

UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” din BUCUREŞTI

Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

Proiect

Componente si Circuite Pasive

Circuit rezistiv alimentat printr-un transformator de mică putere

Pescaru Anamaria-Andra

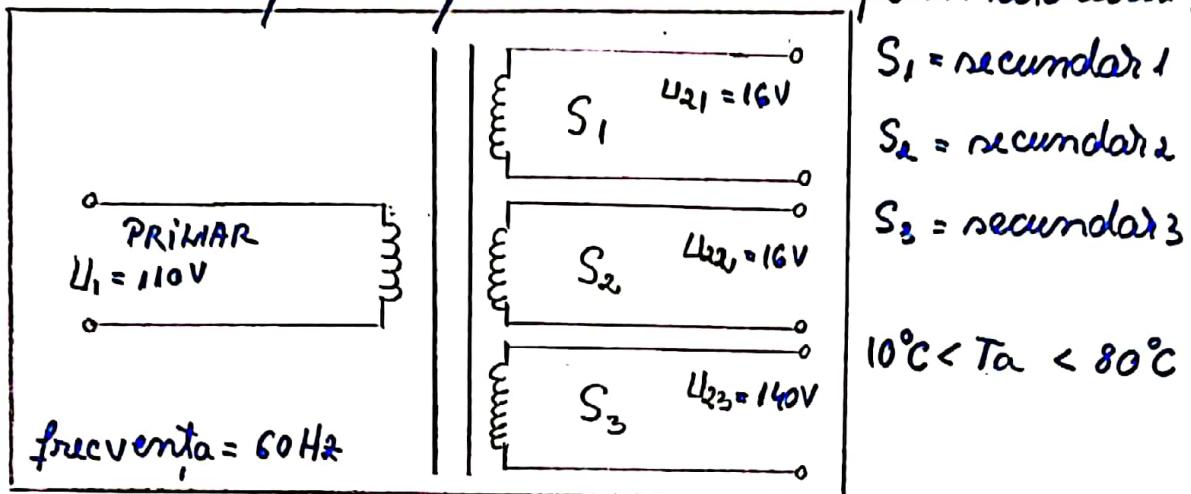
Grupa 424A

București 2021

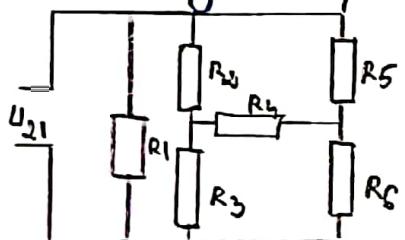
Datele inițiale de proiectare

Se va proiecta un transformator monofazat de mică putere care va avea trei înfășurări secundare ce vor alimenta trei rețele rezistive diferite.

Schema de principiu a transformatorului:

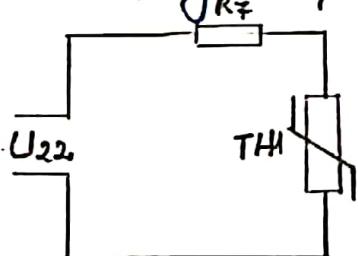


1. Configurația pentru secundarul 1:



$$\begin{array}{ll} R_1 = 22\Omega & R_5 = 18\Omega \\ R_2 = 33\Omega & R_6 = 27\Omega \\ R_3 = 15\Omega & U_{21} = 16V \\ R_4 = 83\Omega & \end{array}$$

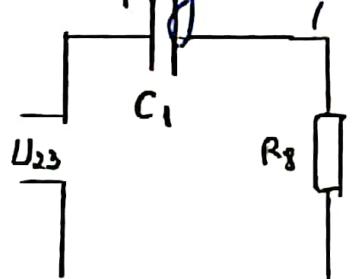
2. Configurația pentru secundarul 2:



$$\begin{array}{ll} R_7 = 56\Omega & U_{22} = 16V \\ R_{th} = 39\Omega & (25^\circ\text{C}) \end{array}$$

Termistor de tip NTC cu parametrul $B=3000K$.

3. Configurația pentru secundarul 3:



$$\begin{array}{ll} R_8 = 120\Omega & U_{23} = 140V \\ C_1 = 3\mu F & \end{array}$$

REZUMAT PROIECT

că acest proiect are ca scop realizarea unui transformator monofazat de mică putere ($P < 500 \text{ W}$).

