

**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

Andrei Alina

Grupa 421F

București 2022

## Date inițiale de proiectare

Se va proiecta un transformator de mică putere care va avea 3 șenjuri secundare ce vor alimenta 3 rețele resistive diferențe:

- Secundarul 1 cu tensiunea de 12 volți alimentează o rețea cu simetria configurație Fig. 1.1. Rezistențele funcționează într-un mediu cu temperatură ambientă  $T_a = 10 \dots 70^\circ C$ .
- Secundarul 2 cu tensiunea de 10 volți alimentează o rețea resistivă formată dintr-un rezistor și un termistor, la temperatură ambientă de  $20^\circ C$ .
- Secundarul 3 cu o tensiune de 90 volți, va alimenta un consumator de tip resistiv, cu redare de ferită primă intermediu unui condensator.
- Tensiunea de alimentare din circuitul primar: 230V / 50Hz.

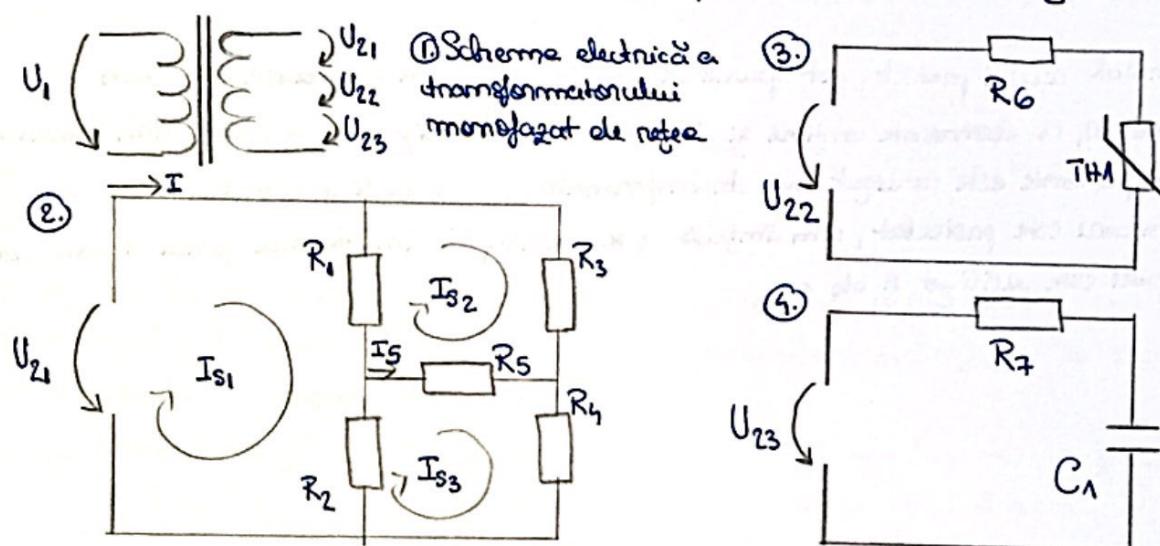


Fig. 1

Prin proiectarea transformatorului de rețea se urmărește determinarea:

- $m_1$  - numărul de spine din șenjura primară;
- $m_{21}, m_{22}, m_{23}$  - numărul de spine din șenjurile secundare 1, 2 respectiv 3;
- $d_1$  - diametrul conductorului de bobinaj din șenjura primară;
- $d_{21}, d_{22}, d_{23}$  - diametrul conductorului de bobinaj din șenjurile secundare 1, 2 și 3;
- $a$  - tipul de telă standardizată care se utilizează, astfel sunt  $\gamma$  standard  $E [0,64 \div 0,76]$ ;
- $b$  - grosimea pochetului de telă;
- $N$  - numărul de role necesar.

## Rezumatul Proiectului

Lucrarea are ca scop cunoașterea structurii, tehnologiei de fabricație și a metodelor de proiectare ale unui transformator monofazat de mică putere cu o înfășurare primară și trei secundare, conectate la trei rețele rezistive.

Proiectul începe cu ună introducere, unde sunt prezentate generalități despre proiectarea transformatorului de rețea monofazic de mică putere. Transformatorul este un dispozitiv electric utilizat pentru a modifica valoarea tensiunilor și curentilor, dar și pentru a izola un circuit electric de altul.

În continuare, este prezentat calculul curenlilor și al puterilor dissipate în rezistențele celor trei circuite. În funcție de rezistența monimetală și puterea dissipată, au fost alese rezistențele de tip SMD cu putere monimetală mai mare decât puterea dissipată calculată anterior. În urma acestor alegeri, a fost întocmită lista tabelului cu componentele circuitului (BOM), cu ambele varianțe de componente SMD și THT. Pentru calculul puterii transformatorului și dimensiunile acastia, au fost urmărite câteva etape de calcul:

- a) se evaluatează puterea totală absorbită din secundar;
- b) se calculează puterea absorbită din primar;
- c) se determină sectiunile miezului magnetic;
- d) se calculează numărul de spine /V mecanic;
- e) se determină numărul de spine din înfășurarea primară;
- f) se calculează numărul de spine mecanic pentru cele trei înfășurări secundare;
- g) se calculează curentul din înfășurarea primară;
- h) se dimensionează diametrile conductoarelor de bobinaj din primar și din secundar;
- i) se calculează anile ocupate de înfășurări din ferestrele talei, din ambele procedee de bobinare;
- j) se evaluatează anile totale, ocupate de înfășurări, din ambele cazuri;
- k) se dimensionează tala mecanică din ambele situații;
- l) se calculează grosimea pachetului de tale, utilizându-se talele standardizate alese;
- m) se determină numărul de tale mecanic din ambele cazuri.

