de amplificatorul de transconductanță ATA acordat pe frecvența oscilatorului. Prin transformatorul TR2 ieșirea de curent a acestuia excită intrarea de semnal a detectorului sensibil la fază DSF. Curentul de la ieșirea DSF este filtrat de un filtru trece jos care asigură o tensiune continuă proporțională cu V_m (deci cu deplasarea miezului magnetic) și este indicată de un voltmetru V.

2.3. Descrierea schemei de principiu (vezi figura 3)

Stabilizatorul de tensiune STAB este de tip derivație. Elementul stabilizator derivație este constituit din T_5 , Z_1 , R_4 , R_5 și condensatorul de filtrare C_6 .

Oscilatorul OSC este de tip LC în trei puncte. Frecvența de oscilație este determinată de circuitul P, C_3 ; limitarea amplitudinii de oscilație se realizează prin divizorul R_2 , R_3 și condensatorul C_4^* .

În înfășurările secundare S_1 , S_2 ale transformatorului TR1 se produc tensiunile de

* Pulsurile curentului de bază i_B produc la bornele condensatorului C_4 o tensiune negativă spre baza tranzistorului T_1 care determină tăierea acestuia stabilizînd astfel amplitudinea de oscilație și menținînd-o în limite strînse.

alimentare ale traductorului $+V_a$, $-V_a$, iar în înfășurarea secundară S_3 tensiunea de referință V_r pentru DSF.

Traductorul se poate conecta prin borna 1 direct la potențiometrul P_1 pentru sensibilitatea maximă a măsurării sau prin borna 2 și R_1 pentru sensibilitate micșorată. Sensibilitatea se ajustează prin potențiometrul P_1 . Amplificatorul de transconductanță ATA este constituit din circuitul de filtrare R_{11} , C_2 tranzistorul T_2 , R_6 , T_1 , R_7 , R_8 și transformatorul TR2 cu secundarul S_2 acordat prin C_5 pe frecvența oscilatorului.

Mărimea de intrare a acestui amplificator este tensiunea alternativă de la cursorul potențiometrului P transmisă prin C_1 la baza tranzistorului T_2 , iar mărimea de ieșire este curentul debitat în secundarul S_2 la intrarea DSF. Prin înfășurarea secundară S_1 se realizează o reacție serie-serie ceea ce determină creșterea impedanțelor amplificatorului atât în circuitul de intrare cât și în cel de ieșire.

Detectorul sensibil la fază, monoalternanță, este constituit de tranzistoarele T_3 , T_4 care se deschid pentru o singură semialternanță a tensiunii V_r . Aceste tranzistoare sînt conectate inversat (emitorul drept colector și colectorul drept emitor) rezultînd astfel o tensiune reziduală mult mai mică decît în cazul conectării normale.

Filtrul trece jos este constituit din R_{11} și C_7 .

Trebuie observată izolarea galvanică a DSF și FTJ față de restul montajului care se realizează prin înfășurările secundare TR1- S_3 și TR2- S_2 . În acest fel este posibilă conectarea arbitrară la masă a bornelor de ieșire ale DSF, respectiv 1 și 2, de la conectorul 2.

3. DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

3.1. Se vor determina caracteristicile $x_{ME}(x)$, $L_1(x)$, $L_2(x)$ unde x_{ME} este deplasarea măsurată electric cu voltmetrul la ieșirea convertorului PR 9309, L_1 și L_2 inductivitățile bobinelor traductorului studiat (PR 9314/05), iar x deplasarea măsurată mecanic, cu șurubul micrometric. În acest scop șurubul micrometric se aduce la 0,00 și se dau deplasări din 2 mm în 2 mm pînă la sfîrșitul domeniului (20 mm). Inductivitățile L_1 și L_2 se măsoară cu o punte RLC.

Se notează indicațiile voltmetrului și inductivitățile măsurate la bornele L_1 , L_2 față de masă pentru fiecare poziție a șurubului micrometric într-un tabel de forma:

x	0	2	16	18	20
x_{ME}						
L_1						
L_2						

Se trasează caracteristicile $x_{ME}(x)$, $L_1(x)$, $L_2(x)$, $L_1(x)-L_2(x)$.

3.2. Se vizualizează, pe canalul 2 al osciloscopului cu două spoturi, și se desenează formele de undă ale tensiunilor în punctele TP2, TP4, TP5, TP3, TP7 (TP6 se va conecta la TP0 numai pentru această determinare) avînd ca referință, pe canalul 1, semnalul din TP1.

