

**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

Stanov George-Cosmin

Grupa 423B

Bucureşti 2019

$U_1=110V$

$f=60\text{hz}$

Tip componenta=THT

$U_{21}=8V$

$U_{22}=13V$

$U_{23}=180V$

$R_1=5\Omega$

$R_2=8.2 \Omega$

$R_3=10 \Omega$

$R_4=62 \Omega$

$R_5=15 \Omega$

$R_6=12 \Omega$

$R_7=47 \Omega$

$R_8=1k5 \Omega$

$R_{th}=18 \Omega$

$C_1=470n$

Rezumat proiect

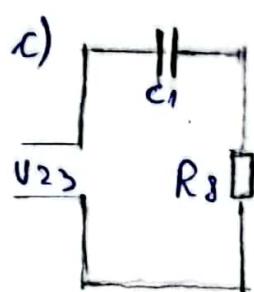
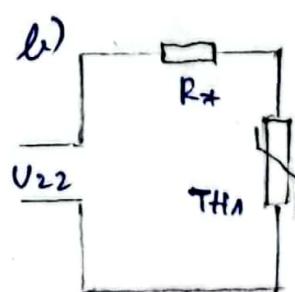
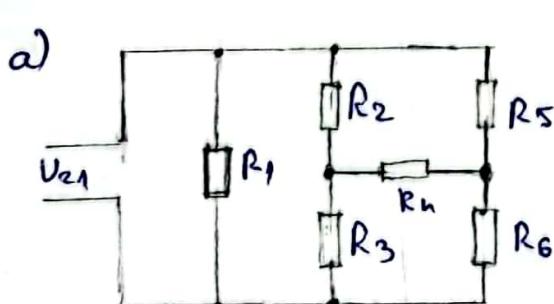
Proiectul are ca scop cunoasterea structurii constructive a tehnologiilor de fabricatie, precum si a metodologiei de proiectare a transformatorului de retea de mica putere ( $P < 500W$ ), utilizat in alimentarea aparaturii electrice.

In acest proiect se va proiecta un transformator monofazat de mica putere care alimenteaza cele trei circuite si se abriga rezistoarele  $R_1 \dots R_8$ ,  $R_s$ , termistorul  $R_{th}$  si condensatorul  $C_1$ . Temperatura medieului ambient este de 20 de grade Celsius. Termistorul este de tip NTC cu parametrul  $B = 3000\text{ K}$ , iar rezistenta termistorului la temperatura de 25 de grade Celsius ( $R_{th}$ ) este de  $18\Omega$ .

Transformatorul are 3 infășurări secundare ce vor alimenta 3 retele rezistive:

- Secundarul 1 cu tensiunea de 8V alimenteaza o retea cu urmatoarea configuratie de 6 rezistoare. Rezistoarele functioneaza intr-un mediu cu temperatura ambientala  $T_a = 30^\circ\text{C}$ .
- Secundarul 2 cu tensiunea de 13V alimenteaza o retea rezistiva formata dintr-un rezistor si un termistor la temperatura ambientala de  $25^\circ\text{C}$ .
- Secundarul 3 cu o tensiune de 180V, va alimenta un consumator de tip rezistiv la un curent  $I = 8\text{ mA}$ , cu reducerea tensiunii prin intermediul unui alt element pasiv

Tensiunea de intrare in circuitul primar este de 110V si are frecventa de 60 Hz



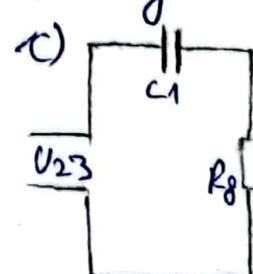
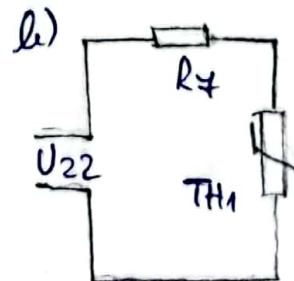
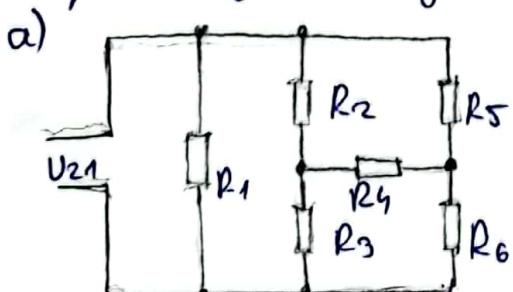
Summary of the project

The project has the purpose of presenting the constructive structure, the fabrication technology, as well as the projection methodology of a transformer for a low-power mains (P<sub>500W</sub>), used to supply electronic equipment.