În final, sunt expuse instrucțiunile și detaliile tehnologice finale de execuție, dimindându-se cont de toate calculurile și particularitățile anilor anteriori.

## Project Summary

The aim of the essay is to know the structure, manufacturing technology and design methods of a low-power single-phase transformer with a primary and three secondary windings, connected to three resistive networks.

The project begins with the introduction where generalities are presented about the design of the low-power single-phase network transformer. The transformer is an electrical device used to change the values of voltage and currents but also to isolate one electrical circuit from another.

Next, the calculation of currents and dissipated powers in the resistors of the three circuits are presented. Depending on the rated resistance and dissipated power, SMD type resistors with a rated power higher than the previously calculated dissipated power were chosen. Subsequent these choices, the list of the circuit components table (BOM), with both SMD and THT components, was drawn up. To calculate the power of the transformer and its sizing, some calculation steps were followed:

- a) calculate the total power from the secondary;
- b) calculate the total power from the primary;
- c) calculate the magnetic core section;
- d) calculate the number of windings per volt;
- e) calculate the number of windings from primary;
- f) calculate the number of windings from secondary;
- g) calculate the value of the primary current;
- h) calculate diameters of the primary and secondary winding conductors;
- i) calculate areas of windings in the plate window;
- j) calculate total areas of windings;
- k) determine the necessary plate;
- l) calculate the thickness of plates package;
- m) calculate the number of plates.

In the end, the final instructions and technological details of execution are made known, taking into account all the calculations and particularities shown above.

## Cuprins

1. Capitolul 1. Introducere	6
2. Capitolul 2. Calculul și dimensionarea ansamblului	+
2.1. Calculul curentilor și al puterilor dissipate în rezistențele retelei	+
2.2. Alegerea rezistențelor pe baza valorii normale și a puterii dissipate	10
2.3. Realizarea tabelului de componentă (BOM)	11
2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia	12
3. Capitolul 3. Instrucțiuni și date de tehnologie de execuție	15
4. Capitolul 4. Bibliografie	17
5. Concluzii	18

## Capitolul 1. Introducere

Transformatorul de rețea monofazic, de micii puteri, este o componentă prezentă în multe scheme de alimentare a aparaturii electronice de tip statornic. El este destinat să modifice valoarea tensiunii și curențului, de la nivelul oferit de rețea circuitului primar, la nivelul sau micii necesare unui circuitul sau circuitele secundare. Transformatorul oferă și izolația galvanică fără ele rețea de curenț alternativ, a gazului aparatului electronic în care este încorporat, asigurând electrosecuritatea persoanelor care îl manipulează. Din punct de vedere constructiv, un transformator de rețea de micii puteri, prezintă următoarele părți componente principale:

- carcăsă electroizolată;
- bobinaj;
- miez feromagnetic, din ștale de tabă silicioasă (format E+I, U+I, I), din bumbi (cu coloane, în manta, tonoidale);
- sistem de strângere a miezelui magnetic și de fixare a transformatorului de gazul aparatului electronic.

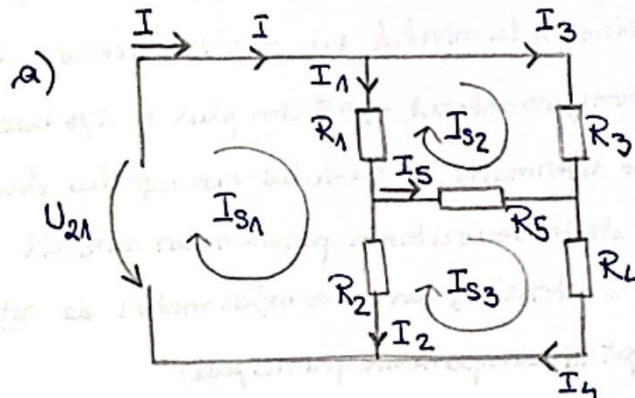
În prezent transformatorul de alimentare clasic este înlocuit în multe aplicări cu sursele de alimentare în comutare, care funcționează la frecvențe mari ( $> 20\text{kHz}$ ) și care au la rândul lor un transformator cu miez de fieră. Datorită eficienței mai mari, puterii specifice crescute, greutății reduse, profului mai mic aceste surse sunt folosite tot mai des. Unul din avantajele pe care înceă să mai fie transformatorul clasic este simplicitatea și de aici fiabilitatea ridicată. Un alt avantaj este legat de emisiile electromagnetice reduse, care pot fi supărațioase la unele surse de alimentare în comutare. Într-o echipamentelor electronice în care înceă se utilizează transformatorul de rețea cu miez feromagnetic amintim: amplificatoare de semnal audio de înaltă performanță, unele echipamente de măsură, criptare cu microonde, anumite stații de lipit, anumite încărcătoare pentru echipamente mobile, și altele. De asemenea, aceste transformatoare sunt folosite în circuite care trebuie să funcționeze la frecvența rețelei de alimentare, de exemplu transformatoare separate de rețea sau invertoruri pentru surse mezintreruptibile.

