

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

Văduva Alexandru-Marian

Grupa 421F

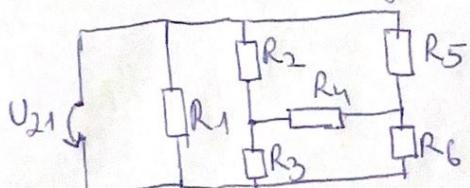
București 2022

DATE INITIALE DE PROIECTARE

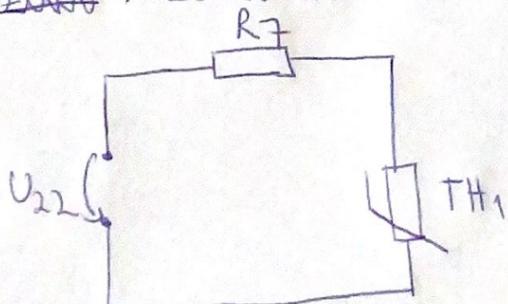
Să se proiecteze transformatorul monofazat de mică putere care alimentează cele trei curente și să se aleagă rezistențele R_1-R_8 , termistorul R_{TH} și condensatorul C_1 . Temperatura mediului ambient este de $10-80^\circ\text{C}$. Termistorul este de tip NTC cu parametrul $B=3000\text{K}$, iar rezistența termistorului la temperatura de 25°C (R_{TH}) este dată în tabel.

U_1, f	tip comp	U_{21}	U_{22}	U_{23}	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_{TH}	C_1
110V 60Hz	SMD	10V	15V	120V	7,5Ω	12Ω	12Ω	22Ω	8,2Ω	22Ω	43Ω	150Ω	22Ω	3uF

Acest transformator va avea trei înfășurări secundare ce vor alimenta trei rețele rezitive diferite:
a) SECUNDARUL 1 cu tensiunea de 10V alimentează rețea cu următoarea configurație, la o temperatură de $10-80^\circ\text{C}$



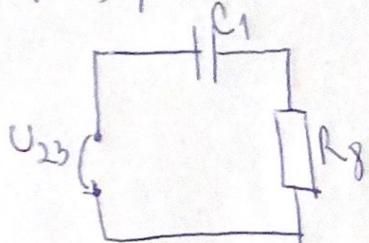
b) SECUNDARUL 2 cu tensiunea de 15V alimentează o rețea rezistivă formată dintr-un rezistor și un element pozitivo rezistiv menținut la temperatura de 20°C



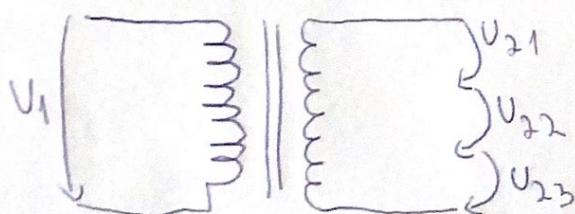
$$B=3000\text{K}$$

$$R_{TH} = 22\Omega \text{ (25°C)}$$

c) SECUNDARUL 3 cu tensiunea de 120 V Va alimenta un condensator de tip resistiv ($R_{\max} = \frac{220}{560}\Omega$) cu reducerea tensiunii prim intermediul unui alt element pasiv ($C_1 = 3,3\mu\text{F}$)



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



REZUMATUL PROIECTULUI

Transformatorul este un dispozitiv electric des întâlnit în rețelele de alimentare ale aparatelor electrice. Este utilizat cu scopul de a modifica valoarea tensiunilor și curentelor, sau și pentru a izola un anumit electric de altul.

Scopul proiectului constă în cunoașterea structurii, tehnologiei de fabricație și a metodelor de proiectare ale unui transformator de mică putere, monofazat, cu trei infuzări secundare.

Dispozitivul este alcătuit din: coreasă electroisolantă, bobinaj, mînă feromagnetic și sistem de strângere al miezului magnetic și de fixare al transformatorului.

Pentru realizarea acestuia, se urmărează următoarele etape: obținerea bobinelor, tratamentul termic ale bobinelor, stăriile, realizarea coresei, bobinarea infuzătorilor, introducerea bobinelor în coreasă, strângerea miezului magnetic, impregnarea transformatorului și controlul tehnic de calitate.

Algoritmul de calcul al transformatoarelor:

1. se evaluatează puterea totală absorbită din secundar, $P_2(V)$;
2. se calculează puterea absorbită în primar, $P_1(V)$ pentru $\eta = 0,85$;
3. se dimensionează secțiunea în fier, S_{Fe} (cm^2) a miezului magnetic;
4. se calculează numărul de spire pe Volt mo;
5. se calculează numărul de spire din infuzarea primară n_1 ;
6. se determină numărul de spire din secundarul K (n_2K);
7. se determină maximă curentul din primar I_1 ;
8. se dimensionează diametrele conductoarelor de bobinaj și formă pentru primar și d_2K (mm) pentru secundarul K ;
9. se calculează ariile ocupate în infuzarea primară $A_1(cm^2)$ și în ea secundară $A_2(cm^2)$;
10. se calculează aria totală ocupată de infuzării $A_t(cm^2)$;
11. se dimensionează bleu necesară, respectiv se determină maximă parametrul a [mm], pentru un factor de umplere optim $\delta_0 = 0,7$.
12. se calculează grosimea pachetului de tale b [mm].

PROJECT SUMMARY

The transformer is a static electrical device quite common in most of the electrical circuits. It is used for changing the values of the tensions and currents or to isolate an electrical circuit from another.