In this project, a single-phase transformer will be projected, for low-power mains which will supply the three circuits with the resistors  $R_1, \dots, R_8$ , the thermistor  $R_{th}$  and the capacitor  $C_1$ . The ambient temperature is  $20^\circ\text{C}$ . The thermistor is of the NTC type, with the parameter  $B = 3000\text{K}$ , and it has a resistance ( $R_{th}$ ) of  $18\Omega$  at the temperature of  $25^\circ\text{C}$ .

The transformer has 3 secondary windings that will power 3 resistive networks:

- a) Secondary 1, with the voltage of  $8\text{V}$ , powers a network with a 6 resistor configuration. The resistor work in an environment with a temperature  $T_a = 30^\circ\text{C}$ .
  - b) Secondary 2, with the voltage of  $13\text{V}$ , powers a resistive network made of a single resistor and a single thermistor with the ambient temperature of  $25^\circ\text{C}$ .
  - c) Secondary 3, with a voltage of  $180\text{V}$ , powers a resistive consumer with an ~~30mA~~ intensity  $I_8 = 18\text{mA}$ , with the voltage is being reduced through the help of another passive component.
- The primary voltage is  $110\text{V}$  and the frequency is  $60\text{Hz}$ .



Geprinsel proiectului	2
Date inițiale de proiectare	3
Rezumatul proiectului	4
Rezumatul proiectului (engleză)	
<b>Capitolul 1</b>	
Introducere	6
<b>Capitolul 2. Calculul și dimensionarea ansamblului</b>	
2.1. Calculul curentilor și al puterilor dissipate în rezistențele rețelei	8
2.2. Alegerea rezistențelor, pe baza valorii nominale și a puterii dissipate afectată de derating	12
2.3. Tabelul de componentă (listă de materiale BOM - Bill of materials)	
2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acesteia	12
<b>Capitolul 3</b>	
Instrucțiuni și detalii tehnologice de execuție	15
<b>Capitolul 4</b>	
Bibliografie	18
Concluzii	19

## Generalități:

Transformatorul de rețea monofasic, de mică putere, este o componentă prezentă în multe scheme de alimentare a aparatului electronic de tip stationar. El este destinat să modifice valoarea tensiunii și curentului, de la nivel oferit de rețea circuitului primar, la nivelele sau niveliile necesare în circuitul său circuitelor secundare. Transformatorul oferă în plus și izolare galvanică față de rețeaua de curenț alternație, a sasiului aparatului electronic în care este încorporat, asigurând electrosecuritatea persoanelor care îl manipulează. Din punct de vedere constructiv, un transformator de rețea de mică putere, prezintă următoarele părți componente principale:

- carcăsa electroizolantă
- bobinaj
- miez feromagnetic, din tole de tablă silicioasă (format E+I, U+I, I), din lemn și cu coloane, în manta, toroidale)
- sistem de strângere a miezelui magnetic și de fixare a transformatorului de săriul aparatului electronic

## Proiectarea transformatorului:

Pentru a înțelege mai ușor metodele proiectării unui transformator de rețea se vor preciza mai întâi unele noțiuni care vor interesa în calcule.

Sipul detolă - De obicei se utilizază tole cu dimensiuni standardizate de tip E+I "economice", denumite astfel, întrucât dintr-o bandă de tablă silicioasă de latime adecvată se obțin prin stăriare, concomitent,

două tole E și două tole I, fără a se pierde din suprafață utilă a materialului. Dimensiunile tolei economice se precizează prin litera E, urmată de a[mm], care reprezintă dimensiunea de tip economic: E5; E6,4; E8; E10; E12,5; E14; E16; E18; E20; E25; E32.

Grosimea tobelor este și ea standardizată la valourile  $g_1 = 0,35 \text{ mm}$  și respectiv,  $g_2 = 0,5 \text{ mm}$ .

