

UNIVERSITATEA
„POLITEHNICA” din BUCUREŞTI
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

Proiect
Componente și Circuite Pasive

Circuit rezistiv alimentat printr-un transformator de mică putere

Nica Sorin Nicusor

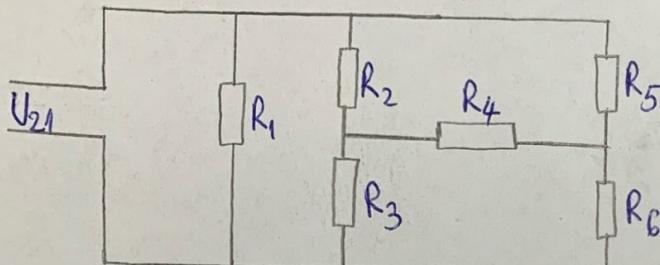
Grupa 421C

București 2022

Date initiale de proiectare

Transformatorul monofazat de mică putere are trei anfrazuri secundare care alimentează trei rețele resistive diferite.

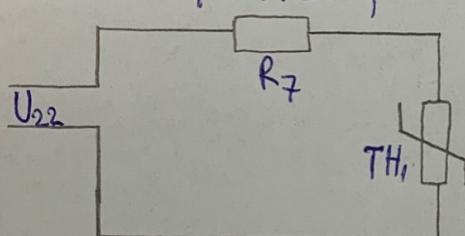
a) Secundarul 1: cu tensiunea 16 V alimentează o rețea cu următoarea structură:



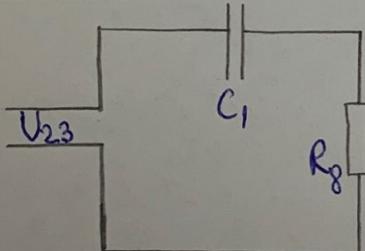
$$\begin{array}{ll} R_1 = 5 \Omega & R_4 = 39 \Omega \\ R_2 = 22 \Omega & R_5 = 12 \Omega \\ R_3 = 10 \Omega & R_6 = 12 \Omega \end{array}$$

Rezistoarele funcționează într-un modin la temperatură ambientă de $10 \pm 80^\circ\text{C}$

b) Secundarul 2 cu tensiunea de 16 V alimentează o rețea formată dintr-un rezistor $R_7 = 47 \Omega$ și un termistor de tip NTC cu parametrul $B = 3000\text{K}$, de rezistență $R_{th} = 18 \Omega$ (la temperatura de 25°C), la temperatura ambientă de 20°C .



c) Secundarul 3 cu o tensiune de 180V va alimenta un consumator de tip rezistiv ($R_8 = 1,5 \text{ K}\Omega$), cu reducerea tensiunii prin intermediu unui condensator $C_1 = 470\text{nF}$



d) Tensiunea de intrare în circuitul primar $U_1 = 110\text{V}$ și frecvența $f = 60\text{Hz}$

Componentele sunt alese de tip THT, de pe site-ul www.ro.farnell.com

Transformatorul

Scopul acestui proiect este de a realiza un transformator monofasic de mică putere. Această componentă este prezentă în multe scheme de alimentare a aparaturii electronice de tip staționar. El este destinat să modifice valoarea tensiunii și curentului, de la nivelul oferit de rețea circuitului primar, la nivelul sau nivellele măsurate în circuitul sau circuitul secundar. Transformatorul oferă în plus și izolare galvanică față de rețea de curent alternativ, a pasivului aparatului electronic în care este incorporat, asigurând electrosecuritatea persoanelor care îl manipulează. Din punct de vedere constructiv, un transformator de rețea de mică putere, prezintă următoarele părți componente principale: carcăse electroizolantă, bobinaj, miez feromagnetic, din tole de tablă silicioasă, din borsi și sistem de strângere a miezului magnetic și de fixare a transformatorului de pe pasivul aparatului electronic.

Pentru a proiecta această componentă trebuie parcursse următoarele etape:

- Se evaluatează puterea totală absorbită din secundar;
- Se calculează puterea totală absorbită din primar;
- Se dimensionează secțiunea în fier a miezului magnetic;
- Se calculează numărul necesar de spire pe volt;
- Se calculează numărul de spire din primar și din secundar;
- Se evaluatează curentul din primar;
- Se dimensionează diametrul sărmii de bobinaj;
- Se calculează aria totală ocupată de inșipurări în fereastra tolei pentru primar și secundar;
- Se calculează aria totală ocupată de inșipurări;
- Se dimensionează tola necesară pentru un factor optim $\beta = 0,7$;
- Se calculează grosimea sachetului de tole;
- Se calculează numărul de tole necesare pentru confectionarea miezului magnetic, în funcție de grosimea acestora.

The transformer

The purpose of this project is to make a low-power single-phase transformer. This component is present in many power supply schemes for stationary electronic equipment. He is intended to change the value of voltage and current, from the level provided by primary circuit network, at the level or levels ~~reg~~ required in the circuit or circuits secondary.

The transformer also provides galvanic isolation from the mains alternating current, of the chassis of the electronic device in which it is incorporated, ensuring electrical safety of the people who handle it. By point of view constructively, a low-power network transformer, has the following parts main components: electro-insulating case, winding, ferromagnetic core, made of silicon sheet metal, strips and system for clamping the magnetic core and fixing the transformer to the chassis of the electronic device.

To design this component, the following steps must be completed:

- Evaluate the total power consumption of secondary;
- Calculate the primary power consumption;
- Size the (magnetic) iron section of the magnetic core;
- Calculate the required number of turns per volt;
- Calculate the number of turns required in the primary and in the secondary;
- Evaluate the current in the primary;
- Scale the wire's diameter, of the primary winding;
- The total area occupied by the windings in the tube window is calculated for the primary and secondary;
- Calculate the total area occupied by the windings;
- Scale the gaps needed for optimal factor $\delta=97$;
- Calculate the thickness of the laminations;
- Calculate the number of sheets required for manufacturing the magnetic core, depending on the thickness.

Caprinsul proiectului

- Pagina 2: Date initiale de proiectare
- Pagina 3: Prezumatul proiectului (limba română)
- Pagina 4: Prezumatul proiectului (limba engleză)
- Pagina 5: Caprinsul proiectului
- Pagina 6: Notiuni generale: Capitolul 1
- Pagina 9: Capitolul 2: Calculul și dimensionarea ansamblului
- Pagina 9: 2.1. Calculul suportilor și al puterilor dirigate pe rezistoarele rețelei
- Pagina 14: 2.2. Afegerea rezistoarelor pe bara valorii nominale și a puterii dirigate afectată de dorâtung
- Pagina 16: 2.3. Realizarea tabelului de componentă (BOM)
- Pagina 17: 2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia
- Pagina 21: Capitolul 3: Instrucțiuni, desene, schițe și detalii tehnologice de execuție
- Pagina 24: Capitolul 4: Bibliografie
- Pagina 25: Concluzii

Capitolul 1: Introducere (Notiuni generale)

Transformatorul de rețea monofazic este o componentă prezentă în majoritatea schemelor de alimentare, a aparaturii electrice de tip staționar.

