

U.T. „Gh. Asachi” Iași

Facultatea de Electronică și Telecomunicații
Componente și Circuite Pasive

Transformatorul de joasă frecvență

Transformatorul este un aparat electric utilizat pentru modificarea valorilor tensiunilor și curenților variabili. Fizic, transformatorul este realizat dintr-un ansamblu de bobine cuplate inductiv prin intermediul unui miez magnetic comun. Transmiterea energiei de la o bobina la alta se realizează prin intermediul câmpului electromagnetic variabil localizat în miezul magnetic (circuitul magnetic). Transmiterea de energie se face de la o sursă care alimentează bobina (înfășurarea) primară la un receptor conectat la o bobina (înfășurarea) secundară. Pentru transformatoarele de joasă frecvență, miezul magnetic este realizat din materiale ce au ca principal element fierul.

Transformatoarele practice se clasifică după domeniul de utilizare în :

- 1.- transformatoare și autotransformatoare de putere (utilizate în stațiile de transformare ale sistemului electroenergetic),
- 2.- transformatoare speciale de putere, utilizate la alimentarea cuptoarelor electrometalurgice, a instalațiilor de redresare, în sudura electrică...,
- 3.- transformatoare de măsură - de curent și de tensiune,
- 4.- transformatoare de înaltă tensiune pentru încercarea izolatoarelor la străpungere,
- 5.- transformatoare pentru schimbarea numărului de faze,
- 6.- transformatoare utilizate în aparatura electronică și de automatizare,
- 7.- autotransformatoare,
- 8.- amplificatoare magnetice,
- 9.- multiplicatoare de frecvență.

Transformatoarele utilizate în aparatura electronică sunt :

- 1.- transformatoare ce funcționează pe frecvență fixă: se conectează la rețeaua de tensiune alternativă și alimentează cu alte valori de tensiune aparatul (în general sunt transformatoare coborâtore de tensiune, tensiunea în secundar fiind mai mică decât cea a rețelei)
- 2.- transformatoare ce funcționează la frecvență variabilă: cel mai adesea sunt utilizate la frecvențe din domeniul audio, având rolul preponderent de transmitere nedeformată a informației în timp ce la prima categorie importantă era transferarea energiei cu un randament cât mai ridicat.

Miezul magnetic are rolul de a forma un circuit închis cu reluctanța minimă pentru fluxul magnetic. Miezurile trebuie să fie construite din materiale cu permeabilitate magnetică mare în câmpuri alternative intense, cu pierderi reduse prin histerezis și curenți turbionari.

Materialele magnetice utilizate pentru execuția miezurilor de transformatoare și bobine de joasă frecvență se realizează prin laminare la cald sau la rece, sub forma de tole sau benzi din fier cu dimensiuni normalizate (standardizate). Aceste materiale mai sunt denumite **materiale feromagnetice**. Proprietățile magnetice ale oțelurilor laminate la cald sunt aceleași în toate direcțiile, în timp ce prin laminare la rece cristalele fierului sunt orientate cu predilecție pe direcția de laminare. Astfel tolele laminate la rece au pierderi specifice reduse și caracteristici electromagnetice superioare pe direcția sensului de laminare (direcție de ușoară magnetizare) în raport cu cele laminate la cald care au aceleași proprietăți magnetice (mai slabe) pe orice direcție din material. Utilizarea miezurilor din fier este posibilă numai la frecvențe joase (eficient până la $500[\text{Hz}]$ și acceptabil până la $10[\text{kHz}]$)

pentru tole mai subțiri de 0,1mm și un raport putere/volum de valori reduse) deoarece pierderile cresc mult cu frecvența în special din cauza conductivității ridicate a materialului. La frecvențe mai ridicate sunt utilizate miezuri din materiale **ferimagnetice (ferite)** care se obțin prin presarea unui amestec de oxizi. Feritele sunt utilizate la frecvențe cuprinse între zeci de kHz și sute de MHz sau chiar GHz-ti (ferite pentru microunde).

Materialele feromagnetice sunt realizate sub forma de tole și au grosimi de : **0,5 ; 0,35 ; 0,2[mm]** pentru frecvențe de **50 - 60 [Hz]** și respectiv : **0,2 ; 0,15 ; 0,1 ; 0,08 [mm]** pentru **400[Hz]** și superioare . Tolele se confecționează din aliaje de fier și siliciu (până la 4,3 % Si). Siliciul determină creșterea rezistivității materialului (se limitează curenții turbionari) dar face ca tabla să devină dură și casantă (nu se pot lamina table foarte subțiri). Pentru creșterea în continuare a rezistivității miezului magnetic, tolele ce realizează miezul respectiv, sunt izolate între ele prin oxidare, lăcuire sau cu izolații ceramice. În tabelul 1 se prezintă tipurile de tole mai frecvent utilizate și notarea dimensiunilor unui miez realizat din tole de fier.