Aria ferestrei tolei  $A_F [\text{cm}^2]$  - reprezintă suprafața destinată introducerii înfășurărilor. Valoarea acesta 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 carcsei bobinate. Grosimea este:

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

unde  $b [\text{mm}]$  - reprezintă grosimea pachetului de tole;

Factorul de umplere a ferestrei tolei  $\gamma$  - definit ca raportul dintre aria totală, ocupată de înfășurare în fereastra tolei,  $A_x [\text{cm}^2]$  și aria ferestrei,  $A_F [\text{cm}^2]$ , conform relației

$$\gamma = \frac{A_x [\text{cm}^2]}{A_F [\text{cm}^2]} = \frac{A_1 [\text{cm}^2] + A_2 [\text{cm}^2]}{0,03 \cdot a^2 [\text{mm}]}$$

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

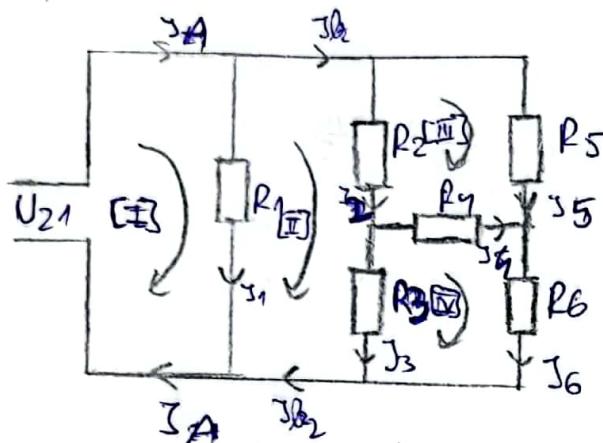
$A_2 [\text{cm}^2]$  - reprezintă aria ocupată de înfășurările sau înfășurările secundare; ( $A_{2k}$  - aria ocupată de înfășurarea secundară k)

$A_x [\text{cm}^2] = A_1 [\text{cm}^2] + A_2 [\text{cm}^2]$  - aria totală ocupată de înfășurări

Calculul și dimensionarea ansamblului

2.1 Calculul curentilor și al puterilor dissipate în rezistențele retelelor:

i) Secundarul 1:



$$\begin{aligned} U_{21} &= 8 \text{ V} \\ R_1 &= 5 \Omega \\ R_2 &= 8,2 \Omega \\ R_3 &= 10 \Omega \\ R_4 &= 62 \Omega \\ R_5 &= 15 \Omega \\ R_6 &= 12 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_0 &= \text{lucke} \\ l &= \text{laturi} ; l = 9 \\ m &= \text{noduri} ; m = 6 \\ b &= l - m + 1 = 4 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} R_{11} J_{b1} + R_{12} J_{b2} + R_{13} J_{b3} + R_{14} J_{b4} = U_{21} \\ R_{21} J_{b1} + R_{22} J_{b2} + R_{23} J_{b3} + R_{24} J_{b4} = 0 \\ R_{31} J_{b1} + R_{32} J_{b2} + R_{33} J_{b3} + R_{34} J_{b4} = 0 \\ R_{41} J_{b1} + R_{42} J_{b2} + R_{43} J_{b3} + R_{44} J_{b4} = 0 \end{cases} (=)$$

$$\begin{cases} R_1 J_{b1} - R_1 J_{b2} = U_{21} \\ -R_1 J_{b1} + J_{b2} (R_2 + R_3 + R_1) - R_2 J_{b3} - R_3 J_{b4} = 0 \\ -R_2 J_{b2} + J_{b3} (R_5 + R_4 + R_2) - R_4 J_{b4} = 0 \\ -R_3 J_{b2} - R_4 J_{b3} + J_{b4} (R_4 + R_6 + R_3) = 0 \end{cases} (=)$$

$$\begin{cases} J_{b1} - J_{b2} = 1,6 \\ -5 J_{b1} + 23,2 J_{b2} - 8,2 J_{b3} - 10 J_{b4} = 0 \\ -8,2 J_{b2} + 85,2 J_{b3} - 62 J_{b4} = 0 \\ -10 J_{b2} - 62 J_{b3} + 84 J_{b4} = 0 \end{cases} \quad \cdot 10 \quad (=)$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 10Jb_1 - 10Jb_2 = 16 \\ -50Jb_1 + 232Jb_2 - 82Jb_3 - 100Jb_4 = 0 \\ -82Jb_2 + 852Jb_3 - 620Jb_4 = 0 \\ -10Jb_2 - 62Jb_3 + 84Jb_4 = 0 \end{cases}$$