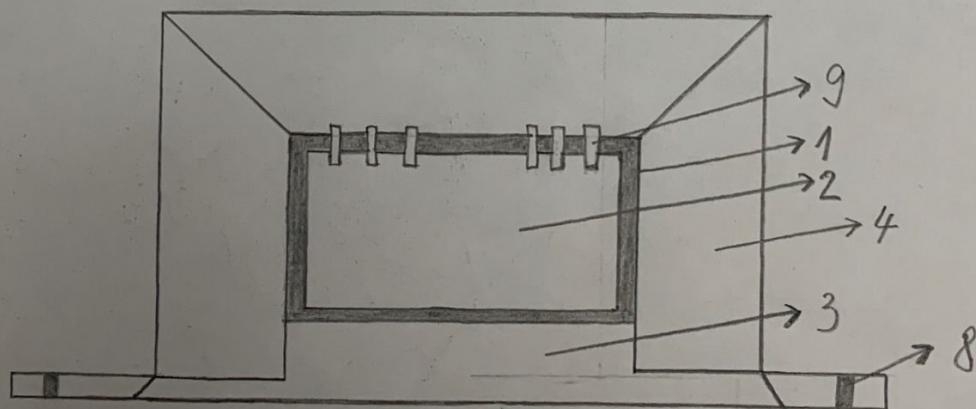
Este folosit pentru a transfera curent alternativ de la un circuit electric la alt circuit prin intermediul inductiei electromagnetice.

Transformatorul oferă în plus și izolare galvanică față de redeaua de curent alternativ, a panoului aparatului electronic în care este încorporat, asigurând electrosecuritatea persoanelor care să utilizeze.

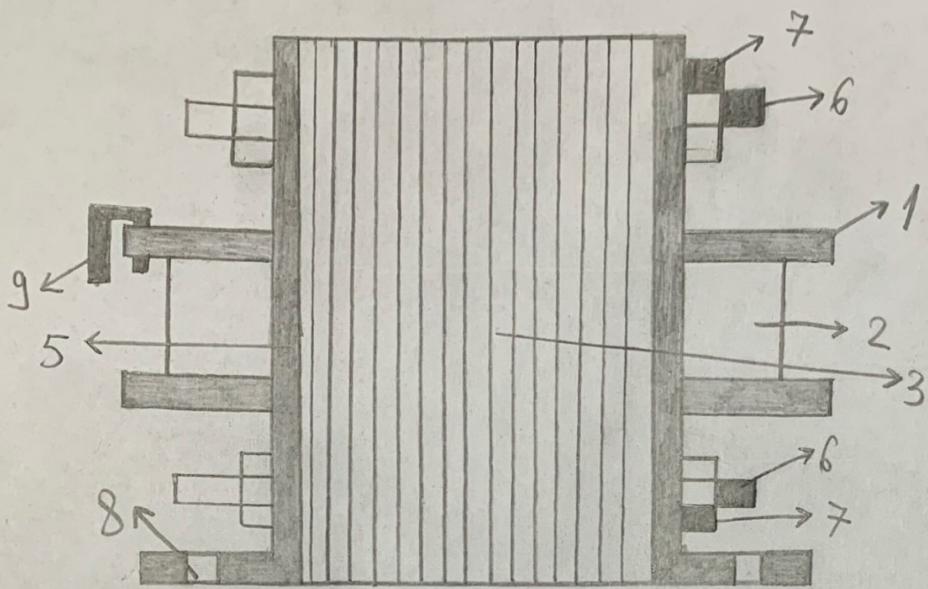
Din punct de vedere constructiv, un transformator de rețea de mică putere prezintă următoarele părți componente principale:

- carcasa electroizolantă;
- bobinaj;
- mișor feromagnetic, din tole de tablă silicioasă (format E+J, U+J, J) din benză;
- sistem de strângere al mișorului magnetic și de fixare a transformatorului de pe panoul aparatului electronic;

Transformatorul de rețea asamblat cu manta:



Transformator de retea aramblat cu prezoane:



- 1 - carcasa
- 2 - bedinje
- 3 - mier magnetic
- 4 - manta de strangere
- 5 - elice de prindere
- 6 - prezoane de strangere
- 7 - piulișe
- 8 - orificiu de fixare
- 9 - cose

Realizarea unui transformator de retea monofazat de mică putere, în producția de serie, implică următoarele etape tehnologice:

- obținerea toanelor;
- tratamentul termic al toanelor stăngate;
- realizarea carcasii;
- bobinarea infețurilor;

Bobinarea transformatoarelor de retea se poate realiza, în funcție de cerințele tehnico-economice impuse, în două tehnici:

- fără izolație între straturi;
- cu izolație între straturi;

În primul caz se bobinează în următoarea ordine:

1. înfășurarea primară;
2. se introduc consecutiv două straturi de folie de izolație „trofa” (hartie specială parafinată sau folie de poliester, cu grosimea de 30-50 μm);
3. prima înfășurare secundară, urmată de introducerea unui strat de izolație;
4. întreaga bobină se izolează în final și la exterior; .

În al doilea caz se introduce către un strat de izolație după fiecare strat de spire bobinate.

5. introducerea toblelor în sarcină (grăzie denumite „lamelarea transformatorului”).

Proiectarea transformatorului se face pornindu-se de la următoarele mărimi cunoscute:

- U_1 [V] - valoarea eficacă a tensiunii din primar;
- f [Hz] - frecvența rețelei monofazice de curent alternativ;
- K = numărul de infășuri secundare;
- U_{2K} [V] - tensiunea eficacă în sarcină în infășurarea secundară K ;
- B_m [T] - inducția maximă admisă în miezul magnetic
- Procedul de bobinare implementat, impus de condițiile electrice și climatice, în care se va utiliza transformatorul de rețea respectiv

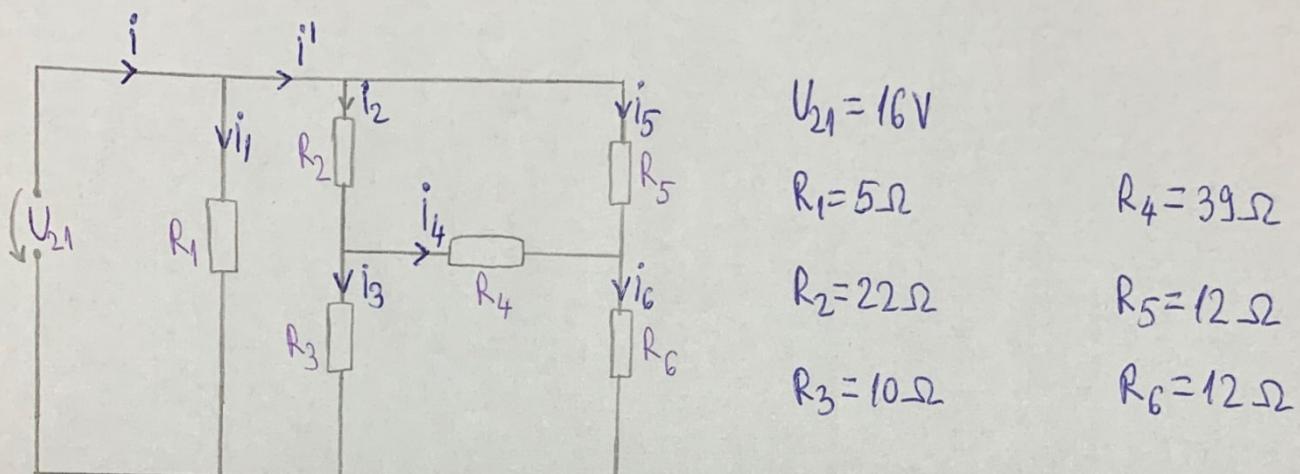
Prin proiectarea transformatorului de rețea se urmărește determinarea prin calcul a datelor necesare realizării sale în practică și anume:

- n_1 - numărul de spire din infășurarea primară;
- n_{2K} - numărul de spire din infășurarea secundară K ;
- d_1 [mm] - diametrul conductorului de bobinaj, din primar;
- d_{2K} [mm] - diametrul conductorului de bobinaj, în infășurarea secundară K ;
- a [mm] - tipul de tăbă STAS;
- b [cm] - grosimea pachetului de tole;
- N - numărul de tole necesar;

Capitolul 2: Calculul și dimensionarea ansamblului

2.1. Calculul curentilor și al puterilor dissipate pe rezistorile rețelei

a) Circuital 1



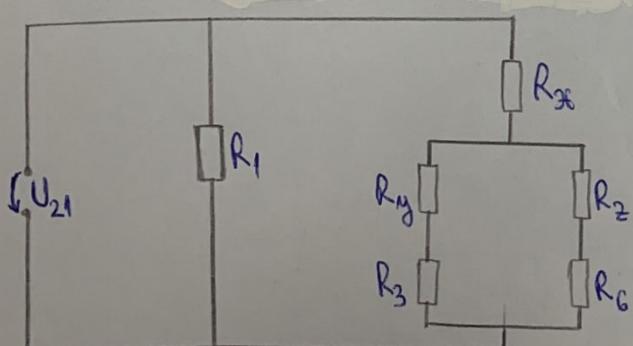
Pentru rezistorile R_2 , R_4 și R_5 aplicăm transformarea triunghi - stea:

$$R_x = \frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5 + R_4} = \frac{22 \cdot 12}{22 + 12 + 39} = \frac{264}{73} \Omega = 3,616 \Omega$$

$$R_y = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_5 + R_4} = \frac{22 \cdot 39}{22 + 12 + 39} = \frac{858}{73} \Omega = 11,75 \Omega$$

$$R_z = \frac{R_4 R_5}{R_2 + R_5 + R_4} = \frac{39 \cdot 12}{22 + 12 + 39} = \frac{468}{73} \Omega = 6,41 \Omega$$

Circuital devine:



• R_y serie cu R_3 :

$$R_{S1} = R_y + R_3 = 11,75 + 10 = 21,75 \Omega$$

• R_2 serie cu R_6 :

$$R_{S2} = R_2 + R_6 = 6,41 + 12 = 18,41 \Omega$$

• R_{S1} - paralel cu $R_{S2} \Rightarrow R_p = \frac{R_{S1} \cdot R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}} = \frac{400,475}{40,16} \Omega = 9,97 \Omega$

- R_{P_1} - series zu $R_{ZT} \Rightarrow R_{S3} = R_{P_1} + R_{ZT} = 9,97 + 3,616 \Omega = 13,586 \Omega$
- R_1 - parallel zu $R_{S3} \Rightarrow R_{\text{ach}} = \frac{R_1 \cdot R_{S3}}{R_1 + R_{S3}} = \frac{5 \cdot 13,586}{5 + 13,586} \Omega = 3,65 \Omega$

$$i = \frac{U_{21}}{R_{\text{ach}}} = \frac{16V}{3,65\Omega} = 4,383 A$$

$$i_1 = \frac{U_{21}}{R_1} = \frac{16V}{5\Omega} = 3,2 A$$

$$i' = i - i_1 = 4,383 - 3,2 A = 1,183 A$$

K1: $\begin{cases} i_2 + i_5 = i' = 1,183 A \\ i_2 = i_3 + i_4 \\ i_6 = i_4 + i_5 \end{cases}$

K2: $\begin{cases} i_1 R_1 = i_2 R_2 + i_3 R_3 \Rightarrow 16 = 22i_2 + 10i_3 \Rightarrow i_3 = \frac{16 - 22i_2}{10} \\ i_5 R_5 = i_4 R_4 + i_2 R_2 \Rightarrow 12i_5 = 39i_4 + 22i_2 \\ i_3 R_3 = i_4 R_4 + i_6 R_6 \Rightarrow 10i_3 = 39i_4 + 12i_6 \Rightarrow \end{cases}$

$$\Rightarrow i_6 = \frac{10i_3 - 39i_4}{12} = \frac{16 - 22i_2 - 39i_4}{12}$$

$$\begin{cases} i_5 = 1,183 - i_2 \\ i_6 = i_4 + i_5 \end{cases} \Rightarrow \frac{16 - 22i_2 - 39i_4}{12} = i_4 + 1,183 - i_2 \quad | \cdot 12$$

$$16 - 22i_2 - 39i_4 = 12i_4 + 14,196 - 12i_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1,804 = 51i_4 + 10i_2 \quad | \quad i_4 = i_2 - i_3 \Rightarrow 51i_2 - 51i_3 + 10i_2 = 1,804 A \Rightarrow 61i_2 - 51i_3 = 1,804 A$$

$$i_3 = \frac{16 - 22i_2}{10} \Rightarrow 61i_2 - 51 \cdot \frac{16 - 22i_2}{10} = 1,804 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 61i_2 - 81,6 + 112i_2 = 1,804 \Rightarrow 173,2i_2 = 83,404 \Rightarrow i_2 = 0,4815 A = 481,5 mA$$