The project aims in knowing the structure, the manufacturing technology and the design methodology of the low-power transformer, a single phase and with three secondary windings.

It is made of: electrical isolating housing, winding, paramagnetic core and magnetic core clamping system and transformer fixing system.

For making of transformer, it must be followed those steps: achieving the sheets, the thermal treatment of the stamped sheets, the making of the housing, the winding of the primary winding, inserting the sheets into housing, tightening the magnetic core, the transformer impregnation and the technical quality control.

2. An algorithm of calculating the transformer is:

1. evaluate the total power from the secondary $P_2 [W]$
2. calculate the power from the primary, $P_1 [W]$, for $\eta = 85\%$
3. calculate the iron cross section, $S_{Fe} [cm^2]$
4. calculate the number of windings per per volt, no.
5. calculate the number of windings from primary, n_1
6. calculate the number of windings from secondary K, n_K
7. calculate the value of the primary current, I_1
8. calculate the diameter of the winding conductors from the primary and secondary
9. calculate the areas occupied by the primary winding (A_1) and the secondary winding (A_2)
10. calculate the total area occupied by them (A_t)
11. determine the required dimension for the lamination for an optimum filling factor $f=0,7$
12. calculate the thickness of the lamination package (b)
13. evaluate the number of required lamination, depending on their thickness, $g_{1,2}$, where $g_1=0,35 \text{ mm}$ and $g_2=0,5 \text{ mm}$

CUPRINS

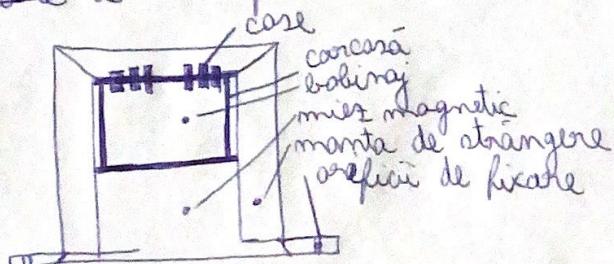
Date iniciale de proiectare	-----
Rezumatul proiectului	-----
Project summary	-----
Capitolul 1	
Introducere	-----
Capitolul 2	
Calcul și dimensionarea ansamblului	
2.1. Calculul curentilor și al puterilor dissipate în rezistoarele retelei	-----
2.2. Alegerea rezistoarelor justificare	-----
2.3. Realizarea tabelului de componente (BOM)	-----
2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia	-----
Capitolul 3	
Instrucțiuni, desene, schite și detalii tehnologice de disenaj	-----
Capitolul 4	
Bibliografie	-----
Concluzii	-----

CAPITOLUL 1: INTRODUCERE

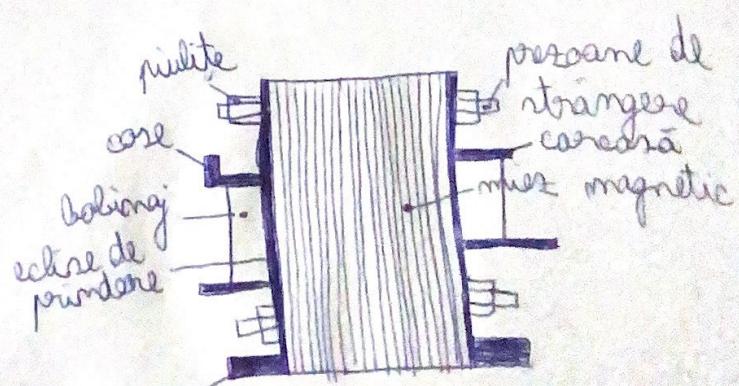
Transformatorul de rețea monofazică de mică putere ($P \leq 500$ W), este o componentă prezenta în multe scheme de alimentare a aparatelor electronice de tip stationar.

Ace scapul de a modifica valoarea tensiunii și a circuitului, de la nivelul operat de rețea circuitului primar, la nivelul sau mările necesare în circuitul sau circuitele secundare. Acestea operează, în plus, și izolare galvanică față de rețeaua de curent alternativ, a parcului aparatelor electronice în care este incorporat, asigurând electrosecuritatea persoanelor care îl manipulează.

Din punct de vedere constructiv, transformatorul de rețea de mică putere prezintă următoarele părți: carcasa electroizolantă, bobinaj, miez feromagnetic din tolă de tablă siliconată (format E + i, U + i, i), sunbenzi (cu coloane, în manta, terodale) și un sistem de strângere a miezelui magnetic și de fixare a transformatorului de parcul aparatului electronic.



Transformator de rețea asamblat
cu manta



orificiu Transformator de rețea
de fixare asamblat cu preseane

În prezent, transformatorul de alimentare clasic este inclus în multe aplicații cu sursele de alimentare în comutatie (SMPS), care funcționează la frecvențe mari ($>20\text{ kHz}$) și care au la rândul lor un transformator cu mierză de fierba. Datorită eficienței mai mari, puterii specifice crescute, greutății reduse și prețului mai mic, aceste surse sunt folosite tot mai des.

Unul din avantajele pe care încă îl mai are transformatorul clasic este simplitatea și fiabilitatea ridicată. Un alt avantaj este legat de emisiile electromagnetice reduse, care pot fi suprăzuită la unele surse de alimentare în comutatie. Dintre echipamentele electronice în care încă se utilizează transformatorul de rețea cu mierză feromagnetic amintim: amplificatoare de semnal audio de înaltă performanță, unele echipamente de măsură, captușoare cu microonde, anumite stații de lipit, anumite încărătări pentru echipamentele mobile etc.