$$D = \begin{vmatrix} 10 & -10 & 0 & 0 \\ -50 & 232 & -82 & -100 \\ 0 & -82 & 852 & -620 \\ 0 & -10 & -62 & 84 \end{vmatrix} = 10(232 \cdot 852 \cdot 84 - 10 \cdot 82 \cdot 62 - \\ - 100 \cdot 82 \cdot 62 - 10 \cdot 100 \cdot 852) = \\ = 232 \cdot 82 \cdot 62 \cdot 84 - 82 \cdot 82^2 + 50(40 \cdot 852 \cdot 84 - 10 \cdot 82 \cdot 62 - 0 + 10 \cdot 620 \cdot 62 - 0) + 0 + 0 = 3595600$$

$$D_1 = \begin{vmatrix} 16 & -10 & 0 & 0 \\ 0 & 232 & -82 & -100 \\ 0 & -82 & 852 & -620 \\ 0 & -10 & -62 & 84 \end{vmatrix} = 16(232 \cdot 852 \cdot 84 - 100 \cdot 82 \cdot 62 - 82 \cdot 10 \cdot 620) = \\ = 84033280$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} 10 & 16 & 0 & 0 \\ -50 & 0 & -82 & -100 \\ 0 & 0 & 852 & -620 \\ 0 & 0 & -62 & 84 \end{vmatrix} = 10 \cdot 0 + 50(16 \cdot 852 \cdot 84 - 16 \cdot 62 \cdot 620) = \\ = 26502400$$

$$D_3 = \begin{vmatrix} 10 & -10 & 16 & 0 \\ -50 & 232 & 0 & -100 \\ 0 & -82 & 0 & -620 \\ 0 & -10 & 0 & 84 \end{vmatrix} = -50(-10 \cdot 0 \cdot 84 + 16 \cdot 620 \cdot 10 + 82 \cdot 16 \cdot 84) = \\ = 10440400$$

$$D_4 = \begin{vmatrix} 10 & -10 & 0 & 16 \\ -50 & 232 & -82 & 0 \\ 0 & -82 & 852 & 0 \\ 0 & -10 & -62 & 0 \end{vmatrix} = -50(82 \cdot 62 \cdot 16 + 10 \cdot 852 \cdot 16) = \\ = 10883200$$

$$J_{L_1} = \frac{D_1}{D} = 2,334 \text{ A}$$

$$J_{L_2} = \frac{D_2}{D} = 0,734 \text{ A}$$

$$J_{L_3} = \frac{D_3}{D} = 0,291 \text{ A}$$

$$J_{L_4} = \frac{D_4}{D} = 0,302 \text{ A}$$

$$R_1 J_1 = U_{21} \Rightarrow J_1 = \frac{U_{21}}{R_1} = 1,6 \text{ A}$$

$$P_{R_1} = J_1^2 R_1 = 12,8 \text{ W}$$

$$J_{L_1} = J_A = 2,334 \text{ A}$$

$$J_2 = J_{L_2} - J_{L_3} = 0,466 \text{ A}$$

$$J_5 = J_{L_3} = 0,291 \text{ A}$$

$$J_6 = J_{L_4} = 0,302 \text{ A}$$

$$J_3 = J_{L_2} - J_{L_4} = 0,435 \text{ A}$$

$$J_4 = J_{L_4} - J_{L_3} = 0,011 \text{ A}$$

$$P_{R_2} = J_2^2 R_2 = 1,78 \text{ A W}$$

$$P_{R_3} = J_3^2 R_3 = 1,98 \text{ W}$$

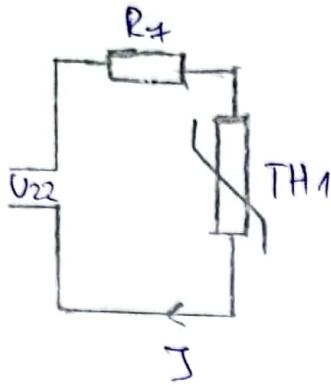
$$P_{R_4} = J_4^2 R_4 = 0,004 \text{ W}$$