Înfășurările sunt realizate în marea majoritate a cazurilor din conductoare de cupru cu secțiune circulară. Conductorul de bobinaj este izolat (pentru a preveni scurtcircuitarea spirelor între ele) cu : email , email și fibre textile din bumbac și/sau mătase sau cu fibre anorganice. Cuprul are rezistivitatea la 20°C , $\rho_{Cu} = 0,01724 [\text{ohm}\cdot\text{mm}^2/\text{m}]$ și coeficientul de variație a rezistivității cu temperatura $\alpha_{\rho} = 3,93 \times 10^{-3} [1/^{\circ}\text{C}]$. În tabelul 2 se prezintă caracteristicile conductoarelor de bobinaj din cupru izolat cu email având diametre până la cel mult 2 mm.

Pentru bobinarea transformatoarelor de putere mică se limitează diametrul maxim al conductorului la 3[mm]. Înfășurările sunt realizate pe o carcasa din material dielectric la care după bobinare se atașează miezul magnetic. Între straturile de conductor bobinate pe carcasa se introduc folii izolante iar între primar și secundar se poate introduce o folie conductoare (din tabla de cupru foarte subțire bobinată o spira astfel încât capetele să nu fie în scurtcircuit) ce se conectează printr-un fir de Cu la jugul magnetic (la masa aparatului). Folia se numește ecran și are rol de protecție a sarcinii utile (conectate în secundar) față de tensiunile mari și perturbațiile electromagnetice din circuitul de la care se alimentează înfășurarea primară.

Pentru umplerea interstițiilor dintre tole și spire se execută impregnarea transformatoarelor. Prin impregnare se elimină spațiile dintre tole (se reduce zgomotul datorat vibrațiilor tolelor) . Se elimină astfel și aerul dintre spire sau din materialele izolante (se înlătură higroscopicitatea și se crește tensiunea de străpungere) prin aceasta obținându-se , în plus , creșterea conductivității termice și a rigidității mecanice.

Modul de lucru

1. Se identifică transformatorul. Se notează dimensiunile tolelor și ale miezului. Se calculează puterea maximă ce poate fi transferată prin transformator.

2. Se identifică înfășurările transformatorului prin măsurare cu ohmmetrul. Se notează rezistențele în curent continuu (măsurate) ale fiecărei înfășurări.

3. Se realizează circuitul din figura 1.

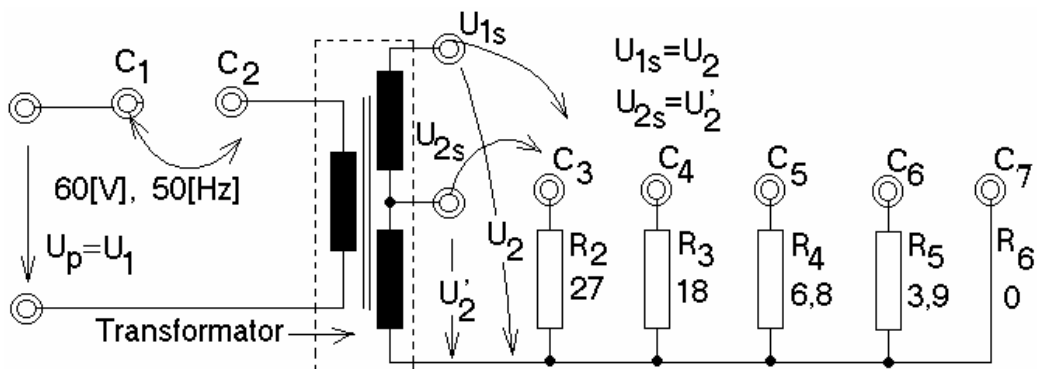


Fig. 1

4. Se alimentează înfășurarea primara cu o tensiune de 60[V], 50[Hz] și se determină prin măsurători raportul de transformare $n = n_2/n_1$.

5. Se completează tabelul T1, măsurând succesiv U_1 , U_2 (valori efective), pentru fiecare rezistor conectat în secundarul transformatorului. Pe toata durata măsurătorilor se vizualizează tensiunea u_2 și se desenează forma de undă. Se măsoară apoi curentul I_1 conectând *MAVO* ca ampermetru pentru măsurarea curentului alternativ la bornele C1 și C2. (se selectează din nou toate rezistențele în secundar). Se măsoară curentul I_2 refăcând șuntul C1-C2 și conectând pe rând ampermetrul între bornele C3 și respectiv C4, C5, C6, C7.

Tabelul T1

	$R_1 = \infty$ (gol)	R_2	R_3	R_4	R_5	$R_6 = 0$ (scurtcircuit)
U_1						
U_2						
I_1						
I_2						
Forme de undă pt. u_2						

6. Se reprezintă graficele : $U_1(I_1)$, $U_2(I_2)$.

7. Se repetă punctele 4 și 5 pentru toate secundarele.