În ceea ce urmează toate referinile se vor face la miezul feromagnetic cu ștale de tip E+I.

## Capitolul 2. Calculul și dimensionarea ansamblului

2.1. Calculul curentilor și al puterilor dissipate în rezistențele retelei.

Averem de calculat curentii și puterile dissipate în rezistențe pentru fiecare din cele trei retele negative:



Ce cunoaștem:

$$U_{21} = 12V$$

$$R_1 = 10\Omega$$

$$R_2 = 22\Omega$$

$$R_3 = 4,7\Omega$$

$$R_4 = 15\Omega$$

$$R_5 = 8,2\Omega$$

Ce trebuie să aflăm:

$$I, I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 = ?$$

$$P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 = ?$$

Obținem curentii primi fiecare numără și alegem arbitrar sensul fiecărui.

În continuare vom utiliza celelalte curenti de baza

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{11} \cdot I_{S1} + R_{12} \cdot I_{S2} + R_{13} \cdot I_{S3} = U_{21} \\ R_{21} \cdot I_{S1} + R_{22} \cdot I_{S2} + R_{23} \cdot I_{S3} = 0 \\ R_{31} \cdot I_{S1} + R_{32} \cdot I_{S2} + R_{33} \cdot I_{S3} = 0 \end{array} \right.$$

$$R_{11} = R_1 + R_2 = 10 + 22 = 32\Omega$$

$$R_{22} = R_1 + R_3 + R_5 = 10 + 4,7 + 8,2 = 22,9\Omega$$

$$R_{33} = R_2 + R_4 + R_5 = 22 + 15 + 8,2 = 45,2\Omega$$

$$R_{12} = R_{21} = -R_1 = -10\Omega$$

$$R_{23} = R_{32} = -R_5 = -8,2\Omega$$

$$R_{13} = R_{31} = -R_2 = -22\Omega$$

Înlocuimod numeric, sistemul devine:

$$\left\{ \begin{array}{l} 32 \cdot I_{S_1} - 10 \cdot I_{S_2} - 22 \cdot I_{S_3} = 12 \\ -10 \cdot I_{S_1} + 22,9 \cdot I_{S_2} - 8,2 \cdot I_{S_3} = 0 \\ -22 \cdot I_{S_1} - 8,2 \cdot I_{S_2} + 45,2 \cdot I_{S_3} = 0 \end{array} \right.$$

Averem un sistem de 3 ecuații cu 3 necunoscute pe care să rezolvăm cu Metoda Cramer:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 32 & -10 & -22 \\ -10 & 22,9 & -8,2 \\ -22 & -8,2 & 45,2 \end{vmatrix} = \frac{293982}{25} = 11759,28$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 12 & -10 & -22 \\ 0 & 22,9 & -8,2 \\ 0 & -8,2 & 45,2 \end{vmatrix} = \frac{290352}{25} = 11614,08 \Rightarrow I_{S_1} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{11614,08}{11759,28} = 0,98A$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 32 & 12 & -22 \\ -10 & 0 & -8,2 \\ -22 & 0 & 45,2 \end{vmatrix} = \frac{34944}{5} = 7588,8 \Rightarrow I_{S_2} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{7588,8}{11759,28} = 0,64A$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 32 & -10 & 12 \\ -10 & 22,9 & 0 \\ 22 & -8,2 & 0 \end{vmatrix} = \frac{35148}{5} = 7029,6 \Rightarrow I_{S_3} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{7029,6}{11759,28} = 0,59A$$

După ce am efectuat curentii de bucle, putem calcula curentii și puterile dissipate în rezistențele retelei.

$$I_1 = I_{S_1} - I_{S_2} = 0,98 - 0,64 \Rightarrow I_1 = 0,34A$$

$$I_2 = I_{S_1} - I_{S_3} = 0,98 - 0,59 \Rightarrow I_2 = 0,39A$$

$$I_3 = I_{S_2} = 0,64A \Rightarrow I_3 = 0,64A$$

$$I_4 = I_{S_3} = 0,59A \Rightarrow I_4 = 0,59A$$

$$I_5 = I_{S_3} - I_{S_2} = 0,59 - 0,64 \Rightarrow I_5 = -0,05A$$

$$I = I_{S_1} = 0,98A \Rightarrow I = 0,98A$$

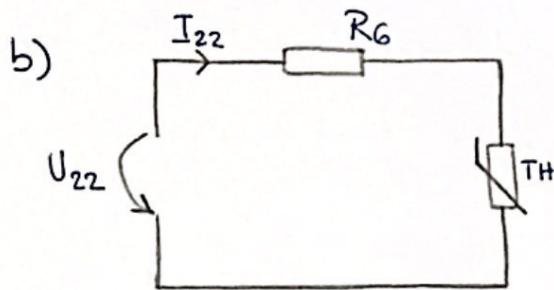
$$P_1 = R_1 \cdot I_1^2 = 10 \cdot (0,34)^2 \Rightarrow P_1 = 1,15W$$