$$P_{R_5} = J_5^2 R_5 = 1,2 \text{ W}$$

$$P_{R_6} = J_6^2 R_6 = 1,09 \text{ W}$$

$$P_1 = U_{21} \cdot i = 8 \cdot 2,334 = 18,696 \text{ W}$$

ii) Secundärkreis 2:



$$U_{22} = 13 \text{ V}$$

$$R_7 = 47 \Omega$$

$$R_{th} = 18 \Omega$$

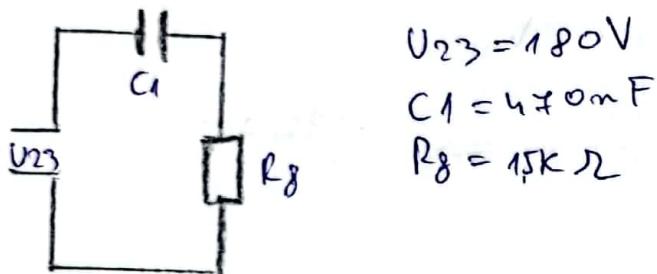
$$U_{22} = I (R_7 + R_{th}) \Leftrightarrow 13 = I \cdot 65 \Rightarrow I = \cancel{0,2A} = 0,2 \text{ A}$$

$$P_{R7} = 0,2^2 \cdot 47 = \cancel{0,94} \text{ W } 1,88 \text{ W}$$

$$P_{Rth} = 0,2^2 \cdot 18 = \cancel{0,72} \text{ W } 0,72 \text{ W}$$

$$P_{t2} = U_{22} \cdot I = 13 \cdot 0,2 = 2,6 \text{ W}$$

iii) Secundärkreis 3:



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

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

$$R_8 = 15 \text{ k}\Omega$$

$$Z_C = \frac{j}{\omega C} = \frac{j}{2\pi f C} = 10^3 \cdot \frac{j}{0,147}$$

$$Z_R = 1500 \Omega$$

$$I_{ef} = \left| \frac{U_{ef} \cdot 10^{-3}}{1,5 + \cancel{0,147}} \right| = 0,0308 \text{ A}$$

$$P_{R8} = I_{ef}^2 \cdot R_8 = 1,42 \text{ W}$$

$$P_{t3} = U_{23} \cdot I_{ef} = 180 \cdot 0,0308 = \cancel{5,54} \text{ W } 5,54 \text{ W}$$

Nr. Crt.	Reference Designator, RefDes (referință componentă în schemă)	Nume/cod/numar/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	5	rezistor	Through Hole Resistor, 5 ohm, AP830, 30 W, ± 1%, TO-220, 350 V	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	2530959	AP830 5R F 100PPM	ARCOL	1	1	34.05	34.05
2	R2	8.2	rezistor	Through Hole Resistor, Fusible, 8.2 ohm, EMC, 2 W, ± 10%, Axial Leaded, 500 V	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	1738538	EMC2-8R2K	TT ELECTRONICS / WELWYN	1	5	1.37	6.85
3	R3	10	rezistor	Through Hole Resistor, 10 ohm, ROX, 3 W, ± 5%, Axial Leaded, 350 V	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	1738662	ROX3SJ10R	NEOHM - TE CONNECTIVITY	1	1	0.4	0.4
4	R4	62	rezistor	Through Hole Resistor, 62 ohm, MF12, 125 mW, ± 1%, Axial Leaded, 200 V	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	9343440	MF12 62R	MULTICOMP PRO	1	5	0.28	1.4
5	R5	15	rezistor	Through Hole Resistor, 15 ohm, WHS, 3 W, ± 5%, Axial Leaded	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	2251055	WHS3-15RJA1	TT ELECTRONICS / WELWYN	1	1	2.02	2.02
6	R6	12	rezistor	Through Hole Resistor, 12 ohm, ROX, 3 W, ± 5%, Axial Leaded, 350 V	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	1738663	ROX3SJ12R	NEOHM - TE CONNECTIVITY	1	1	0.4	0.4
7	R7	47	rezistor	Through Hole Resistor, 47 ohm, WHS, 5 W, ± 5%, Axial Leaded	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	2251076	WHS5-47RJT075	TT ELECTRONICS / WELWYN	1	1	4,10	4,10
8	R8	1,5k	rezistor	Through Hole Resistor, 1.5 kohm, SQM, 5 W, ± 5%, Radial Leaded, 350 V	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	1687957	SQM5-1K5JI	TT ELECTRONICS / WELWYN	1	5	2	10
9	Rth	18	termistor	NTC Thermistor, In-Rush Current Limiting, 18 ohm, 3 A, 13 mm Disc, ICL	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	4133322	ICL181D13MIC	EATON BUSSMANN	1	1000	5,52	5520
10	C1	470n	condensator	Electrolytic Capacitor, 0.47 µF, 63 V, ± 20%, Radial Leaded, 2000 hours @ 85°C	<a href="https://ro.farnell.com/">https://ro.farnell.com/</a>	Farnell www.ro.farnell.com	1236676	MCNP63V474M5X11	MULTICOMP PRO	1	5	0.3	1.5