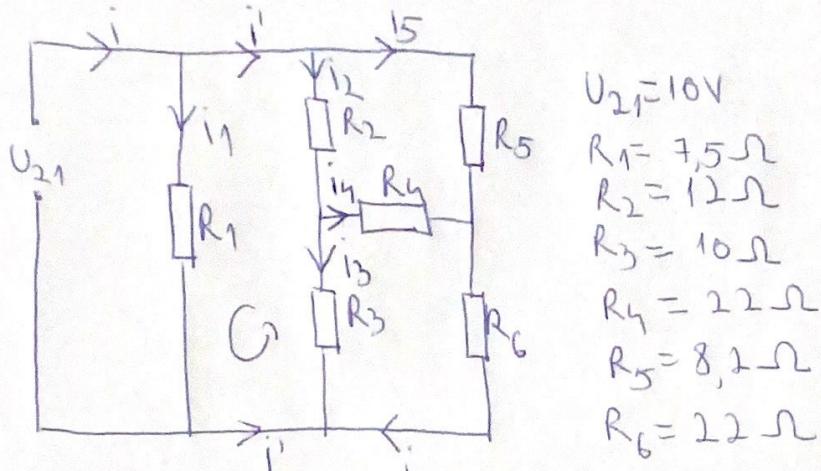
De asemenea, aceste transformatoare sunt folosite în circuite în care trebuie să funcționeze la frecvență de rețea de alimentare, de exemplu transformatoare separate de rețea sau invertorare pentru surse ne-interruptibile (UPS).

În cele ce urmează, toate referințile se vor face la mierzul feromagnetic cu toale de tip E+I.

CAPITOLUL 2: Calculul și dimensionarea ansamblului

2.1. Calculul curentelor și al puterilor dissipate în rezistoare

SECUNDARUL I



$$R_{24} = \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4 + R_5} = \frac{22 \cdot 12}{12 + 22 + 8,2} = 6,25 \Omega$$

$$R_{25} = \frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5 + R_4} = \frac{12 \cdot 8,2}{12 + 8,2 + 22} = 2,33 \Omega$$

$$R_{54} = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5 + R_2} = \frac{22 \cdot 8,2}{22 + 8,2 + 12} = 4,27 \Omega$$

$$R_3 + R_{24} = 10 + 6,25 = 16,25 \Omega$$

$$R_6 + R_{54} = 22 + 4,27 = 26,27 \Omega$$

$$R_{P1} = \frac{16,25 \cdot 26,27}{16,25 + 26,27} = \frac{170755}{17008} = 10,03 \Omega$$

$$R_D = R_{25} + R_{P1} = 2,33 + 10,03 = 12,36 \Omega$$

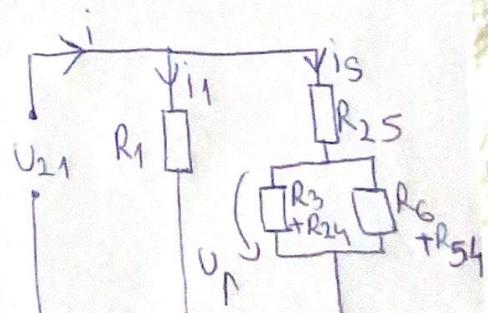
$$R_E = \frac{R_1 \cdot R_D}{R_1 + R_D} = \frac{7,5 \cdot 12,36}{7,5 + 12,36} = \frac{1595}{331} = 4,66 \Omega$$

$$i = \frac{U_{21} - 10}{R_E} = \frac{10}{4,66} = 2,14 A = i_{21}$$

$$P_{21} = i^2 R_E = (2,14)^2 \cdot 4,66 = 21,34 W$$

$$i = i_1 + i' \Rightarrow i = \frac{U_{21}}{R_{21}} = \frac{10}{7,5} = 1,3 A$$

$$\begin{aligned} i' &= i - i_1 = 2,14 - 1,3 = \\ &= 0,84 A \end{aligned}$$



$$i = i_2 + i_5$$

$$i_2 = i_3 + i_4$$

$$\text{Aplicam TKII: } i_1 R_1 + i_3 R_3 - i_2 R_2 = 0$$

$$\Rightarrow 7,5 i_1 - 10 i_3 - 12 i_2 = 0$$

$$7,5 i_1 - 10 i_3 + 12 i_2 \quad (1)$$

$$\text{Aplicam TKII: } i_2 R_2 + i_4 R_4 - i_5 R_5 = 0$$

$$i_5 = i' - i_2$$

$$i_4 = i_2 - i_3$$

$$\Rightarrow 12 i_2 + 22(i_2 - i_3) - 8,2(i' - i_2) = 0$$

$$12 i_2 + 22 i_2 + 8,2 i_2 - 22 i_3 - 8,2 \cdot 0,84 = 0 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} i_1, i_2 &\Rightarrow \begin{cases} 12 i_2 + 10 i_3 = 7,5 \cdot 1,3 \\ 42,2 i_2 - 22 i_3 = 6,88 \end{cases} \Rightarrow i_2 = \frac{6,88 + 22 i_3}{42,2} \end{aligned}$$

$$\frac{12}{42,2} (6,88 + 22 i_3) + 10 i_3 = 9,75$$

$$1,95 + 6,25 i_3 + 10 i_3 = 9,75$$

$$i_3 = \frac{9,75 - 1,95}{16,25} = 0,48 A$$

$$i_2 = \frac{6,88 + 22 \cdot 0,48}{42,2} = \frac{6,88 + 10,56}{42,2} = \frac{17,44}{42,2} = 0,41 A$$

$$i_4 = i_2 - i_3 = 0,41 - 0,48 = -0,07 \text{ (am luate sensul gresit pe } \text{desen)}$$

$$i_5 = i' - i_2 = 0,84 - 0,41 = 0,43 A$$

$$\Rightarrow \begin{cases} i = 2,14 A = i_{21} \\ i_1 = 1,3 A \\ i_2 = 0,41 A \\ i_3 = 0,48 A \\ i_4 = 0,07 A \\ i_5 = 0,43 A \\ i_6 = i_4 + i_5 = -0,07 + 0,43 = 0,35 A \end{cases}$$