$$P_2 = R_2 \cdot I_2^2 = 22 \cdot (0,39)^2 \Rightarrow P_2 = 3,34W$$

$$P_3 = R_3 \cdot I_3^2 = 4,7 \cdot (0,64)^2 \Rightarrow P_3 = 1,92W$$

$$P_4 = R_4 \cdot I_4^2 = 15 \cdot (0,59)^2 \Rightarrow P_4 = 5,22W$$

$$P_5 = R_5 \cdot I_5^2 = 8,2 \cdot (-0,05)^2 \Rightarrow P_5 = 0,02W$$



Ce cunoaștem:

$$U_{22} = 10V$$

$$R_6 = 12\Omega$$

$$R_{Th} = 18\Omega \text{ (25°C)}$$

Ce trebuie să afleam:

$$I_{22} = ?$$

$$P_6 = ?$$

$$P_{Th} = ?$$

Calculăm rezistența echivalentă a întregului circuitului la temperatură de 25°C:

$$\text{Rechiv.} = R_6 + R_{Th} = 12 + 18 = 30\Omega$$

$\Rightarrow$  Curentul prim secundanul 2 va fi:

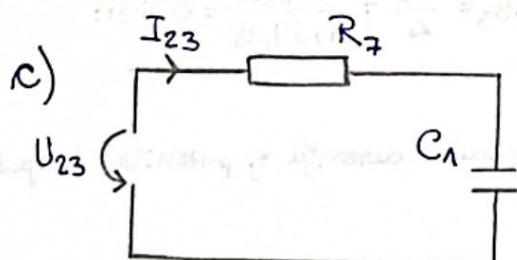
$$I_{22} = \frac{U_{22}}{\text{Rechiv.}} = \frac{10}{30} = 0,33A \Rightarrow I_{22} = 0,33A$$

Puterea dissipată pe rezistența  $R_6$  va fi:

$$P_6 = R_6 \cdot I_{22}^2 = 12 \cdot (0,33)^2 = 1,31W \Rightarrow P_6 = 1,31W$$

iar puterea dissipată pe termistorul  $R_{Th}$  va fi:

$$P_{Th} = R_{Th} \cdot I_{22}^2 = 18 \cdot (0,33)^2 = 1,96W \Rightarrow P_{Th} = 1,96W$$



Ce cunoaștem:

$$U_{23} = 90V$$

$$R_7 = 1,5k\Omega$$

$$C_1 = 1\mu F$$

Ce trebuie să afleam:

$$I_{23} = ?$$

$$P_7 = ?$$

Calculăm impedanța condensatorului  $C_1$ :

$$\frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{2\pi f \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{2\pi f} \cdot 10^6 = \frac{1}{314,16} \cdot 10^6 = 0,003183 \cdot 10^6 = 3,183 \cdot 10^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Z_{C_1} = -3,183 \cdot 10^3 \cdot j$$

$$Z_{\text{echiv.}} = Z_{R_7} + Z_{C_1} = 1500 + (-3,183 \cdot 10^3 \cdot j) = 1500 - 3183j$$

$$\Rightarrow I_{23} = \frac{U_{23}}{Z_{\text{echiv.}}} = \frac{90}{1500 - 3183j} = \frac{16,66 + 35,36j}{16,66 - 35,36j} = \frac{16,66 + 35,36j}{277,55 + 1250,33} = \frac{16,66 + 35,36j}{1527,88} = 0,011 + 0,023j$$

Deci putem afla valoarea modulului curentului prim secundanul 3:

$$|I_{23}| = \sqrt{(0,011)^2 + (0,023)^2} = \sqrt{0,000121 + 0,000529} = \sqrt{0,00065} = 0,025A$$

iar puterea dissipată pe rezistența  $R_7$  va fi:

$$P_7 = R_7 \cdot I_{23}^2 = 1500 \cdot (0,025)^2 = 0,93W \Rightarrow P_7 = 0,93W.$$

## 2.2. Alegerea rezistorilor, pe baza valorii minimele și a puterii dissipate

După calculurile efectuate la punctul 2.1., am întocmit lista rezistorilor de tip SMD pe baza valorii minimele și a puterii dissipate astfel:

Nr. ent.	Rezistorul	Rezistența minimă	Puterea dissipată	Rezistență minimă din catalog + toleranță	Puterea minimă din catalog
1	R <sub>1</sub>	10 Ω	1,15W	10 Ω ± 5%	1,15W
2	R <sub>2</sub>	22 Ω	3,34W	22 Ω ± 2%	3,5W
3	R <sub>3</sub>	4,7 Ω	1,92W	4,7 Ω ± 5%	2W
4	R <sub>4</sub>	15 Ω	5,22W	15 Ω ± 5%	6W
5	R <sub>5</sub>	8,2 Ω	0,02W	8,2 Ω ± 2%	30mW
6	R <sub>6</sub>	12 Ω	1,31W	12 Ω ± 1%	2W
7	R <sub>7</sub>	1,5 kΩ	0,93W	1,5 kΩ ± 1%	1W

Așa cum se observă, am ales puterea minimă pentru fiecare rezistor mai mare decât ce calculată la punctul 2.1.

Pentru termistorul R<sub>th</sub> de tip NTC am ales:

Nr. ent.	Termistorul	Rezistență minimă la 25°C	Puterea dissipată	Rezistență minimă la 25°C din catalog
1	R <sub>th</sub>	18 Ω	1,96W	18 Ω

În urma acestor tabele am realizat un continuare lista tabelului cu componente circuitului (BOM).