2.2 Alegerea componentelor passive pe baza valorii nominale și a puterii dissipate afectate de derating

Se vor căuta componente disponibile pe piață care vor îndeplini cerințele tehnice ale circuitelor. Din cauza eroziilor posibile, se va lua în considerare o toleranță de 10%.

## 2.4 Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia

a) se calculează puterea totală absorbită din secundar:

$$P_2 = P_{t_1} + P_{t_2} + P_{t_3} = 26,83 \text{ W}$$

b) se calculează puterea absorbită în primar pt.  $\eta = 0,85$ :

$$P_1 = \frac{P_2}{0,85} = 31,56 \text{ W}$$

c) se determină secțiunea miezului magnetic:

$$S_{Fe} = 1,2 \cdot \sqrt{P_1} = 6,74 \text{ cm}^2$$

d) se calculează numărul de spire /V, m<sub>0</sub>, necesar:

$$m_0 = \frac{\sqrt{2} \cdot 10^4}{2\pi \cdot 1,2 \cdot S_{Fe}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 10^4}{2\pi \cdot 6,74} = 4,63 \text{ sp}$$

$$m_0 = \frac{4,8}{6,74} = 0,712 \text{ sp/V}$$

e) se determină numărul de spire din înfășurarea primară

$$n_1 = m_0 \cdot U_1 = 0,712 \cdot 110 = 783,2 \text{ sp} \approx 783 \text{ sp}$$

f) se calculează numărul de spire din înfășurarea ~~primară~~ necesar pentru cele trei înfășurări secundare

$$n_{21} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{21} = 1,1 \cdot 0,712 \cdot 8 = 62,65 \text{ sp} \approx 63 \text{ sp}$$

$$n_{22} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{22} = 1,1 \cdot 0,712 \cdot 13 = 101,81 \text{ sp} \approx 102 \text{ sp}$$

$$n_{23} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{23} = 1,1 \cdot 0,712 \cdot 180 = 1409,76 \text{ sp} \approx 1410 \text{ sp}$$

g) se evaluează curentul din înfășurarea primară,  $I_1$ :

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{31,56}{110} = 0,286 \text{ A}$$

h) se dimensionează diametrele conductorelor de bobinaj dim primar și pentru secundare:

$$d_1 = 0,65 \cdot \sqrt{I_1} = 0,65 \cdot \sqrt{0,286} \approx 0,35 \text{ mm}$$

$$d_{21} = 0,65 \cdot \sqrt{I_{21}} = 0,65 \cdot \sqrt{2,337} \approx 1 \text{ mm}$$

$$d_{22} = 0,65 \cdot \sqrt{I_{22}} = 0,65 \cdot \sqrt{0,12} \approx 0,3 \text{ mm}$$

$$d_{23} = 0,65 \cdot \sqrt{I_{23}} = 0,65 \cdot \sqrt{0,0308} \approx 0,12 \text{ mm}$$

i) se calculează ariile ocupate de înfășurarea primară,  $A_1 [\text{cm}^2]$ , respectiv de înfășurarea secundară,  $A_2 [\text{cm}^2]$ , în fereastra tobi, utilizându-se coeficienții de umplere  $C_1$  sau  $C_2$ , în funcție de procedeul de bobinare adoptat, conform relațiilor:

$$\text{I } A_1 = \frac{483}{530} = 1,477 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{63}{65} + \frac{102}{722} + \frac{1410}{3190} = 0,969 + 0,141 + 0,442 = 1,552 \text{ cm}^2$$

$$\text{II } A'_1 = \frac{483}{544} = 1,318 \text{ cm}^2$$

$$A'_2 = \frac{63}{75} + \frac{102}{807} + \frac{1410}{4120} = 0,84 + 0,126 + 0,342 = 1,308 \text{ cm}^2$$