Se vizualizează (cu aceeași referință ca la punctul anterior !) curentul de intrare în FTJ între bornele TP9 (conectat la TP0 numai pentru această măsurare) și TP7 pentru două poziții simetrice față de poziția de echilibru a traductorului.

3.3. Se calculează neliniaritatea caracteristicilor $x_{ME}(x)$, $L_1(x)$, $L_2(x)$, $L_1(x) - L_2(x)$ conform determinărilor de la 3.1.

4. SE VA RĂSPUNDE LA URMĂTOARELE ÎNTREBĂRI:

4.1. De ce trebuie stabilizată amplitudinea de oscilație a oscilatorului OSC ?

4.2. Are importanță puritatea semnalului sinusoidal aplicat traductorului ?

4.3. Cine determină unghiul de deschidere al tranzistoarelor chopper T_3 , T_4 ? Cum trebuie procedat ca acest unghi să aibă o valoare apropiată de valoarea ideală de 180° ?

4.4. Care oscilogramă evidențiază eventualul dezacord între frecvența oscilatorului și frecvența pe care este acordat amplificatorul de transconductanța ATA ?

4.5. Care sînt criteriile de dimensionare a elementelor din filtrul trece jos ?

BIBLIOGRAFIE

1. M.Bodea, I.Mihuț, L.Turic, V.Tiponuț. *Aparate electronice pentru măsurare și control*, Editura didactică și pedagogică, București, 1985.