# BOM

## SMD

Nr. Crt.	Reference Designator, RefDes (referință componentă în schemă, nume PCB)	Nume/cod/număr/valoare 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 articol (Lei fără TVA)
1	R1	10 Ω	rezistor	Chip Rezistor: thick film; SMD; 2512; 10Ω; 1,5W; ±5%; -55÷155°C	<a href="#">r2512-10r-5%25/rezisten</a>	TME România <a href="http://www.tme.eu/ro/">http://www.tme.eu/ro/</a>	PWR2512-10R-5%	PWR12JTFA0100	Viking	1	10	0.73	7.3
2	R2	22 Ω	rezistor	CHIP RES SMD 22 OHM 2% 3.5W 2512	<a href="#">oducts/detail/vishay-dale</a>	Digi-Key România <a href="https://www.digikey.ro/">https://www.digikey.ro/</a>	RCP2512B22ROGED	RCP2512B22ROGED	Vishay Dale	1	300	16.71	5013
3	R3	4.7 Ω	rezistor	Chip Rezistor: thick film; SMD; 2512; 4,7Ω; 2W; ±5%; -55÷155°C	<a href="#">wf25p-4r7-5%25/rezisten</a>	TME România <a href="http://www.tme.eu/ro/">http://www.tme.eu/ro/</a>	WF25P-4R7-5%	WF25P4R7JTL	WALSIN	1	50	0.35	17.5
4	R4	15 Ω	rezistor	SMD Chip Resistor, 15 ohm, ± 5%, 6 W, 4527 [11470 Metric], Thick Film, High Power	<a href="#">ctivity/356015rit/res-15r-</a>	Farnell România <a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	356015RJT	356015RJT	OGS - TE CONNECTIVITY	1	100	4.96	496
5	R5	8.2 Ω	rezistor	SMD Chip Resistor, 8.2 ohm, ± 2%, 30 mW, 01005 [0402 Metric], Thick Film, General Purpose	<a href="#">tronics/rk73b1fttbl8r2g/</a>	Farnell România <a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	RK73B1FTTBLBR2G	RK73B1FTTBLBR2G	KOA	1	20000	0.18	3600
6	R6	12 Ω	rezistor	Chip Rezistor: thick film; de înaltă putere; SMD; 2512; 12Ω; 2W; ±1%	<a href="#">12-12r-1%25/rezistente-si</a>	TME România <a href="http://www.tme.eu/ro/">http://www.tme.eu/ro/</a>	HP2512-12R-1%	HP122WF120JT4E	ROYAL OHM	1	10	1.77	17.7
7	Rth	18 Ω (25°C)	termistor	NTC (Negative Temperature Coefficient) Thermistors 18Ohm 20%	<a href="#">ra-AVX/NC20KC0180MBA</a>	Mooser Electronics România <a href="https://ro.mouser.com/">https://ro.mouser.com/</a>	NC20KC0180MBA	NC20KC0180MBA	Kyocera AVX	1	1	1.95	1.95
8	R7	1.5kΩ	rezistor	Chip Rezistor: thick film; SMD; 2512; 1,5kΩ; 1W; ±1%; -55÷155°C	<a href="#">ils/crcw25121k50fkthbc/</a>	TME România <a href="http://www.tme.eu/ro/">http://www.tme.eu/ro/</a>	CRCW25121K50FKTHBC	CRCW25121K50FKTHBC	VISHAY	1	10	0.559	5.59
9	C1	1μF	capacitor	Condensator: ceramic; MLCC; 1uF; 100V; X7R; ±10%; SMD; 1206	<a href="#">061c105k4t2a/condensat</a>	TME România <a href="http://www.tme.eu/ro/">http://www.tme.eu/ro/</a>	12061C105K4T2A	12061C105K4T2A	KYOCERA AVX	1	10	1.286	12.86

## THT

Nr. Crt.	Reference Designator, RefDes (referință componentă în schemă, nume PCB)	Nume/cod/număr/valoare 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 articol (Lei fără TVA)
1	R1	10 Ω	rezistor	Rezistor: carbon; THT; 10Ω; 2W; ±5%; Ø5x15mm; axial	<a href="#">cf2w-10r/rezistente-carbo</a>	TME România <a href="http://www.tme.eu/ro/">http://www.tme.eu/ro/</a>	CF2W-10R	CF2W-10R 5%	SR PASSIVES	1	100	0.1727	17.27
2	R2	22 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 22 ohm, A, 3.5 W, ± 10%, Radial Leaded, 1 kV	<a href="#">/ax220ke/res-22r-10-3-5</a>	Farnell România <a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	AX220KE	AX220KE	OHMITE	1	1	169.95	169.95
3	R3	4.7 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 4.7 ohm, RR, 2 W, ± 5%, Axial Leaded, 500 V	<a href="#">nectivity/2-1879352-9/res</a>	Farnell România <a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	2-1879352-9	2-1879352-9	NEOHM - TE CONNECTIVITY	1	1	0.31	0.31
4	R4	15 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 15 ohm, RCH, 5.5 W, ± 5%, 1.285 kV	<a href="#">rch50s15r00is06/res-15r-</a>	Farnell România <a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	RCH50S15R00IS06	RCH50S15R00IS06	VISHAY	1	1	66	66
5	R5	8.2 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 8.2 ohm, CFR, 500 mW, ± 5%, Axial Leaded, 350 V	<a href="#">ty/cfr50j8r2/res-8r2-5-50</a>	Farnell România <a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	CFR50J8R2	CFR50J8R2	TE CONNECTIVITY	1	5	0.51	2.55
6	R6	12 Ω	rezistor	Rezistor: metal oxide; THT; 12Ω; 2W; ±5%; Ø5x12mm; axial	<a href="#">12r/rezistente-metalizate</a>	TME România <a href="http://www.tme.eu/ro/">http://www.tme.eu/ro/</a>	2W-12R	MOR025J0120A10	ROYAL OHM	1	20	0.63	12.6
7	Rth	18 Ω (25°C)	termistor	Nu am gasit un astfel de termistor, decat de tipul SMD cu rezistența la 25°C de 18 Ω									
8	R7	1.5kΩ	rezistor	Through Hole Resistor, 1.5 kohm, CFR, 1 W, ± 5%, Axial Leaded, 500 V	<a href="#">vity-neohm/cfr100j1k5/re</a>	Farnell România <a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	CFR100J1K5	CFR100J1K5	NEOHM - TE CONNECTIVITY	1	5	0.32	1.6
9	C1	1μF	capacitor	Multilayer Ceramic Capacitor, 1 μF, 100 V, ± 10%, Radial Leaded, X7R, 5 mm	<a href="#">er72a105k2m1h03a/cap-</a>	Farnell România <a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	RDER72A105K2M1H03A	RDER72A105K2M1H03A	MURATA	1	5	3.96	19.8