$$i_3 = \frac{16 - 22i_2}{10} = 540,7 \text{ mA}$$

$$i_4 = i_2 - i_3 = -59,2 \text{ mA}$$

$$i_5 = i' - i_2 = 701,5 \text{ mA}$$

$$i_6 = i_4 + i_5 = 642,3 \text{ mA}$$

$$P_1 = R_1 \cdot i_1^2 = 5 \cdot 10,24 = 51,2 \text{ W}$$

$$P_2 = R_2 i_2^2 = 22 \cdot 0,2318 = 5,1 \text{ W}$$

$$P_3 = R_3 \cdot i_3^2 = 10 \cdot 0,2923 = 2,923 \text{ W}$$

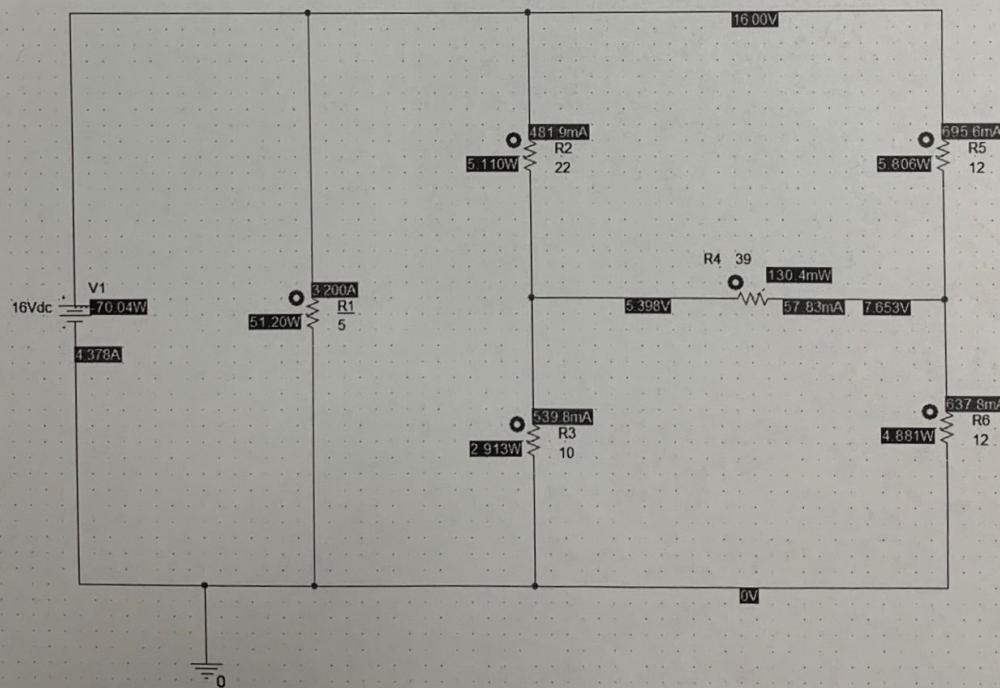
$$\Rightarrow P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 70,214 \text{ W}$$

Pentru verificare, am folosit programul OrCAD pentru simulare PSNica:

$$P_4 = R_4 \cdot i_4^2 = 39 \cdot 0,0035 = 0,13668 \text{ W}$$

$$P_5 = R_5 \cdot i_5^2 = 12 \cdot 0,4921 = 5,905 \text{ W}$$

$$P_6 = R_6 \cdot i_6^2 = 12 \cdot 0,4125 = 4,95 \text{ W}$$



In PSNica am obtinut:

$$i_2 = 4,378 \text{ A}$$

$$i_1 = 3,2 \text{ A}$$

$$i_2 = 481,9 \text{ mA}$$

$$i_3 = 539,8 \text{ mA}$$

$$i_4 = 57,83 \text{ mA}$$

$$i_5 = 695,6 \text{ mA}$$

$$i_6 = 637,8 \text{ mA}$$

$$P_1 = 51,2 \text{ W}$$

$$P_2 = 5,11 \text{ W}$$

$$P_3 = 2,913 \text{ W}$$

$$P_4 = 130,4 \text{ mW}$$

$$P_5 = 5,806 \text{ W}$$

$$P_6 = 4,881 \text{ W}$$

$$P_t = 70,04 \text{ W}$$

b) Secundarul 2

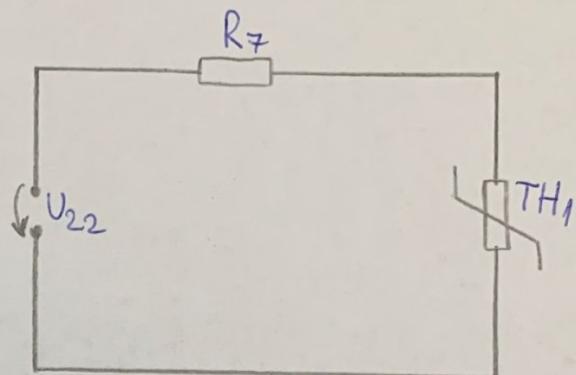
$$U_{22} = 16V$$

$$R_7 = 47 \Omega$$

$$R_{TH} = 18 \Omega \text{ (la } t=25^\circ\text{C)}$$

$$B = 3000K$$

$$t=25^\circ\text{C} \Rightarrow T=273+25K=298K$$



$$R(T) = A \cdot l^{\frac{B}{T}} \Rightarrow 18 = A \cdot l^{\frac{3000}{298}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A = \frac{18}{l^{\frac{3000}{298}}} = 0,00076 \Omega$$

$$\Rightarrow R(T) = 0,00076 \cdot l^{\frac{3000}{T}}$$

Studiem valoarea lui R_{TH} la limitele de temperatură și alegerim R_{TH} astfel încât P_{22} să fie maximă.

CAZ 1: $t=10^\circ\text{C} \Rightarrow T=283K$

$$R(T) = 0,00076 \cdot l^{\frac{3000}{283}} = 30,5 \Omega$$

$$R_e = R_7 + R_{TH} = 47 + 30,5 \Omega = 77,5 \Omega$$

$$i = \frac{U_{22}}{R_e} = \frac{16}{77,5} A = 0,206 A$$

$$P = R_e i^2 = 77,5 \cdot (0,206)^2 = 3,288 W$$

$$P_7 = R_7 i^2 = 47 \cdot (0,206)^2 = 1,994 W$$

CAZ 2: $t=80^\circ\text{C} \Rightarrow T=353K$

$$R(T) = 0,00076 \cdot l^{\frac{3000}{353}} = 3,73 \Omega$$

$$R_e = R_7 + R_{TH} = 47 + 3,73 = 50,73 \Omega$$

$$i = \frac{U_{22}}{R_e} = \frac{16}{50,73} A = 0,315 A$$

$$P = R_e i^2 = 50,73 \cdot (0,315)^2 = 5,03 W$$

$$P_7 = R_7 i^2 = 47 \cdot (0,315)^2 = 4,66 W$$

$\Rightarrow P$ este maxim pentru $R_{TH}=3,73 \Omega \Rightarrow P_{22}=5,03 W$

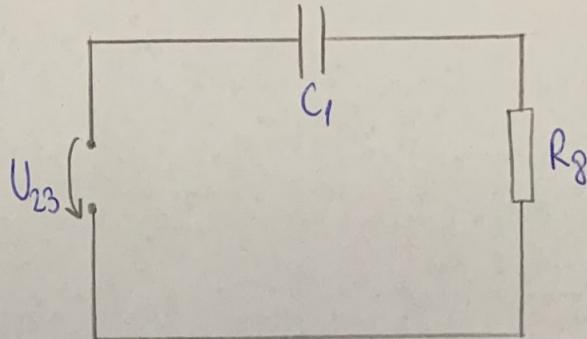
c) Secundarul 3

$$R_8 = 1,5 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 470 \text{ nF}$$

$$U_{23} = 180 \text{ V}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$



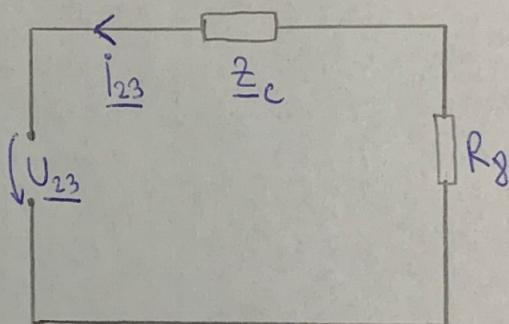
$$u_{23}(t) = 180\sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow u_{23}(t) = 180\sqrt{2} \sin(120\pi t)$$