În primul capitol sunt prezentate noțiuni generale despre transformatorul de rețea monofazic, de mică putere.

În cel de-al doilea capitol sunt expuse toate etapele ce tim de metodologia de proiectare a transformatorului: calculare a curentilor și a puterilor dissipati în rezistențele rețelei, alegerea rezistorilor pe baza valorilor nominale și a puterilor dissipati afectate de overrating, realizarea tabloului de componentă, calcularea puterii transformatorului și dimensiunarea acestuia.

În cel de-al treilea capitol se regăsesc instrucțiuni și detalii tehnologice de execuție, dar și desene și schițe care ajută la leuna înțelegere a procesului de proiectare și funcționare a transformatorului monofazat de mică putere.

PROJECT SUMMARY

The purpose of this project is to make a low power single phase transformer.

In the first chapter, there are presented general notions about low power single phase transformer.

In the second chapter there are exposed all the stages related to the transformer design methodology: calculation of currents and dissipated powers in the resistors of the network, the choice of resistors based on the nominal values and the dissipated powers affected by the derating, making the component table, transformer power calculation and sizing.

In the third chapter are found the instruction and technological details of execution, but also drawings and sketches that help a good understanding of the process of design and operation of the low power single phase transformer.

CUPRINSUL

Pagina 2: Datele inițiale de proiectare

Pagina 3: Rezumatul proiectului.

Pagina 4: Project summary

Pagina 5: Eșalonul

Pagina 6: Capitolul 1: Introducere

Pagina 8: Capitolul 2: Calculul și dimensiunea
ansamblului.

Pagina 8: 2.1. Calculul curentilor și puterilor
distrinși în rezistențele reale.

Pagina 16: 2.2. Călăgerea rezistențelor pe baza
valorii nominale și a puterii distrinse afec-
tată de derating.

Pagina 20: 2.3. Realizarea tabloului de com-
ponentă.

Pagina 21: 2.4. Calculul puterii transfor-
matorelor și dimensiunea acestuia.

Pagina 30: Capitolul 3: Instrucțiuni,
desene, schițe și detalii tehnologice
de execuție.

Pagina 37: Capitolul 4: Bibliografie.

Pagina 38: Concluzii

CAPITOLUL I

Introducere

Transformatorul este un dispozitiv electric static al căruia principiu de funcționare se bazează pe fenomenul inducției electromagnetice, transferând energia electrică dintr-un circuit (primarul transformatorului) în altul (secundarul transformatorului).

Transformatorul de rețea monofasic, de mică putere, este o componentă prezintă în multe scheme de alimentare a aparaturii electronice de tip stativ. El este destinat să modifice valoarea tensiunii și curentului, de la nivelul oferit de rețea circuitului primar, la nivelul sau nivalele necesare în circuitul sau circuitele secundare.

Transformatorul oferă și în plus izolare galvanică față de rețea de curent alternativ, a acestui aparatul 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, fig A 6.1:

- carcasa electrică și planșă
- lemnaj
- miez feromagnetic, din tabă de tăblă silicioasă (format $E+J, U+J, J$), din lemnări (cu caleane, în manta, toroidal).
- sistem de strângere a miezelui magnetic și de fixare a transformatorului de partea aparatului electronic.