## 2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensiunile acestuia

Averem de proiectat un transformator cu următoarele date întâișoare:

$$U_1 = 230V, f = 50Hz, U_{21} = 12V, I_{21} = 0,98A, U_{22} = 10V, I_{22} = 0,33A, U_{23} = 90V, I_{23} = 0,025A, B = 1,2T.$$

Etapele de calcul sunt:

a) se calculează puterea totală absorbită din secundar,  $P_2$ :

$$P_2 = U_{21} \cdot I_{21} + U_{22} \cdot I_{22} + U_{23} \cdot I_{23} = 12 \cdot 0,98 + 10 \cdot 0,33 + 90 \cdot 0,025 = 11,76 + 3,3 + 2,25 = 17,31W.$$

b) se calculează puterea absorbită din primar,  $P_1$ , pentru  $m_2 = 0,85$ :

$$P_1 = \frac{P_2}{m_2} = \frac{17,31}{0,85} = 20,36W.$$

c) se determină secțiunea miezului magnetic,  $S_{Fe}$ :

$$S_{Fe} = 1,2 \cdot \sqrt{P_1} = 1,2 \cdot \sqrt{20,36} = 1,2 \cdot 4,51 = 5,41 \text{ cm}^2$$

d) se calculează numărul de spine / V,  $m_0$ , necesar:

pentru  $f = 50Hz$  și  $B_M = 1,2T$ :

$$m_0 = \frac{48}{S_{Fe}} = \frac{48}{5,41} = 8,84 \text{ sp/V.}$$

e) se determină numărul de spine din înfășurarea primară,  $m_1$ :

$$m_1 = m_0 \cdot U_1 = 8,84 \cdot 230 = 2040,1 \text{ spine}$$

Valoarea calculată se poate nota și la  $m_1 = 2045$  spine, cu toleranță sub 1%, convenabilă:

$$\frac{2045 - 2040,1}{2040,1} \cdot 100\% = 0,24\% < 1\%.$$

f) se calculează numărul de spine necesar pentru cele trei înfășurări secundare:

$$m_{21} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{21} = 1,1 \cdot 8,84 \cdot 12 = 117,084 \text{ spine}$$

$$m_{22} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{22} = 1,1 \cdot 8,84 \cdot 10 = 97,24 \text{ spine}$$

$$m_{23} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{23} = 1,1 \cdot 8,84 \cdot 90 = 800,54 \text{ spine}$$

Valoile calculate se notă la  $m_{21} = 118$ ,  $m_{22} = 98$  și  $m_{23} = 800$  spine.

g) se calculează curentul prin amfăsunareea primă I<sub>1</sub>:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{20,36}{230} = 0,088 A$$

h) se dimensionează diametrele conductoanelor de bobinaj primar, d<sub>1</sub>, și pentru secundare, d<sub>21</sub>, d<sub>22</sub>, d<sub>23</sub>:

$$d_1 = 0,65 \cdot \sqrt{I_1} = 0,65 \cdot \sqrt{0,088} = 0,19 \text{ mm}$$

$$d_{21} = 0,65 \cdot \sqrt{I_{21}} = 0,65 \cdot \sqrt{0,98} = 0,64 \text{ mm}$$

$$d_{22} = 0,65 \cdot \sqrt{I_{22}} = 0,65 \cdot \sqrt{0,33} = 0,34 \text{ mm}$$

$$d_{23} = 0,65 \cdot \sqrt{I_{23}} = 0,65 \cdot \sqrt{0,025} = 0,1 \text{ mm}$$

Pe baza indicatiilor și a tabelului cu valori standardizate din ghidul de proiectare, se aleg diametrele:

$$d_1 = 0,18 \text{ mm} \rightarrow C_1 = 1730 \text{ sp/cm}^2 \text{ și } C_2 = 2050 \text{ sp/cm}^2$$

$$d_{21} = 0,6 \text{ mm} \rightarrow C_1 = 162 \text{ sp/cm}^2 \text{ și } C_2 = 209 \text{ sp/cm}^2$$

$$d_{22} = 0,35 \text{ mm} \rightarrow C_1 = 530 \text{ sp/cm}^2 \text{ și } C_2 = 594 \text{ sp/cm}^2$$

$$d_{23} = 0,1 \text{ mm} \rightarrow C_1 = 4460 \text{ sp/cm}^2 \text{ și } C_2 = 6100 \text{ sp/cm}^2$$

i) se calculează arile ocupate de amfăsunarii am ferestra stălei, am ambele procedee de bobinare:

- cu izolare între straturi:

$$A_1 = \frac{m_1}{C_1} = \frac{2045}{1730} = 1,182 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{m_{21}}{C_{121}} + \frac{m_{22}}{C_{122}} + \frac{m_{23}}{C_{123}} = \frac{118}{162} + \frac{98}{530} + \frac{849}{4460} = 0,73 + 0,18 + 0,19 = 1,1 \text{ cm}^2$$

- fără izolare între straturi:

$$A'_1 = \frac{m_1}{C_2} = \frac{2045}{2050} = 0,99 \text{ cm}^2$$

$$A'_2 = \frac{m_{21}}{C_{221}} + \frac{m_{22}}{C_{222}} + \frac{m_{23}}{C_{223}} = \frac{118}{209} + \frac{98}{594} + \frac{849}{6100} = 0,56 + 0,16 + 0,14 = 0,86 \text{ cm}^2$$

j) se calculează arile totale, ocupate de amfăsunarii, am ambele cazuri:

$$A_f = A_1 + A_2 = 1,182 + 1,1 = 2,282 \text{ cm}^2$$

$$A'_f = A'_1 + A'_2 = 0,99 + 0,86 = 1,85 \text{ cm}^2$$

k) se dimensiunează totă măsurană în ambele situații:

$$a = 6,9 \cdot \sqrt{cA_f} = 6,9 \cdot \sqrt{2,282} = 10,42 \text{ mm}$$

$$a' = 6,9 \cdot \sqrt{c'A_f} = 6,9 \cdot \sqrt{1,85} = 9,38 \text{ mm}$$

Se aleg doile standardizate  $E_{10}$  respectiv  $E_g$  și se verifică factorul de umplere cu doile standardizate, și standard:

$$\gamma_{\text{standard}} = \frac{A_f}{0,03 \cdot a_{\text{standard}}^2} = \frac{2,282}{0,03 \cdot 10^2} = 0,7606 \notin [0,64; 0,76]$$

$$\gamma'_{\text{standard}} = \frac{A'_f}{0,03 \cdot a'_{\text{standard}}^2} = \frac{1,85}{0,03 \cdot 9^2} = 0,461 \notin [0,64; 0,76].$$

l) se calculează grosimea pachetului de doile  $b$ , respectiv  $b'$ , utilizându-se doile standardizate alese:

$$b = \frac{S_{Fe}}{0,02 \cdot a_{\text{standard}}} = \frac{5,41}{0,02 \cdot 10} = 27,05 \text{ mm}$$

$$b' = \frac{S_{Fe}}{0,02 \cdot a'_{\text{standard}}} = \frac{5,41}{0,02 \cdot 9} = 30,05 \text{ mm}$$

m) se determină numărul de doile măsurană în ambele cazuri, pt.

$g_1 = 0,35 \text{ mm}$ :

$$N = \frac{b}{g_1} = \frac{27,05}{0,35} = 77,28 \text{ doile}$$

$$N' = \frac{b'}{g_1} = \frac{30,05}{0,35} = 85,85 \text{ doile}$$

Valorile calculated se notinjesc prim adăos la  $N = 48$  doile și  $N' = 86$  doile.

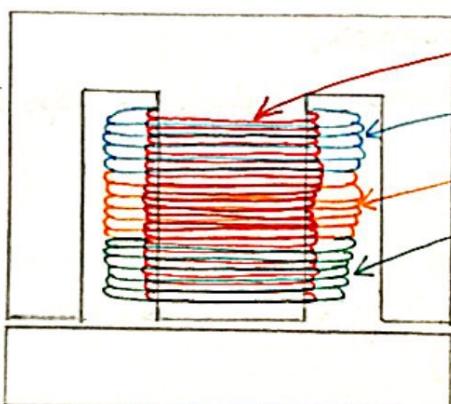
### Capitolul 3. Înstrucțiuni și detalii tehnologice de execuție

Pentru a realiza un transformator de rețea monofazic, de mica putere, trebuie urmărite următoarele etape tehnologice:

- a) obținerea telelor, din tabă de ferosiliciu, prin stansare sau metrăză;
- b) tratamentul termic al telelor stansate, pentru determinarea mecanică și refacerea proprietăților magnetice, afectate de procesul de prelucrare mecanică;
- c) realizarea carcăsei, prin injecție de material plastic sau montaj din elemente constitutive specifice, obținute sau preelabil prin stansare;
- d) bobinarea înfășurărilor, pe carcasa obținută anterior, cu ajutorul unor magnezi de bobinat, utilizând conductoare din cupru izolați cu email;
- e) introducerea telelor sau carcăsu - „lamelarea transformatorului”.