$$P_8 = R_8 \cdot I_{23}^2$$

$$U_{23} = \frac{180\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \cdot e^{j \cdot 0} = 180$$

$$\underline{Z}_c = \frac{-j}{\omega C_1} = \frac{-j}{2\pi \cdot 60 \cdot 470 \cdot 10^{-9}} = -j \cdot \frac{10^7}{12 \cdot 47 \cdot \pi} = -j \cdot 5646,6$$



$$\underline{Z}_L = R_8 + \underline{Z}_c = 1500 - j \cdot 5646,6$$

$$U_{23} = I_{23} \cdot \underline{Z}_L \Rightarrow I_{23} = \frac{U_{23}}{\underline{Z}_L} = \frac{180}{1500 - j \cdot 5646,6} = \frac{180(1500 + j \cdot 5646,6)}{1500^2 + 5646,6^2}$$

$$I_{23} = \frac{270000 + 1016388j}{34134091,6} = 0,0079 + 0,0297j$$

$$\Rightarrow I_{23} = \sqrt{(0,0079)^2 + (0,0297)^2} = \sqrt{0,00006241 + 0,00088209} = 0,0307 \text{ A}$$

$$P_8 = R_8 \cdot (0,0307)^2 = 1,4137 \text{ W}$$

2.2. Blagerea rezistoarelor, pe baza valorii nominale și a puterii dissipate afectată de „dureting”

În electronică, termenul de „dureting” face referire la funcționarea unui dispozitiv la mai puțin de capacitatea sa nominală maximă, în scopul de a extinde durata de viață a acestuia. Însă, în practică se urmărește funcționarea sub rating-ului maxim de putere, tensiune sau curent.

În fel, vom alege din catalogele producătorilor de componente passive, rezistoare cu o putere nominală mai mare decât cea dissipată pe acestea în cazul circuitelor anterioare studiate.

Cunoscând puterile dissipate pe rezistoare, calculate anterior, am ales următoarele componente THT:

• Pentru Secundarul 1:

$$R_1 = 5\Omega$$

→ Să ales un rezistor THT, de rezistență 5Ω , putere nominală 100W și toleranță 1%

$$P_1 = 51,2\text{W}$$

$$R_2 = 22\Omega$$

→ Să ales un rezistor THT, de rezistență 22Ω , putere nominală 7W și toleranță $\pm 5\%$

$$P_2 = 5,1\text{W}$$

→ Să ales un rezistor THT, de rezistență 10Ω , putere nominală 4W și toleranță $\pm 5\%$

$$R_3 = 10\Omega$$

→ Să ales un rezistor THT, de rezistență 39Ω , putere nominală 250mW și toleranță $\pm 1\%$

$$P_3 = 2,923\text{mW}$$

$$R_4 = 39\Omega$$

→ Să ales un rezistor THT, de rezistență 12Ω , putere nominală 10W și toleranță $\pm 5\%$

$$P_4 = 0,13668\text{W}$$

→ Să ales un rezistor THT, de rezistență 12Ω , putere nominală $5,905\text{W}$ și toleranță $\pm 5\%$

$$R_5 = 12\Omega$$

→ Să ales un rezistor THT, de rezistență 12Ω , putere nominală 7W și toleranță $\pm 5\%$

$$P_5 = 4,95\text{W}$$

• Pentru Secundarul 2:

$$R_7 = 47\Omega \quad \rightarrow \quad \text{Am ales un rezistor THT, de rezistență } 47\Omega, \\ P_7 = 4,66\text{W} \quad \text{putere nominală } 5\text{W și toleranță } \pm 5\%$$

În cazul termistorului, deoarece nu am găsit unul identic cu cel din datele proiectului, am ales valoarea următoare și am săc un termistor iCL NTC, cu $R_{th}=20\Omega$ la 25°C , cu toleranță $\pm 20\%$.

• Pentru Secundarul 3:

$$R_8 = 1,5\text{K}\Omega \quad \rightarrow \quad \text{Am ales un rezistor THT, de rezistență } 1,5\text{K}\Omega, \\ P_8 = 1,4137\text{ W} \quad \text{putere nominală } 2\text{W și toleranță } \pm 5\%$$

Condensatorul l-am ales de tip THT Electrolitic, de capacitate $0,47\mu\text{F}$ și toleranță $\pm 20\%$

2.3. Realizarea tabelului de componentă (Bill of Materials)

Nr. crt.	Reference Designator, RefDes (referință componentă în schemă, nume PCB)	Nume/cod numărăval oare componentă în schemă (part name/code/number/value)	Clasă	Descriere	Catalog, pagină sau link Internet	Distribuitor (in Romania)	Cod componentă (din catalog sau din pagina distribuitorului din RO)	Nume componentă (la producător)	Producător	Cantitate	Cantitate minima	Pret unitar (Lei fără TVA)	Pret articole (Lei fără TVA)
1	R1	5Ω	rezistor	CURRENT SENSE RESISTOR, 5 OHM, 100W, 1%	https://ro.farnell.com/caddock/mp9100-5-00-1/current-sense-resistor-5-ohm-100w/dp/1162250	FARNELL România https://ro.farnell.com/	1162250	MP9100-5.00-1%	CADDOCK	1	1	86	86
2	R2	22Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 22 ohm, MOR, 7 W, ± 5%, Axial Leaded, 750 V	https://ro.farnell.com/multicomp/mor07w/j0220b09/res-22r-5-7w-axial-metal-oxide/dp/1357924	FARNELL România https://ro.farnell.com/	1357924	MOR07WJ0220B09	MULTICOMP PRO	1	1	7.9	7.9
3	R3	10Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 10 ohm, AC, 4 W, ± 5%, Axial Leaded	https://ro.farnell.com/vishay/ac0400001009jac00/res-10r-4w-axial-wirewound/dp/2614272	FARNELL România https://ro.farnell.com/	2614272	AC0400001009JAC00	VISHAY	1	1	3.95	3.95
4	R4	39Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 39 ohm, MF25, 250 mW, ± 1%, Axial Leaded, 250 V	https://ro.farnell.com/multicomp/mf25-39r/res-39r-1-250mw-axial-metal-film/dp/9341889	FARNELL România https://ro.farnell.com/	9341889	MF25 39R	MULTICOMP PRO	1	10	0.31	3.1
5	R5	12Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 12 ohm, 10 W, ± 5%, Axial Leaded	https://ro.farnell.com/multicomp/pro/mp006121/res-12r-10w-axial-wirewound/dp/3605554	FARNELL România https://ro.farnell.com/	3605554	MP006121	MULTICOMP PRO	1	1	5.95	5.95
6	R6	12Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 12 ohm, SBC Series, 7 W, ± 5%, Axial Leaded	https://ro.farnell.com/cgs-te-connectivity/1623732-6/res-12r-7w-axial-wirewound/dp/3791100	FARNELL România https://ro.farnell.com/	3791100	SBCHE612RJ	CGS - TE CONNECTIVITY	1	1	2.99	2.99
7	R7	47Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 47 ohm, WMO-S, 5 W, ± 5%, Axial Leaded, 500 V	https://ro.farnell.com/it-electronics-welwyn/wmos5-47rj05/res-47r-5w-axial-metal-film/dp/1306240	FARNELL România https://ro.farnell.com/	1306240	WMOSS-47RJA05	TT ELECTRONICS / WELWYN	1	1	1.56	1.56
8	R8	15kΩ	rezistor	Through Hole Resistor, 1.5 kohm, MCF, 2 W, ± 5%, Axial Leaded, 500 V	https://ro.farnell.com/multicomp/mcf-2w-1k5/res-1k5-2w-axial-carbon-film/dp/9338110	FARNELL România https://ro.farnell.com/	9338110	MCF 2W 1K5	MULTICOMP PRO	1	1	1.23	1.23
9	C1	470nF	capacitor	Electrolytic Capacitor, 0.47 µF, 250 V, ± 20%, Radial Leaded, 2000 hours @ 85°C, Polar	https://ro.farnell.com/kemet/esk474m250ac3aa/cap-0-47-f-250v-20/dp/2069093	FARNELL România https://ro.farnell.com/	2069093	ESK474M250AC3AA	KEMET	1	10000	0.19	1900
10	Rth	20Ω	termistor	Thermistor, ICL NTC, 20 ohm, -20% to +20%, Radial Leaded, B57236S0 Series	https://ro.farnell.com/epcos/b57236s0200m000/thermistor-ntc/dp/9751890	FARNELL România https://ro.farnell.com/	9751890	B57236S0200M000	EPCOS	1	1	4.38	4.38