I cu izolație între straturi;  $A = \frac{n_1}{C_1}$

II fără izolație între straturi;  $A = \frac{n_1}{C_1}$

j) se evaluează ariile totale, ocupate de înfășurări, în ambele cazuri:

$$A_t = A_1 + A_2 = 1,477 + 1,552 = 3,029 \text{ cm}^2$$

$$A'_t = A'_1 + A'_2 = 1,318 + 1,308 = 2,626 \text{ cm}^2$$

k) se dimensionează tala necesară în ambele situații:

$$a = 6,9 \cdot \sqrt{A_t} = 6,9 \cdot \sqrt{3,029} = 12 \text{ mm}$$

$$a' = 6,9 \cdot \sqrt{A'_t} = 6,9 \cdot \sqrt{2,626} = 11,18 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{standard}} = \frac{A_t}{0,03 \cdot a_{\text{standard}}^2} = \frac{3,029}{0,03 \cdot 12^2} = 0,65 \in [0,64 \div 0,74]$$

$$Y'_{\text{standard}} = \frac{A'_t}{0,03 \cdot a'_{\text{standard}}^2} = \frac{2,626}{0,03 \cdot 10^2} \approx 0,64 \in [0,64 \div 0,74]$$

S-a ales tolă standardizată E16 și E14 și s-a verificat factorul de umplere cu tolă standardizată, respectiv

l) se calculează grosimea pachetului de tolă b, respectiv, utilizându-se tolale standardizate alese:

$$b = \frac{S_{fe}}{0,02 \cdot a_{\text{standardizat}}} = \frac{0,172}{0,02 \cdot 12,5} = 26,88 \text{ mm}$$

$$b' = \frac{S_{fe}}{0,02 \cdot a'_{\text{standardizat}}} = \frac{0,172}{0,02 \cdot 10} = 33,6 \text{ mm}$$

m) se determină numărul de tolă necesar în ambele cazuri, pentru  $g_1 = 0,35 \text{ mm}$ :

$$N = \frac{b}{g_1} = \frac{26,88}{0,35} = 76,8 \text{ tolă} \approx 77 \text{ tolă}$$

$$N' = \frac{b'}{g_1} = \frac{33,6}{0,35} = 96 \text{ tolă}$$

## Instrucțiuni și detalii tehnologice de execuție

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

- a) obținerea toanelor, din tablă de ferosiliciu (otel cu conținut ridicat de siliciu) obținută conform unor standarde, prin stăriare în matrită;
- b) tratamentul termic al toanelor stăriate (recoacere la temperatură de cca.  $850^{\circ}\text{C}$  urmată de răcire lată), pentru detensionare mecanică și refacerea proprietăților magnetice, afectate de procesul de prelucrare mecanică;
- c) realizarea carcasei, prin injecție de material plastic în matrită sau prin montaj din elemente constitutive specifice, obținute în prealabil prin stăriare, din polipropilén, textolit, pertinax, steclostratinex, etc.;
- d) lechinarea înfășurărilor, pe carcasa obținută anterior, cu ajutorul unor mașini de lechinat semiautomate sau automate, utilizând conductori din cupru izolați cu email, realizati în conformitate cu anumite standarde. Vom folosi standardul românesc (STAS<sup>u</sup> 685-58);

OBS: Bibinarea transformatoarelor de rețea se poate realiza, în funcție de cerințele tehnico-economice impuse, în două feluri:

- "fără izolație între straturi"
- "cu izolație între straturi"

În primul caz se lechină în următoarea ordine:

- 1) înfășurarea primară;
- 2) se introduc consecutiv două straturi de folie de izolație "trafo" / hârtie specială parafinată sau folie de poliester,

cu grosimea de  $30 \div 50 \mu\text{m}$ )