Astfel, puterile dissipate pe rezistențe vor fi:

$$P_1 = i_1^2 R_1 = (1,5)^2 \cdot 7,5 = 12,67 \text{ W}$$

$$P_2 = i_2^2 R_2 = (0,41)^2 \cdot 12 = 2,01 \text{ W}$$

$$P_3 = (i_3)^2 \cdot R_3 = (0,48)^2 \cdot 10 = 2,3 \text{ W}$$

$$P_4 = i_4^2 \cdot R_4 = (0,07)^2 \cdot 22 = 0,1 \text{ W}$$

$$P_5 = i_5^2 \cdot R_5 = (0,43)^2 \cdot 8,2 = 1,51 \text{ W}$$

$$P_6 = i_6^2 \cdot R_6 = (0,35)^2 \cdot 22 = 2,69 \text{ W}$$

SECUNDARUL 2

$$R_7 = 43 \Omega$$

$$R_{TH} = 22 \Omega \text{ (la } 25^\circ\text{C)}$$

$$B = 3000 \text{ K}$$

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

$$R(T) = A e^{\frac{B}{T}} \Rightarrow 22 = A e^{\frac{3000}{298}} \Rightarrow A = \frac{22}{e^{3000/298}} = 0,0009 \Omega$$

$$R(T) = 0,0009 e^{\frac{3000}{T}}$$

Studiem valoarea lui R_{TH} la limitele de temperatură și să alegem R_{TH} a.î. P_{22} este maximă.

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

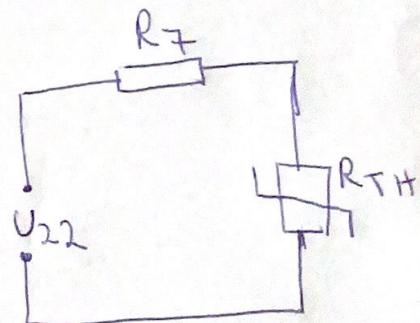
$$R(T) = 0,0009 e^{\frac{3000}{283}} = 34,97 \Omega$$

$$R_e = R_7 + R_{TH} = 43 + 34,97 = 77,97 \Omega$$

$$i = \frac{U_{22}}{R_e} = \frac{15}{77,97} = 0,19 \text{ A}$$

$$P = i^2 R_e = (0,19)^2 \cdot 77,97 = 2,81 \text{ W}$$

$$P_7 = i^2 R_7 = (0,19)^2 \cdot 43 = 1,55 \text{ W}$$



$$(a) \text{z 2: } t = 80^\circ\text{C} \Rightarrow T = 353\text{K}$$

$$R(T) = 0,0009 \cdot e^{\frac{2000}{T}} = 0,0009 \cdot e^{2000/353} = 0,0009 \cdot 4741,42 = 4,26 \Omega$$

$$R_e = R_f + R_{\text{par}} = 473 + 4,26 = 47,26 \Omega$$

$$i = \frac{U_{22}}{R_e} = \frac{15}{47,26} = 0,31 \text{A} = i_{22}$$

$$P = i^2 R_e = 0,096 \cdot 47,26 = 4,53 \text{W} = P_{22}$$

$$P_f = i^2 \cdot R_f = 0,096 \cdot 43 = 4,12 \text{W}$$

SECUNDARUL 3

$$R_8 = 150 \Omega$$

$$C_1 = 3,3 \mu\text{F}$$

$$U_{23} = 120 \text{V}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 60 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{396\pi} = \frac{10^6}{1243,44} = 804,22 \Omega$$

$$U_{C1} = \frac{i}{X_C} = 804,22i$$

$$U_R = i R_8 = 150i$$

$$U_{23}^2 = U_C^2 + U_R^2 \Rightarrow U_C^2 = U_{23}^2 - U_R^2$$

$$\Rightarrow 646769,8i^2 = 14400 - 22500i^2$$

$$669269,8i^2 = 14400$$

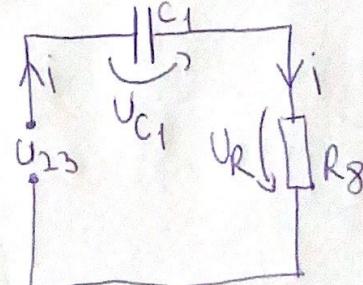
$$i^2 = 0,0215 \Rightarrow i = \pm 0,146 \text{A}$$

$$i = 0,146 \text{A} = i_{23}$$

$$Z = \sqrt{X_C^2 + R^2} = \sqrt{669269,8} = 818,08 \Omega$$

$$\Rightarrow P_{23} = U_{23} \cdot i = 120 \cdot 0,146 = 17,52 \text{W}$$

$$P_{R8} = i^2 R_8 = (0,146)^2 \cdot 150 = 3,19 \text{W}$$



2.2. Alegerea rezistențelor pe baza valoarelor nominale și a puterii dissipate afectată de „derating”

În electronică, termenul de „derating” înseamnă funcționarea unui dispozitiv la o putere mai mică decât puterea maximă nominală cu scopul de a prelungi durata vieții acestuia. Astfel, vom alege din catalogul producătorilor componentele necesare având P_N mai mare decât cele calculate anterior. Se va lua cont și de toleranța acestora, care să păstreze valoriile de care avem nevoie.