2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia

a) Se calculează puterea totală absorbită din secundar, $P_2 [W]$:

$$P_2 = \sum_K P_{2K} = \sum_K U_{2K} \cdot i_{2K} = U_{21} \cdot i_{21} + U_{22} \cdot i_{22} + U_{23} \cdot i_{23} = \\ = 16 \cdot 4,383 + 5,03 + 180 \cdot 0,0307 = 80,684 W$$

b) Se calculează puterea absorbită în primar, $P_1 [W]$, pentru un randament al transformatorului $\eta = 0,85$:

$$P_1 = \frac{P_2}{0,85} = \frac{80,684}{0,85} W = 94,92 W$$

c) Se dimensionează secțiunea de fier, $S_{Fe} [cm^2]$ a mișcării magnetice:

$$S_{Fe} = 1,2 \sqrt{P_1} = 1,2 \sqrt{94,92} cm^2 = 11,69 cm^2$$

d) Se calculează numărul de spire pe volt n_0 :

$$n_0 = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot B_{max} \cdot S_{Fe}} = \frac{1}{4,44 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot S_{Fe}} = \frac{1}{319,68 \cdot S_{Fe}}$$

$$\begin{aligned} 38 - 48 &= 0,79 \Rightarrow 31 - 39 \\ 38 - 45 &= 0,84 \Rightarrow 31 - 36 \Rightarrow 36 \div 39 \end{aligned}$$

$$\text{Elegem } n_0 = \frac{39}{S_{Fe}} = \frac{39}{11,69} = 3,33 \frac{\text{spire}}{V}$$

e) Se calculează numărul de spire din înfășurarea primară n_1

$$n_1 = n_0 \cdot V_1 = 3,33 \cdot 110 \text{ spire} = 366,3 \text{ spire}$$

Datărea lui n_1 se realizează la 367 spire, toleranță $= \frac{367 - 366,3}{366,3} \cdot 100\% = 0,19\%$ fiind sub 1%

f) Se determină numărul de spire din secundarul K, n_{2K} :

$$n_{2K} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{2K} \Rightarrow n_{21} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{21} = 1,1 \cdot 3,33 \cdot 16 = 58,6 \approx 59 \text{ spire}$$

$$n_{22} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{22} = 1,1 \cdot 3,33 \cdot 16 = 58,6 \approx 59 \text{ spire}$$

$$n_{23} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{23} = 1,1 \cdot 3,33 \cdot 180 = 659,34 \approx 660 \text{ spire}$$

g) Se determină marimea curentului din primar, i_1 :

$$i_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{94,92}{110} A = 0,86 A$$

h) Se dimensionează diametrele conductoarelor de bobinaj $d_i [\text{mm}]$, pentru primar, respectiv $d_{2K} [\text{mm}]$, pentru secundarul K:

$$d_{1;2K} [\text{mm}] = 0,65 \sqrt{i_{1;2K}} [\text{A}]$$

$$d_1 = 0,65 \sqrt{i_1} = 0,65 \sqrt{0,86} \text{ mm} = 0,60278 \text{ mm}$$

$$d_{21} = 0,65 \sqrt{i_{21}} = 0,65 \sqrt{4,383} \text{ mm} = 1,3608 \text{ mm}$$

$$d_{22} = 0,65 \sqrt{i_{22}} = 0,65 \sqrt{0,315} \text{ mm} = 0,3648 \text{ mm}$$

$$d_{23} = 0,65 \sqrt{i_{23}} = 0,65 \sqrt{0,0307} \text{ mm} = 0,11388 \text{ mm}$$

Se aleg diametrele standardizate:

$$d_1 = 0,65 \text{ mm} \quad (t = \frac{0,65 - 0,60278}{0,60278} = 7,83\% > 2,5\%)$$

$$d_{21} = 1,5 \text{ mm} \quad (t = \frac{1,5 - 1,3608}{1,3608} = 10,23\% > 10\%)$$

$$d_{22} = 0,4 \text{ mm} \quad (t = \frac{0,4 - 0,3648}{0,3648} = 9,65\% > 2,5\%)$$

$$d_{23} = 0,12 \text{ mm} \quad (t = \frac{0,12 - 0,11388}{0,11388} = 5,37\% > 2,5\%)$$

i) Se calculează arile ocupate de înfășurarea primară, $A_1 [\text{cm}^2]$ și secundară, $A_2 [\text{cm}^2]$, în fereastra tutui, în ambele procedee de bobinare:

$$A_1 [\text{cm}^2] = \frac{n_1}{C_{1;2}}$$

$$A_2 [\text{cm}^2] = \sum_K A_{2K} = \sum_K \frac{n_{2K}}{C_{1;2}}$$

• Cu izolare între straturi:

$$A_1 = \frac{367}{142} = 2,58 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{59}{26,5} + \frac{59}{350} + \frac{660}{3190} = 2,6018 \text{ cm}^2$$