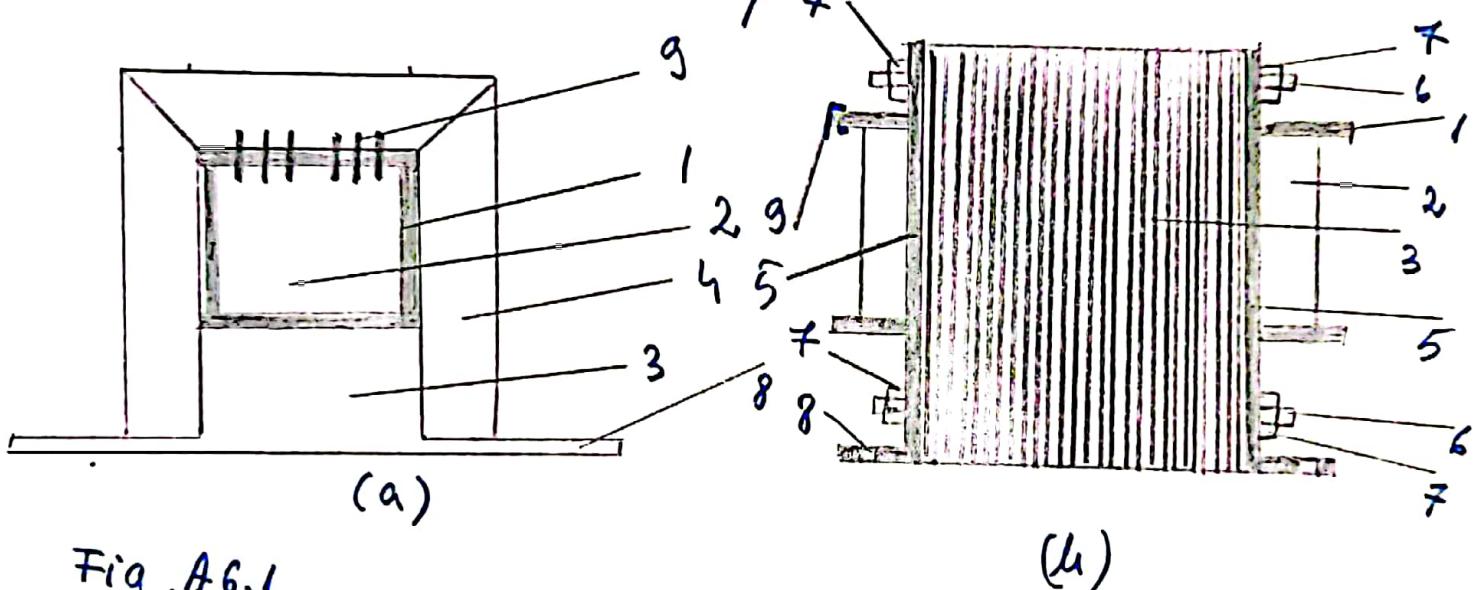


Fig. A 6.1.

Transformator de rețea
asamblat cu mână

1. carcasa
2. lemnaj
3. miez magnetic
4. manta de strângere
5. ecilice de prindere

Transformator de
rețea asamblat cu
prezăne

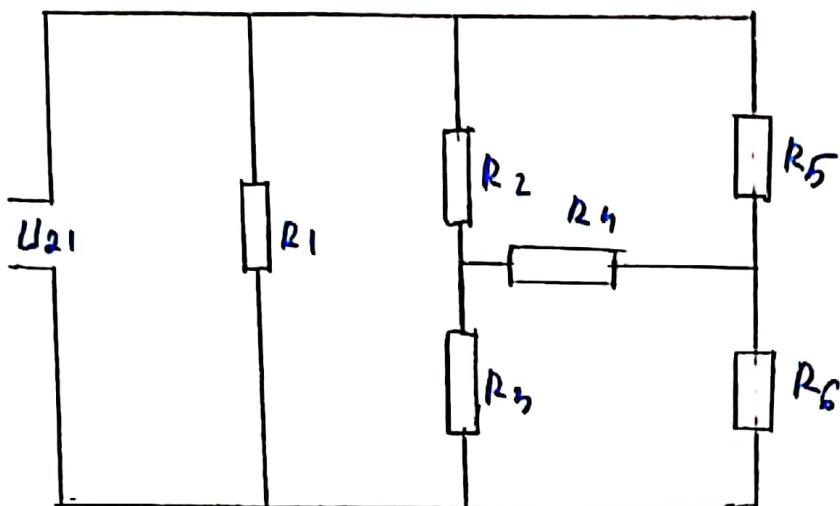
6. prezăne de strângere
7. piulițe
8. cose

CAPITOLUL 2

Calculul și dimensionarea ansamblului:

2.1. Calculul curentilor și puterilor dissipate în rezistoarele retelei.

Secundarul i:



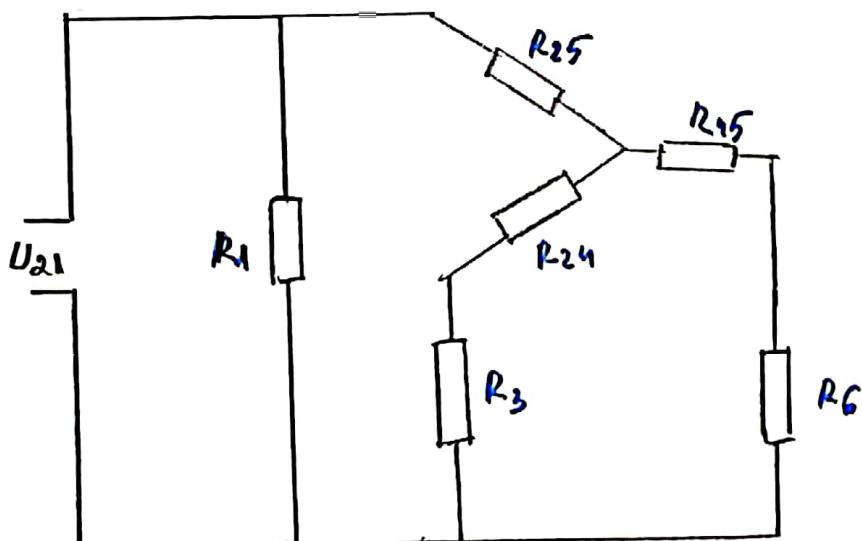
$$R_1 = 22 \Omega \quad R_4 = 33 \Omega \quad U_{21} = 16V$$

$$R_2 = 33 \Omega \quad R_5 = 18 \Omega$$

$$R_3 = 15 \Omega \quad R_6 = 27 \Omega$$

Pentru a aduce circuitul la o formă mai simplă folosim transformarea stea-triunghi.

Circuitul de mai sus devine:



$$R_{25} = \frac{R_2 \cdot R_5}{R_2 + R_4 + R_5} \Rightarrow R_{25} = \frac{33 \cdot 18}{33 + 18 + 33} = \frac{594}{84} \Rightarrow R_{25} \approx 7,071 \Omega$$

$$R_{24} = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4 + R_5} \Rightarrow R_{24} = \frac{33 \cdot 33}{33 + 18 + 33} = \frac{1089}{84} \Rightarrow R_{24} \approx 12,96 \Omega$$

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5 + R_2} \Rightarrow R_{45} = \frac{33 \cdot 18}{33 + 18 + 33} = \frac{594}{84} \Rightarrow R_{45} \approx 7,071 \Omega$$

Rezistențele R_3 și R_{24} sunt inseriate
către emisfera ca să nu strălucreze de
același curent.

$$R_{S1} = R_3 + R_{24} = R_3 + \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4 + R_5} = 15 + \frac{1089}{84} = \frac{2349}{84}$$

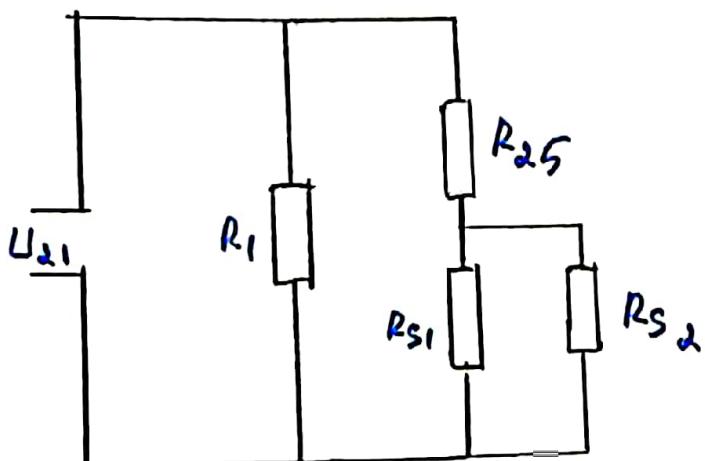
$$\Rightarrow R_{S1} \approx 27,96 \Omega$$

Rezistențele R_{45} și R_6 sunt inserate, către
emisferă ca să nu strălucreze de același
curent.

$$R_{S2} = R_{45} + R_6 = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5 + R_2} + R_6 = \frac{594}{84} + 27 \approx \frac{2862}{84}$$

$$\Rightarrow R_{S2} \approx 34,071 \Omega$$

Circuitul devine:

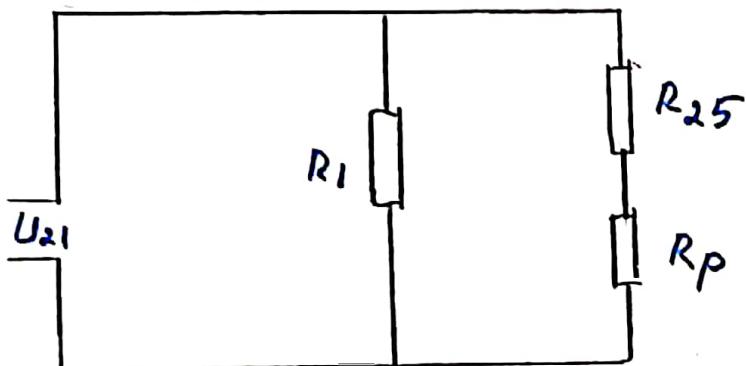


Observăm că rezistențele R_{S1} și R_{S2} sunt în paralel, ceea ce înseamnă că au același tensiune la borne.

$$R_p = \frac{R_{S1} \cdot R_{S2}}{R_{S1} + R_{S2}} \approx \frac{27,96 \cdot 34,071}{27,96 + 34,071} = \frac{952,62516}{62,031}$$

$$\Rightarrow R_p \approx 15,3572 \Omega$$

Circuitul devine:



Rezistențele R_{25} și R_p sunt în serie:

$$R_{S3} = R_{25} + R_p \approx 7,071 + 15,3572 \approx 22,4282 \Omega$$

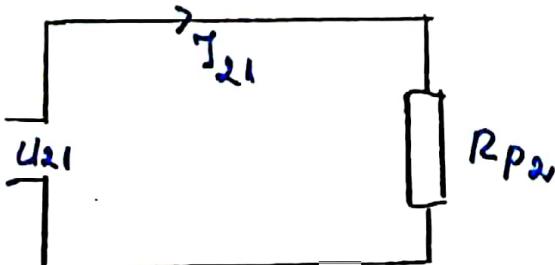
$$\Rightarrow R_{S3} \approx 22,4282 \Omega$$

Rezistențele R_{S3} și R_1 sunt în paralel:

$$\frac{1}{R_{p2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{S3}} \Rightarrow R_{p2} = \frac{R_1 \cdot R_{S3}}{R_1 + R_{S3}} \approx \frac{22 \cdot 22,4282}{22 + 22,4282}$$

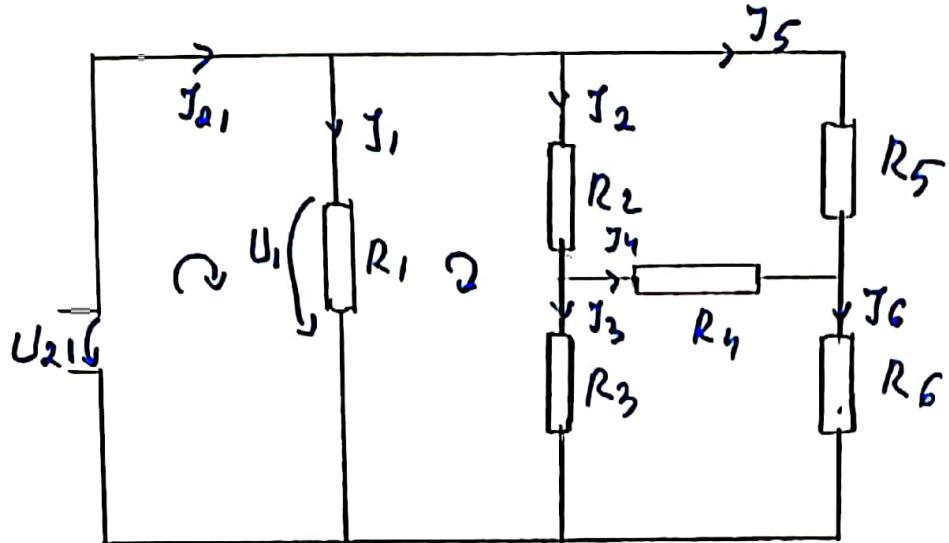
$$\Rightarrow R_{p2} \approx 11,106 \Omega$$