Condensatorul C_1 va fi ales în funcție de capacitatea acestuia și tensiunea de lucru ($U_C = \frac{I}{X_C} = 117,41 \text{ V}$ și $U_{23} = 120 \text{ V}$).

Nr. Crt.	Reference Designator, RefDes (referință componentă în schemă, nume PCB)	Nume/cod/număr/valo- are componentă în schemă (part name/code/number/va- lue)	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 articol (Lei fără TVA)
1	R1	7,5	rezistor	Resistor SMD, chip, 0805, 10, ±5% http://www.tme.eu/ro/details/201007J0100t4e/rezistor-thick-film-smd-2010-10Ω-750mW-±5%-55+155°C	TME România http://www.tme.eu/ro/	SMD0805-KIT	0805WAJE024KIT	ROYAL OHM	1	100	0,027	2,7	
2	R2	12	rezistor	nu am gasit rezistor cu valoarea rezistenței R apropiata de cea dorita	TME România http://www.tme.eu/ro/	201007J0100T4E	201007J0100T4E	ROYAL OHM	1	4000	0,00001289	0,05156	
3	R3	10	rezistor	Rezistor: thick film; SMD; 2010; 10Ω; 750mW; ±5%; -55+155°C	TME România http://www.tme.eu/ro/	HP02-22R1%	HP02WAF220JTCE	ROYAL OHM	2	100	0,001849	0,1849	
4	R4,R6	22	rezistor	Rezistor: thick film; SMD; 0402; 22Ω; 100mW; ±1%; -55+155°C	TME România http://www.tme.eu/ro/	SP12-8.2R	SP123WJ082JT2E	ROYAL OHM	1	10	0,0996	0,996	
5	R5	8,2	rezistor	Rezistor: thick film; de înălță putere; SMD; 2512; 8,2Ω; 3W; ±5%	TME România http://www.tme.eu/ro/	HP02-43R1%	HP02WAF430JTCE	ROYAL OHM	1	10000	0,00000388	0,03877	
7	R7	43	rezistor	Rezistor: thick film; SMD; 0402; 43Ω; 100mW; ±1%; -55+155°C	TME România http://www.tme.eu/ro/	HP02-150R1%	HP02WAF1500TCE	ROYAL OHM	1	100	0,001849	0,1849	
8	R8	150	rezistor	Rezistor: thick film; SMD; 0402; 150Ω; 100mW; ±1%; -55+155°C	TME România http://www.tme.eu/ro/	T491B335K016AT	T491B335K016AT	KEMET	1	5	0,2756	1,378	
9	Rth	22	termistor NTC	nu am gasit termistor cu valoarea rezistenței R apropiata de cea dorita	TME România http://www.tme.eu/ro/								
10	C1	3u3	condensator	Condensator: cu tantal; 3,3uF; 16VDC; SMD; B; 1411; ±10%; -55+125°C http://www.tme.eu/ro/details/t491b335k016at/condensator-cu-tantal-3-3uf-16vdc-smd-b-1411-±10%-55+125°C	TME România http://www.tme.eu/ro/								

2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia

a) se evaluatează puterea totală absolută absorbită din secundar, P_2 [kW]

$$P_2 = \sum_k P_{2k} = \sum_k U_{2k} I_{2k} = P_{21} + P_{22} + P_{23} = 21,54 + 4,53 + 17,52 =$$

$$P_2 = 43,39 \text{ kW}$$

b) se calculează puterea absorbită în primar, P_1 [kW], pentru un răndament estimat al transformatorului de $\eta = 0,85$.

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{P_2}{0,85} = \frac{43,39}{0,85} = 51,04 \text{ kW}$$

c) se dimensionează secțiunea în fier, S_{Fe} [cm^2] a miezului magnetic

$$S_{Fe} = 1,2 \sqrt{P_1(\text{kW})} = 1,2 \sqrt{51,04} = 1,2 \cdot 7,14 = 8,56 \text{ cm}^2$$

d) se calculează numărul de spire pe Volt mă

$$m_0 = \frac{1}{4,44 \cdot f \cdot B_{max} \cdot S_{Fe}} = \frac{1}{4,44 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot S_{Fe}} = \frac{1}{319,68 S_{Fe}} = \frac{31}{S_{Fe}}$$

$$= \frac{36 \div 39}{S_{Fe}}$$

$$\frac{38}{38} = 48 =$$

$$\text{Alegem } m_0 = \frac{39}{S_{Fe}} = \frac{39}{8,56} = 4,55 \text{ spire/V}$$

e) se calculează numărul de spire din înfășurarea primară

m_1

$$m_1 = m_0 \cdot U_1 = 4,55 \cdot 110 = 500,5 \text{ spire}$$

notăm valoarea lui m_1 la 500 de spire, având toleranță

$$= \frac{500,5 - 500}{500,5} \cdot 100\% = 0,09 < 1\%$$

f) se determină numărul de spire din secundarul K, n_{2k}

$$m_{2K} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{2K} \Rightarrow \begin{cases} m_{21} = 1,1 \cdot 4,55 \cdot 10 = 50,05 \\ m_{22} = 1,1 \cdot 4,55 \cdot 15 = 75,075 \\ m_{23} = 1,1 \cdot 4,55 \cdot 120 = 600,6 \end{cases}$$