• Fără izolare între straturi:

$$A'_1 = \frac{367}{180} = 2,038 \text{ cm}^2$$

$$A'_2 = \frac{59}{33,5} + \frac{59}{470} + \frac{59}{4120} = 1,901 \text{ cm}^2$$

j) Se calculează aria totală ocupată de înfășuri, în ambele cazuri:

$$A_t = A_1 + A_2$$

$$A_t = 2,58 + 2,6018 = 5,1818 \text{ cm}^2$$

$$A'_t = 2,038 + 1,901 = 3,939 \text{ cm}^2$$

k) Se dimensionează tăia măsurată, respectiv se determină mărimea parametrului $a[\text{mm}]$, pentru un factor de umplere optim $f_0 = 0,7$, în ambele cazuri:

$$a[\text{mm}] = 6,9 \cdot \sqrt{A_t}$$

$$a = 6,9 \sqrt{5,1818} = 15,7 \text{ mm}$$

$$a' = 6,9 \sqrt{3,939} = 13,69 \text{ mm}$$

Se aleg tolile E_{16} și E_{14} și se verifică factorul de umplere cu tăia STAS:

$$f_{\text{STAS}} = \frac{A_t}{0,03 \cdot a_{\text{STAS}}^2} \Rightarrow f_{\text{STAS}} = \frac{5,1818}{0,03 \cdot 16^2} = 0,674 \in [0,64 \div 0,76]$$

$$f'_{\text{STAS}} = \frac{3,939}{0,03 \cdot 14^2} = 0,669 \in [0,64 \div 0,76]$$

l) Se calculează grosimea pachetului de tole $b[\text{mm}]$, cu tola standardizată:

$$b[\text{mm}] = \frac{s_{Fz}}{0,02 \cdot a_{\text{standard}}} \Rightarrow b = \frac{11,69}{0,02 \cdot 16} = 36,53 \text{ mm}$$

$$b' = \frac{11,69}{0,02 \cdot 14} = 41,75 \text{ mm}$$

m) Se evaluatează numărul de tole măsură, N funcție de grosimea lor

$$N[\text{tale}] = \frac{b[\text{mm}]}{g_{1;2}[\text{mm}]}$$

• pentru $g=0,35 \text{ mm}$: $N = \frac{36,53}{0,35} = 104,37 \simeq 105 \text{ tale}$

$$N' = \frac{41,75}{0,35} = 119,28 \simeq 120 \text{ tale}$$

• pentru $g=0,5 \text{ mm}$: $N = \frac{36,53}{0,5} = 73,06 \simeq 74 \text{ tale}$

$$N' = \frac{41,75}{0,5} = 83,5 \simeq 84 \text{ tale}$$

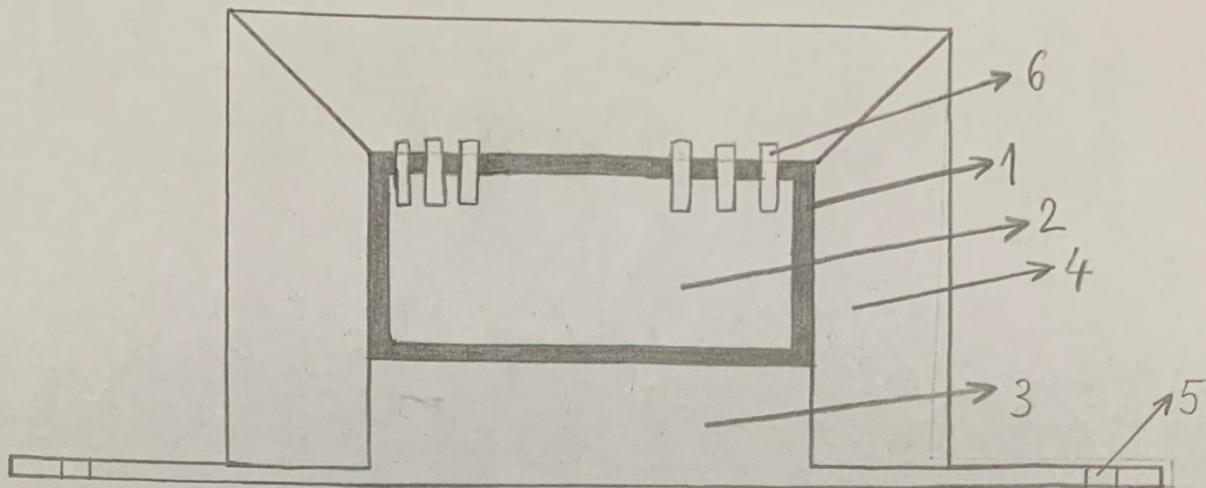
Capitolul 3: Instructiuni, desene, schite

și detalii tehnologice de execuție

Realizarea unui transformator de rețea monofasic, de mică putere, în producția de serie, implica următoarele etape tehnologice:

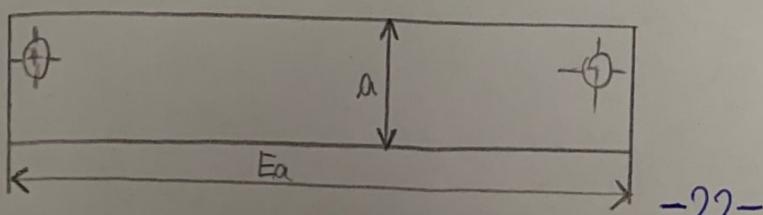
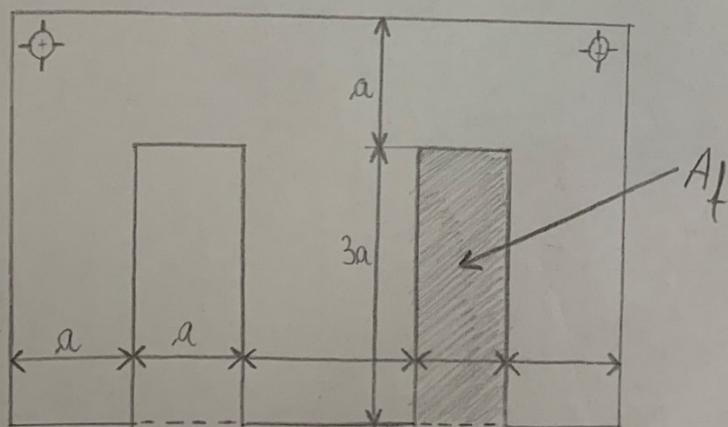
- a) obținerea tolelor, din tablă de feroviciu (STAS 673-60), prin stăriare în matrită;
- b) tratamentul termic al tolelor stăriate (reacăciune la temperatură de circa 850°C, urmată de recire linte), pentru dilanționare mecanică și refacerea proprietăților magnetice, afectate de procesul de prelucrare mecanică;
- c) realizarea carcsei, prin injecție de material plastic în matrită sau prin montaj de elemente constitutive specifice;
- d) bobinarea primăvarilor, pe carcasa obținută anterior cu ajutorul unor mașini de bobinat automate, utilizând conductori de cupru izolați cu email (STAS 685-58);
- e) introducerea tolelor în carcse, operație denumită „lamarea transformatorului”;
- f) strângerea mișcării magnetice cu o manta sau cu scoabe persoane și piulițe pentru a diminua vibrația tolelor în timpul funcționării transformatorului;
- g) împregnarea transformatorului prin imersie în parafină toxată sau în lac poliuretanic care polimerizează prin încălzire în cuptor, la o temperatură de $80 \div 100^\circ\text{C}$, timp de circa o oră;
- h) controlul tehnic de calitate în cadrul căruia se verifică parametrii electrici și mecanici ai produsului.