În cazul transformatorului de rețea, neexistând componente de curent continuu, se realizează o lamelare întresecută, adică se introduce alternativ, pe o parte și pe cealaltă a carcăsei, mai întâi telile de tip E, apoi cele de tip I. Ultimele 2-3 tele se introduce fortat, prin borduri ușcate cu un ciocan, transformatorul fiind așezat pe o placă de otel.

- f) strângerea miezului magnetic cu o manetă sau cu scoabe, prezervative și piulițe pentru a împiedica vibrația telelor în timpul funcționării transformatorului;
- g) impregnarea transformatorului prin urmărie sau parafină topită sau prin lac poliuretic care polimerizează prin urmărire în cuptor.
- h) controlul tehnic de calitate sau cadrul căruia se verifică parametrii electrici (densitatea sau densitatea din secundar, rezistența înfășurărilor, raportul de transformare, rezistența de izolare între înfășurări, respectiv între primar și miezul magnetic) și mecanici ai produsului.



înfășurarea primară

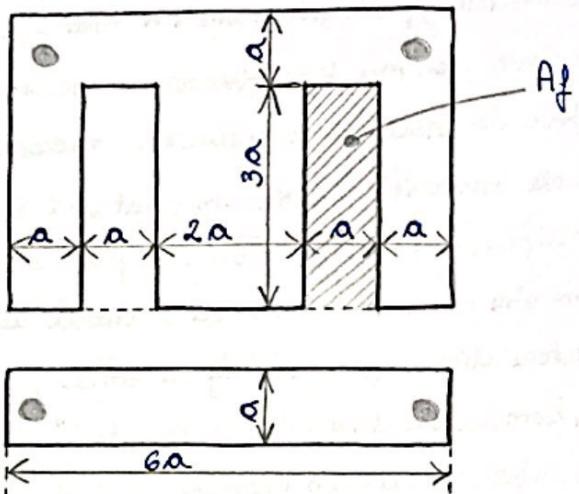
înfășurarea secundară 1

înfășurarea secundară 2

înfășurarea secundară 3

## Proiectarea transformatorului monofazat, de mică putere

Pentru transformatorul monofazat vom utilizat tele de dimensiuni standardizate de tip E + I „economice”, dimensiunile caracteristice ale acestora sunt prezentate în schița de mai jos.



Grosimea telelor este standardizată la valoarea  $g_1 = 0,35 \text{ mm}$  și  $g_2 = 0,5 \text{ mm}$ .

Aria ferestrelor telei  $A_f [\text{cm}^2]$  - reprezintă suprafața destinată introducerii simfuzurilor și este prezentată haguret în schiță de mai sus. Valoarea acesteia este:

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

Secțiunea din fier  $S_{Fe} [\text{cm}^2]$  - reprezintă aria secțiunii mijlocului magnetic situat în interiorul canălei bobinei. Mărimea sa este:

$$S_{Fe} [\text{cm}^2] = 0,02 \cdot a [\text{mm}] \cdot b [\text{mm}] , \text{ unde } b [\text{mm}] = \text{grosimea pachetului dentelor};$$

Factorul de umplere al ferestrelor  $\gamma$ , definit ca raportul:

$$\gamma = \frac{A_f [\text{cm}^2]}{A_F [\text{cm}^2]} = \frac{A_1 [\text{cm}^2] + A_{21} [\text{cm}^2] + A_{22} [\text{cm}^2] + A_{23} [\text{cm}^2]}{0,03 \cdot a^2 [\text{mm}]} , \text{ unde}$$

$A_1 [\text{cm}^2]$  - reprezintă aria ocupată de simfuzura primară;

$A_{21}, A_{22}, A_{23} [\text{cm}^2]$  - reprezintă aria ocupată de simfuzurile secundare 1, 2 respectiv 3;

$A_f [\text{cm}^2]$  - aria totală ocupată de simfuzuri.

Pentru ca un transformator de rețea să se poată necliga ușor în producție de serie, valoarea optimă pentru factorul de umplere este  $\gamma_0 = 0,7$  dar, în general se poate accepta o valoare din intervalul  $[0,64 \div 0,76]$ .

Bibliografie:

www.cetti.no/v2/curs CCP/materiale CCP/ANEXA-A6-2017RO.pdf  
www.drmq.eu/ne/  
www.digikey.no/  
www.ne.farnell.com/  
www.ne.mouser.com/

## Concluzii

În cadrul acestei lucrări am proiectat un transformator de rețea monofazic de mare putere, cu tensiunea de intrare în circuitul primar de 230V și frecvență de 50Hz. Cu trei simfoniuni secundare, transformatorul alimentează trei rețele rezistive cu tensiunile de 12V, 10V respectiv 80V.

După toate cele calculate și proiectate anterior, am ajuns la concluzia că transformatorul ar fi cel mai optim realizat cu 78 de turnuri, pentru cazul în care avem izolație între straturi, respectiv cu 86 de turnuri pentru cazul în care nu există izolație între straturi.

## Concluzii personale

La finalul acestui proiect, pot spune că am simțit cum se proiectează un transformator, ce elemente conține și tehnologia de realizare a acestuia. Am simțit că ce componentă este nevoie unui transformator, cum studiază structura lui și modul în care este proiectat, cum simțele că se întăripă înțâlnirea unui transformator, în ce se ocupă este utilizat și de ce.