notăm astfel

$$\begin{cases} n_{21} = 50 \text{ spire} \\ n_{22} = 75 \text{ spire} \\ n_{23} = 600 \text{ spire} \end{cases}$$

g) se determină mărimea curentului din primar i_1

$$i_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{51,04}{110} = 0,464 \text{ A}$$

h) se determină diametrele conductorelor din bobinaj

d₁ [mm], pentru primar, respectiv d_{2K} [mm], pentru secundarul K

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

$$d_1 = 0,65 \sqrt{i_1} = 0,65 \sqrt{0,464} = 0,469 \text{ mm}$$

$$d_{21} = 0,65 \sqrt{i_{21}} = 0,65 \sqrt{2,14} = 0,9508 \text{ mm}$$

$$d_{22} = 0,65 \sqrt{i_{22}} = 0,65 \sqrt{0,31} = 0,3819 \text{ mm}$$

$$d_{23} = 0,65 \sqrt{i_{23}} = 0,65 \sqrt{0,146} = 0,2483 \text{ mm}$$

Rotunjit la valoarea standardizată, rezultă diametrele:

$$d_1 = 0,45 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0,95 \text{ mm}$$

$$d_3 = 0,35 \text{ mm}$$

$$d_4 = 0,25 \text{ mm}$$

i) se calculează aria ocupată de înfășurarea primară A₁ [cm²], respectiv de înfășurarea secundară, A₂ [cm²], în fereastra tolei, utilizându-se coeficienții umplere C₁ sau C₂, în funcție de procedul de bobinare adoptat.

$$A_1 = \frac{m_1}{C_1} = \frac{500}{277} = 1,805 \text{ cm}^2 - \text{cu izolație între straturi}$$

$$A'_1 = \frac{m_1}{C_2} = \frac{500}{371} = 1,347 \text{ cm}^2 = A'_1 - \text{fără izolație între straturi}$$

$$A_{1E} = \frac{m_{21}}{C_{21}} + \frac{m_{22}}{C_{22}} + \frac{m_{23}}{C_{23}} = \frac{50}{95,5} + \frac{75}{190} + \frac{600}{1465} = 0,523 + 0,394 + 0,409 \\ = 1,326 \text{ cm}^2$$

$$A'_{2E} = \frac{m_{21}}{C_{221}} + \frac{m_{22}}{C_{222}} + \frac{m_{23}}{C_{223}} = \frac{50}{127} + \frac{75}{252} + \frac{600}{1715} = 0,393 + 0,297 + 0,349 \\ = 1,039 \text{ cm}^2$$

j) se calculează aria totală ocupată de înălțurări $A_t [cm^2]$

$$A_t = A_1 + A_2 = 1,805 + 1,526 = 3,131 \text{ cm}^2$$

$$A_t' = A_1' + A_2' = 1,547 + 1,039 = 2,586 \text{ cm}^2$$

k) se dimensionează tola necesară, respectiv se determină minimul parametrului $a [mm]$, pentru un factor de umplere optim $\delta_0 = 0,7$.

$$a = 6,9\sqrt{A_t} = 6,9\sqrt{3,131} = 12,209 \text{ mm}$$

$$a' = 6,9\sqrt{A_t'} = 6,9\sqrt{2,586} = 10,658 \text{ mm}$$

Se aleg tolle standardizate E_{13} și E_{11} și se verifică factorul de umplere cu tola standardizată $\delta_{standard}$

$$\delta_{standard} = \frac{A_t}{0,03 \cdot a^2} = \frac{3,131}{0,03 \cdot 12,12^2} = \frac{3,131}{4,52} = 0,702$$

$$\delta_{standard'} = \frac{A_t'}{0,03 \cdot a'^2} = \frac{2,586}{0,03 \cdot 11,11^2} = \frac{2,586}{3,63} = 0,65$$

Tollele se acceptă întrucât $\delta_{standard}$ și $\delta_{standard'}$ $\in [0,64; 0,76]$

l) se calculează grosimea pachetului de tolle b , respectiv b' , utilizându-se tolle standardizate alese

$$b = \frac{Sfe}{0,02 \cdot a} = \frac{8,65}{0,02 \cdot 12} = \frac{8,65}{0,24} = 36,04 \text{ mm}$$

$$b' = \frac{Sfe}{0,02 \cdot a'} = \frac{8,65}{0,02 \cdot 11} = \frac{8,65}{0,22} = 39,31 \text{ mm}$$

m) se determină numărul de tolle necesar în ambele cazuri, pentru $g_1 = 0,55 \text{ mm}$

$$N = \frac{b}{g_1} \Rightarrow N = \frac{36,04}{0,55} = 102,97 \text{ tolle}$$

$$N' = \frac{b'}{g_1} \Rightarrow N' = \frac{39,31}{0,55} = 112,31 \text{ tolle}$$

Rotunjind, $N' = 113$ tolle și $N = 103$ tolle.