Transformator de retea asamblat cu manta



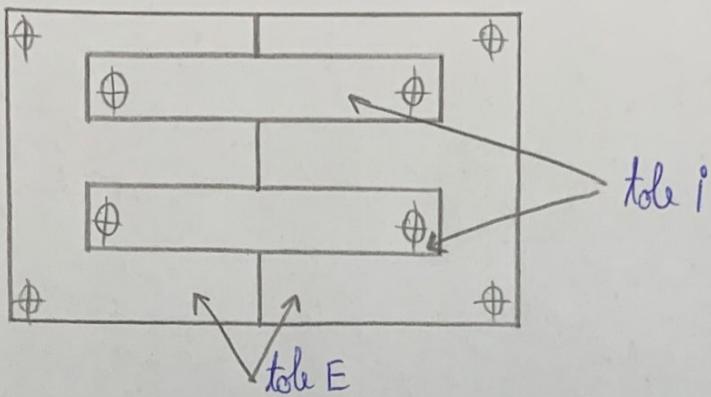
- 1 → varcasa
- 2 → bobinaj
- 3 → miez magnetic
- 4 → manta de strângere
- 5 → orificiu de fixare
- 6 → reză

Dimensiunile tolui STAS economice

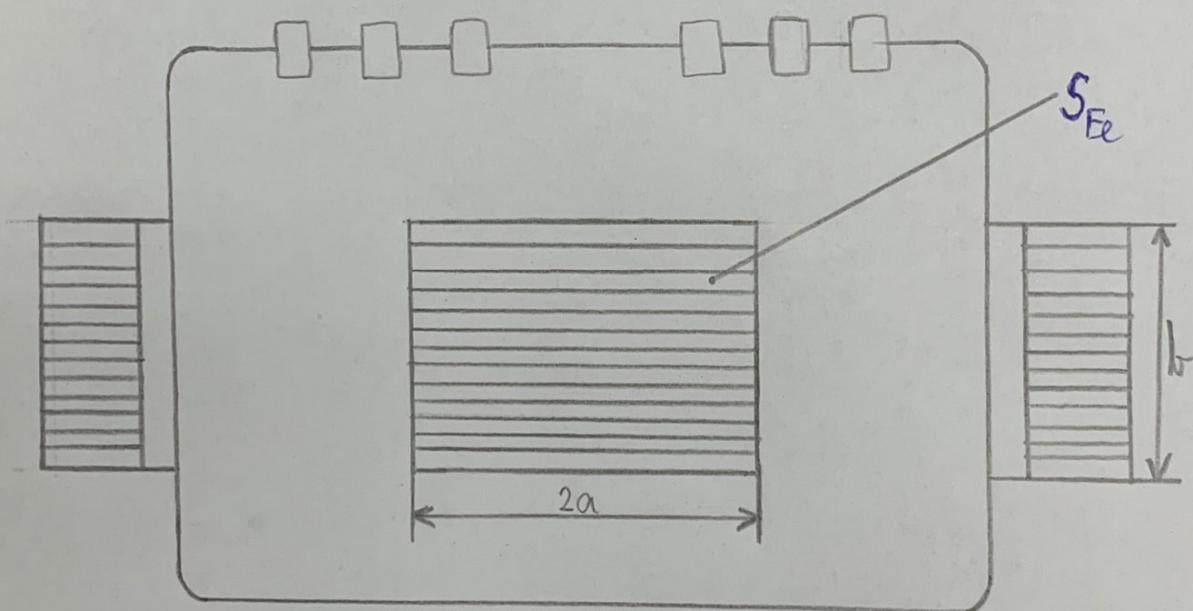


A_f = aria forestru tolui

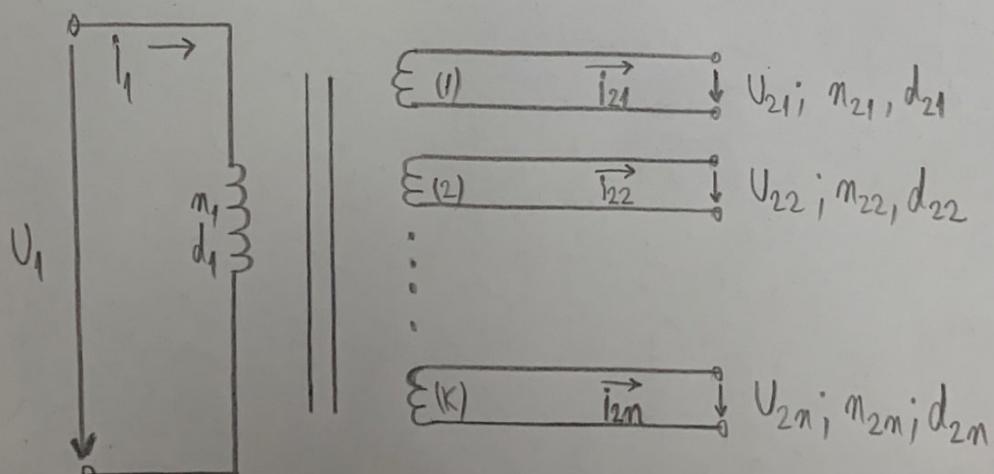
Obtinerea tolor economic



Lectiune transversală printr-un transformator de rețea



Schema electrică a transformatorului de rețea



Capitolul 4: Bibliografie

- Vasile Măndru, „PACKING ELECTRONIC”
Ivasta Paul Componente pasive - Probleme
(Bucuresti 2004)
- www.etti.ro
- www.wikipedia.com
- ro.farnell.com

CONCUCII

Proiectul de fizică a avut ca scop proiectarea pas cu pas a unui transformator de rețea monofasic de mică putere ($P \leq 500 \text{ W}$)

Transformatoarele de rețea sunt măsură pentru obținerea tensiunilor alternative care se redresă în alimentator.

Transformatorul este alcătuit dintr-un miez de fier pe care sunt plasate două inșigurări izolate una de alta și de miezul de fier. Înșigurarea primară care primește energie de la sursă, și ea secundară sunt cele care furnizează energia unui rețele sau consumator.

Fieste inșigurări reprezintă sistemul electric al transformatorului, iar miezul, sistemul său magnetic.

Oricare ar fi metoda de construire a transformatorului, este necesar același număr de spire și același diametru ale conductorilor de bobinaj:

$$n_1 = 367 \text{ spire} \quad d_1 = 0,65 \text{ mm}$$

$$n_{21} = 59 \text{ spire} \quad d_{21} = 1,5 \text{ mm}$$

$$n_{22} = 59 \text{ spire} \quad d_{22} = 0,4 \text{ mm}$$

$$n_{23} = 660 \text{ spire} \quad d_{23} = 0,12 \text{ mm}$$

Diferă doar realizarea bobinajelor și grosimea tolelor:

a) Bobinaj cu izolație între straturi:

grosimea $0,35 \text{ mm} \Rightarrow 105$ tolă

grosimea $0,5 \text{ mm} \Rightarrow 74$ tolă

b) Bobinaj fără izolație între straturi:

grosimea $0,35 \text{ mm} \Rightarrow 120$ tolă

grosimea $0,5 \text{ mm} \Rightarrow 84$ tolă