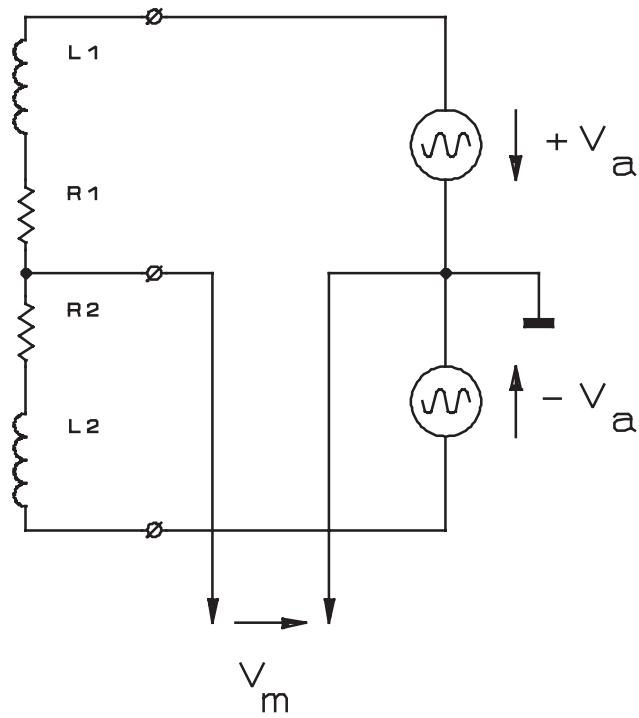


Figura 1

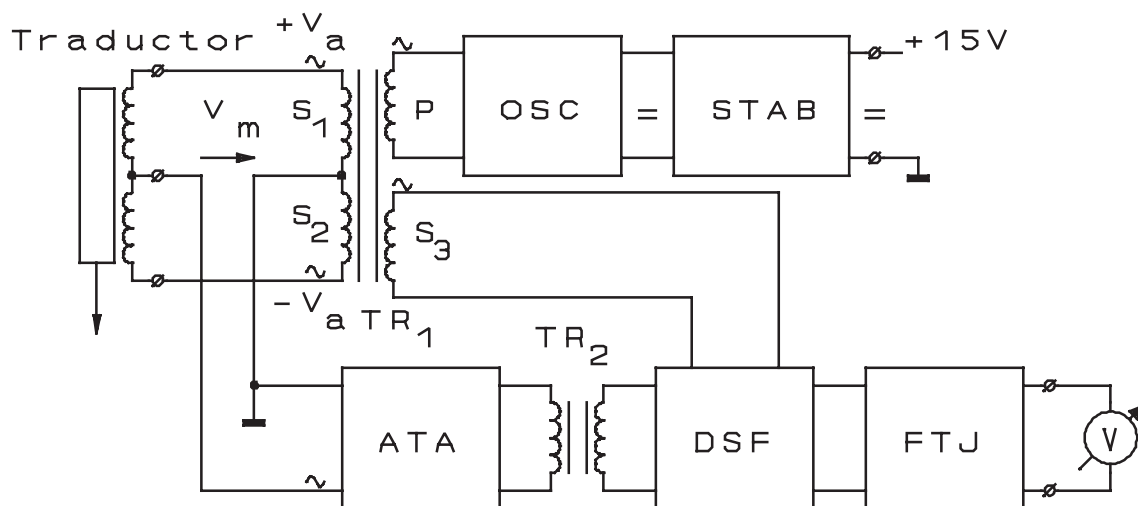


Figura 2

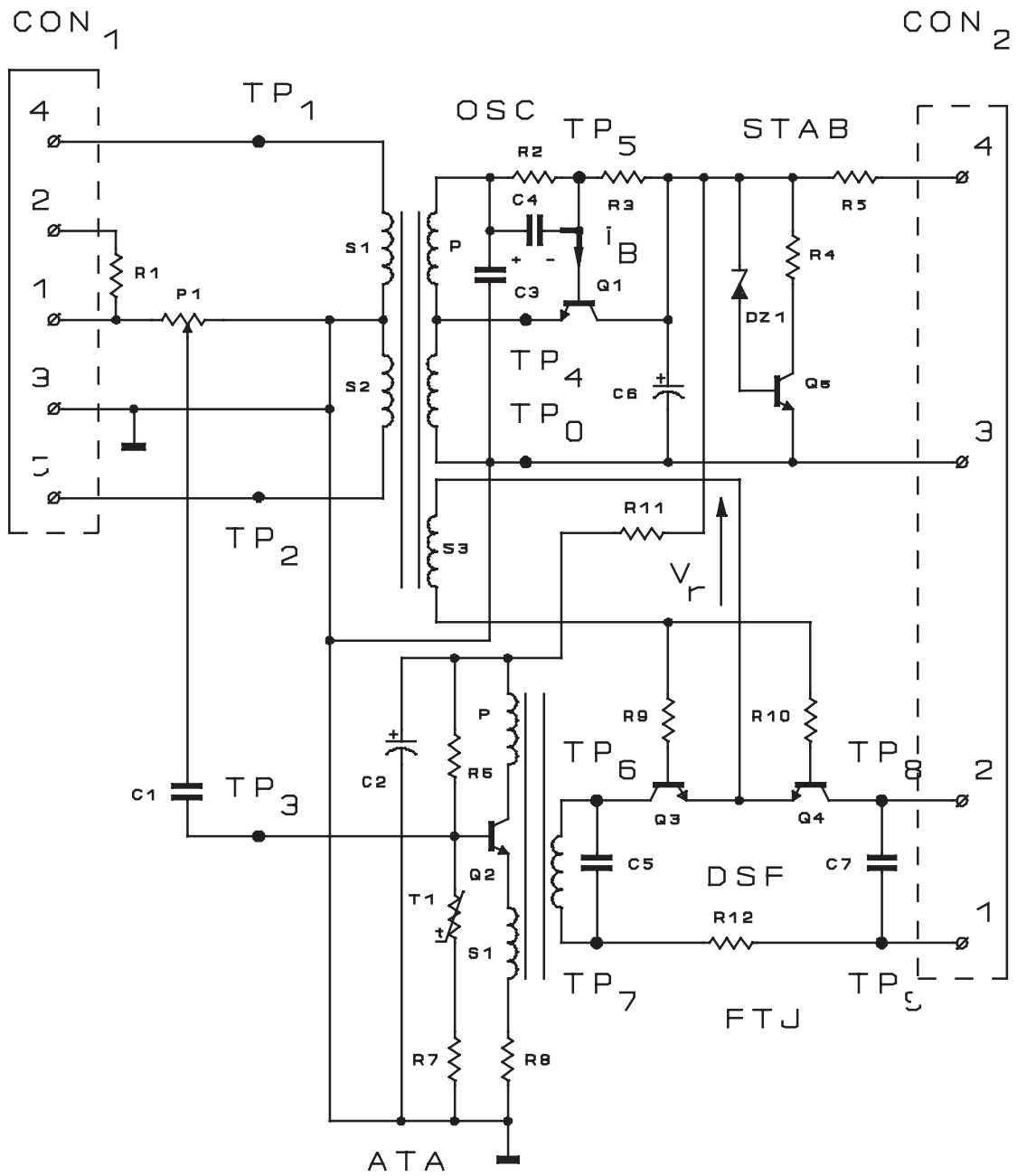


Figura 3