CAPITOLUL 3: Instrucțiuni, desene, schite și detalii tehnologice de execuție

Realizarea unui transformator de rețea monofazic, de mică putere în producția de serie, implică următoarele etape tehnologice:

- a) obținerea tablelor, din tablă de fierbier obținută conform unor standarde, prin stărirea în matrită;
- b) tratamentul termic al tablelor stăriate, pentru detensionare mecanică și refacerea proprietăților magnetice, afectate de procesul de prelucrare mecanică;
- c) realizarea coresei, prin injecție de material plastic în matrită sau prin montaj din elemente constitutive specifice, obținute în prealabil prin stăriare, din prepax, textolit, pertinax, steclostratitex etc.

d) bobinarea infășurătorilor, pe coreara obținută anterior, cu ajutorul unor mașini de bobinat semiautomate sau automate, utilizând conductori din cupru izolați cu email, realizati în conformitate cu anumite standarde. Se foloseste standardul românesc STAS 685-58.

OBS: Bobinarea transformatoarelor de rețea 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) infășurarea primară
- 2) se introduc consecutiv două straturi de izolație, tip "b"
- 3) prima infășurare secundară, urmată de introducerea unui strat de izolație
- 4) întreaga bobină se mai izolează în final și la exterior

În al doilea caz, se introduce căte un strat de vălajie după fiecare strat de spire bobinate.

e) introducerea tobelor în carcasa - operatie denumită „lamelarea transformatorului”

OBS: În cazul transformatorului de retea, neexistând componentă de curent continuu, se realizează o lamelare întresecută, adică se introduce alternativ, pe o parte și pe celalătă a carcasei, mai întâi tabele de tip E, apoi cele de tip i. Ultimile 2-3 tabele se introduc forțat, prin lateră usor cu un ciocan din cupru sau aluminiu, transformatorul fiind apăsat pe o placă din oțel. Lamelarea întresecută se realizează primă introducere în carcasa, pe aceeași parte a tuturor tobelor E, respectiv i. În acest fel se obține un întrepier în circuitul magnetic. Această variantă de lamelare se utilizează la transformatoare care sunt străbătute și de o componentă de curent continuu, cum ar fi transformatoarele de audiofreqvență.

f) strângerea miezului magnetic cu o manta sau cu scaburi, presoane și piulițe pentru a împiedica vibrația tobelor în timpul funcționării transformatorului.

OBS: Mantaua se realizează prin atrăzire, din tabă din oțel TDA cu grosimea de $1 \frac{1}{2}$ mm, după care se acoperă galvanic prin zincare pasivizată. În anumite aplicații se practică și ceranarea transformatorului, cu ajutorul unor capace laterale, executate prin amburăiere din TDA sau prin aplicarea unei spire în sevăcircuit, din folie de cupru care încorporează bobinajul și miezul magnetic pe exterior.

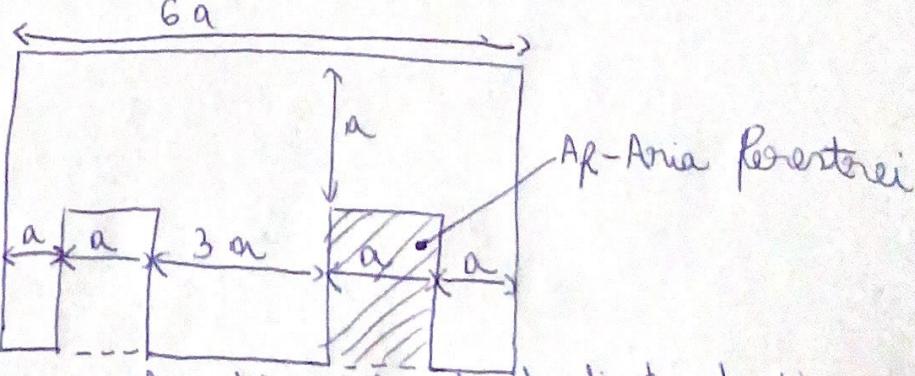
g) impregnarea transformatorului prin invierie în parafina topită sau în lac poliuretanic de către polimelorează prin încălzire în cuptor la o temperatură de 190°C , timp de circa 1 oră.

OBS: Impregnarea transformatorului de retea se realizeaza intr-o incinta cu capete stans, care mai intai se videta la $10^{-1} \div 10^{-2}$ tor (pentru eliminarea vermelor de apa, de pe bobinaj si din hartia de izolatii trolo), dupa care se introduce impregnantul respectiv.

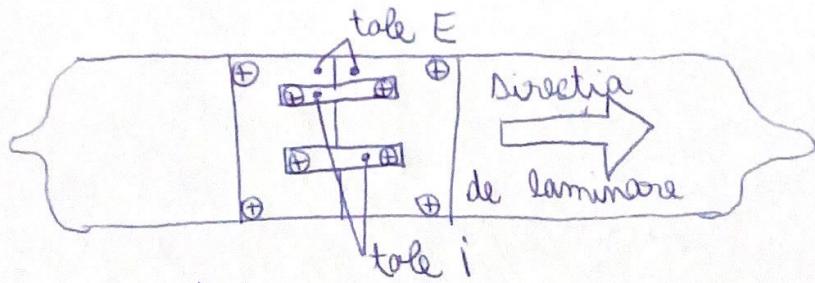
h) Controlul tehnic de calitate in cadrul caruia se verifică parametrii electrici (tensiunea sau tensiunile din secundar, rezistența înfășurătorilor, raportul de transformare, rezistența de izolare între înfășurări, respectiv între primar și secundar mărimea magnetică și mecanica ai produsului).

Pentru a intinge mai usor metoda proiectarii unui transformator de retea, se cer precizate mai intai unele notiuni care vor interveni in calculele.