- 3) prima înfășurare secundară, urmată de introducerea unui strat de izolație, etc;
- 4) întreaga bobină se mai izolarează în final și la exterior în al doilea caz, se introduce către un strat de izolație după fiecare strat de spire bobinate.
- e) introducerea toanelor în carcasa - operatie denumită "lamelarea transformatorului"

Obs: În cazul transformatorului de retea, necesitând componentă de curent continuu, se realizează o lamelare întrețesută, adică se introduc alternativ, pe o parte și pe cealaltă a carcasei, mai întâi toalele de tip E, apoi ale de tip J. Ultimile 2-3 toale se introduc forțat, prin bătere ușoară cu un ciocan de cupru și aluminiu, transformatorul fiind aserat pe o placă din oțel. Lamelarea nîndrepturată se realizează prin introducerea în carcasa, pe aceeași parte, a tuturor toalelor E, respectiv J. În acest fel se obține un intrețier în circuitul magnetic. Această variantă de lamelare se utilizează la transformare (sau bobine) care sunt străbătute și de o componentă de curent continuu, cum ar fi transformatoarele de audiofreqvență.

- f) strângerea mărzelui magnetic cu o mantă sau cu scoabe, prezente și piulițe pentru a împiedica vibrația toanelor în timpul funcționării transformatorului.

Mantaua se realizează prin stăpânire, din tabla de oțel TDA cu grosimea de  $1 \div 1,25 \text{ mm}$ , după care se acoperă galvanic prin zincare pasivizată. În anumite aplicații se practică și ceramarea transformatorului, cu ajutorul unor capace laterale, executate prin ambețirare din TDA, sau prin aplicarea unei spire în scurtcircuit,

din folie de cupru care înconjoră bobinajul și miezul magnetic pe exterior.

g) impregnarea transformatorului prin imersie în parafină topită sau în lac poliuretanic care polimerizează prin încălzire în cuptor, la o temperatură de  $80 \div 100^\circ\text{C}$ , timp de cca. o oră.

Impregnarea transformatoarelor de rețea se realizează într-o incintă cu capac etanș, care mai întâi se videază la  $10^{-1} \div 10^{-2}$  torr (pentru eliminarea urmelor de apă, de pe bobinaj și din hârtia de izolație strafo), după care se introduce impregnantul respectiv.

h) Controlul tehnic de calitate în cadrul căreia se verifică parametrii electrici (tensiunea sau tensiunile din secundar, rezistența înfășurărilor, raportul de transformare, rezistența de izolație între înfășurări respective și miezul magnetic) și mecanici ai produsului.

## Cap. 4

### Bibliografie

<https://www.cetti.ro/v2/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Transformer>

[www.ro.farnell.com](http://www.ro.farnell.com)

<https://www.scribd.com/document/282020111/Transformatorul-Monofazat>

[https://electronicaplicata.files.wordpress.com/2016/12/6\\_studiul\\_tr\\_monofazat.pdf](https://electronicaplicata.files.wordpress.com/2016/12/6_studiul_tr_monofazat.pdf)

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Small\\_audio\\_transformer\\_cross\\_section.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Small_audio_transformer_cross_section.jpg)

<https://www.princeton.edu/~minjie/files/chen-unified-2021.pdf>

Concluzii:

Transformatorul de rețea monofazic de mică putere este o componentă omniprezentă în lumea circuitelor de alimentare a aparaturii electronice de tip stationar. Scopul acestuia este de a modifica valoarea tensiunii și curentului, de la nivelul oferit de rețeaua circuitului principal, la nivelul necesar în circuitul / circuitele secundare. De asemenea, el oferă electrosecuritate prin izolare galvanică.

Acest proiect mi-a dat spionă să înțelegă despre o componentă fundamentală în lumea electronică, vitală pentru funcționarea a multor apărate, de la casnic, la celor folosite în cercetare. În plus, având oportunitatea să mă documentez despre tehnologia de realizare, proiectarea și metologia de proiectare a unui transformator, în detaliu încât procesul de fabricare să fie cât mai optim și pentru a asigura un nivel de calitate și de protecție.

În total, transformatorul și monofazic de mică putere este o componentă fundamentală în viața deziensul vieții de zi cu zi și înțelegerea acestuia este un pas important în dezvoltarea profesională a unui inginer electricist.