Tipul de tolă - De obicei se utilizează tolă cu dimensiuni standardizate de tip Eti „economice”, denumite astfel întrucât dintr-o bandă de tolă silicioasă de lățime adevarată se obțin prima întărire, concomitent, două tolă E și două tolă i, fără a se pierde din suprafața utilă a materialului. Dimensiunile toliei economice se precizează prin litera E, urmată de a [mm], care reprezintă dimensiunea toliei de bază. Astfel, există următoarele tipuri de tolă standardizate de tip economic: E₅, E_{6,7}, E₈, E₁₀, E_{12,5}, E₁₄, E₁₆, E₈, E₂₀, E₂₅, E₃₂.



Dimensiunile caracteristice toliei standardizate de tip economic 20



Obtinerea talelor economice

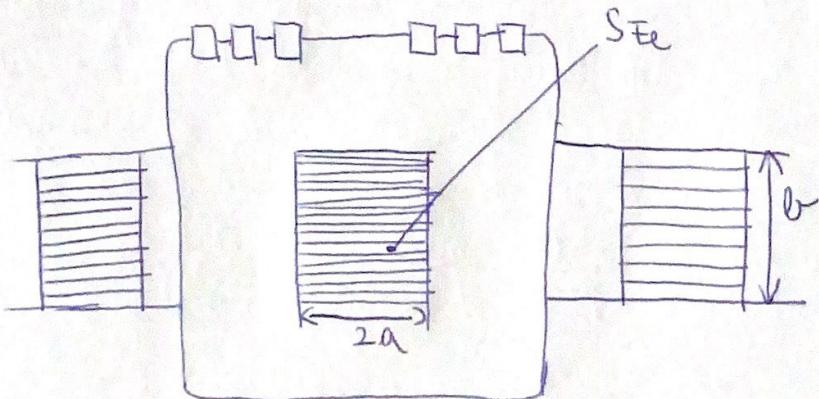
Grosimea talelor este și se standardizează la valourile $g_1 = 0,35 \text{ mm}$ și $g_2 = 0,5 \text{ mm}$.

• Aria ferestrei talei - $A_F [\text{cm}^2]$ - reprezintă suprafața destinată introducerii înfășurărilor și este prezentată mai sus. Valoarea acestuia este:

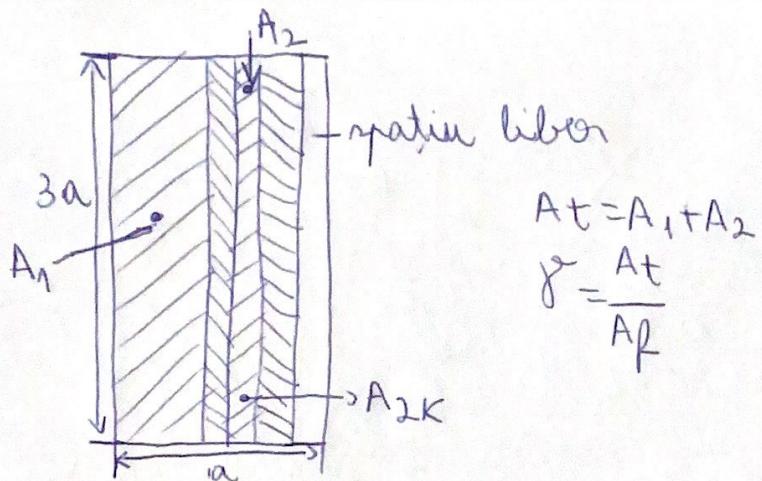
$$A_F [\text{cm}^2] = 0,03 \cdot a^2 [\text{mm}]$$

• Secțiunea în fier $S_{Fe} [\text{cm}^2]$ - reprezintă aria secțiunii miezului magnetic situat în interiorul carcaserii bobinate. Mărimea sa este $S_{Fe} [\text{cm}^2] = 0,02 \cdot a [\text{mm}] \cdot b [\text{mm}]$, unde $b [\text{mm}]$ - grosimea pachetului de tale.

Secțiunea în fier: S_{Fe}



Secțiunea transversală pentru un transformator
de rețea



Repartizarea spatiului în ferestra talei

- Factorul de umplere a ferestrei talei γ - definit ca raportul dintre aria totală, ocupată de înfășurări în ferestra talei, At [cm^2] și aria ferestrei A_f [cm^2], conform relației.

$$\gamma = \frac{At - A_1 + A_2}{A_f \cdot 0,03 \cdot a^2}, \text{ unde}$$

A_1 - aria ocupată de înfășurarea primară

A_{2K} - aria ocupată de înfășurarea secundară

BIBLIOGRAFIE

- Ghid Proiectare Transformator.pdf
- www.cetti.no - course
- www.tme.eu/no/

CONCLUZII

Transformatorul este un dispozitiv electric fiabil, în timp și ușor de proiectat. Acesta are rolul de a modifica valoarea tensiunii de intrare și a curentului din circuitul primar în valori necesare circuitelor secundare. Acestea se întâlnesc în dispozitive precum amplificatoare, încărcătoare mobile, căptușe cu microonde etc.

Acest dispozitiv operă sigurantă utilizatorilor prin izolare montajelor de rețeaua de curenț alternativ și de casul aparatului în care este montat. În plus, au emisii electromagnetice reduse, ceea ce înseamnă că nu perturbă alte dispozitive electronice din jur.

Avantajul este că în cazul în care un transformator din comert nu satisfac nevoile inginerului, acesta poate fi proiectat ușor în funcție de nevoile acestuia.