Schema echivalentă este:



$$I_{21} = \frac{U_{21}}{R_{p2}} \approx \frac{16}{11,106}$$

$$\Rightarrow I_{21} \approx 1,44 A$$



$$T.II.K. \Rightarrow -U_{21} + J_1 R_1 = 0 \Rightarrow J_1 = \frac{U_{21}}{R_1} = \frac{16}{22} \approx 0,72 \text{ A}$$

$$\Rightarrow J_1 \approx 0,72 \text{ A}$$

$$T.I.K. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} J_{21} = J_1 + J_2 + J_5 \\ \Rightarrow J_5 = J_{21} - J_1 - J_2 \end{array} \right.$$

$$T.II.K. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} -U_{21} + J_2 R_2 + J_3 R_3 = 0 \\ -U_{21} + J_5 R_5 + J_6 R_6 = 0 \end{array} \right.$$

$$J_3 R_4 + J_6 R_6 - J_3 R_3 = 0$$

$$J_2 = J_4 + J_3 \Rightarrow J_4 = J_2 - J_3$$

$$J_4 + J_5 = J_6 \Rightarrow J_5 = J_6 - J_4 = J_6 - J_2 + J_3$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -U_{21} + J_5 R_5 + J_6 R_6 = 0 \\ J_4 R_4 + J_6 R_6 - J_3 R_3 = 0 \end{array} \right.$$

$$\underline{\quad J_4 R_4 + J_6 R_6 - J_3 R_3 = 0 \quad (-)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -U_{21} + J_5 R_5 - J_4 R_4 + R_3 J_3 = 0 \\ J_4 = J_2 - J_3 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} U_{21} = (J_{21} - J_1 - J_2) \cdot R_5 - R_4 (J_2 - J_3) + R_3 J_3 \\ J_4 = J_2 - J_3 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow U_{21} = J_2 R_2 + J_3 R_3 \Rightarrow J_2 = \frac{U_{21} - J_3 R_3}{R_2}$$

$$\Rightarrow U_{21} = \left(J_{21} - J_1 - \frac{U_{21} - J_3 R_3}{R_2} \right) R_5 - R_4 \left(\frac{U_{21} - J_3 R_3}{R_2} - J_3 \right) + R_3 J_3$$

$$\Rightarrow U_{21} = \left(J_{21} - J_1 - \frac{U_{21}}{R_2} \right) R_5 - R_4 \left(\frac{U_{21}}{R_2} \right) + J_3 \left(R_3 + \frac{R_2 R_5}{R_2} + R_4 + \frac{R_4 R_3}{R_2} \right)$$

$$\Rightarrow J_3 \approx 0,39 \text{ A.}$$

$$\Rightarrow J_2 = \frac{U_{21} - J_3 R_3}{R_2} = \frac{16 - 0,39 \cdot 15}{33} \approx 0,3 \text{ A}$$

$$J_{21} = J_1 + J_2 + J_5 \Rightarrow J_5 = J_{21} - J_1 - J_2$$

$$J_5 = 1,44 - 0,72 - 0,3 \approx 0,42 \text{ A}$$

$$\Rightarrow J_5 \approx 0,42 \text{ A}$$

$$J_2 = J_4 + J_3 \Rightarrow J_4 = J_2 - J_3 \approx 0,3 - 0,39 \approx -0,09 \text{ A}$$

$$\Rightarrow J_4 = -0,09 \text{ A} \quad (\text{am also normal inverser der Stromrichtung})$$

$$J_6 = J_4 + J_5 \Rightarrow J_6 \approx -0,09 + 0,42 \approx 0,33 \text{ A}$$

$$\Rightarrow J_6 \approx 0,33 \text{ A}$$

$$P_{\text{tot}} = J_{21} \cdot U_{21} = 1,44 \cdot 16 \approx 23,04 \text{ W} \quad (\text{nutzliche totale})$$

$$P_1 = J_1^2 \cdot R_1 = (0,72)^2 \cdot 22 = 11,4048 \text{ W}$$

$$P_2 = J_2^2 \cdot R_2 = 33 \cdot (0,3)^2 = 2,97 \text{ W}$$

$$P_3 = J_3^2 \cdot R_3 = 15 \cdot (0,39)^2 = 2,2815 \text{ W}$$

$$P_4 = J_4^2 \cdot R_4 = 33 \cdot (-0,09)^2 = 0,2673 \text{ W}$$

$$P_5 = J_5^2 \cdot R_5 = 18 \cdot (0,42)^2 = 3,1752 \text{ W}$$

$$P_6 = J_6^2 \cdot R_6 = 27 \cdot (0,33)^2 = 2,9403 \text{ W}$$

Bilantul puterilor este:

$$P_{\text{ales}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$$

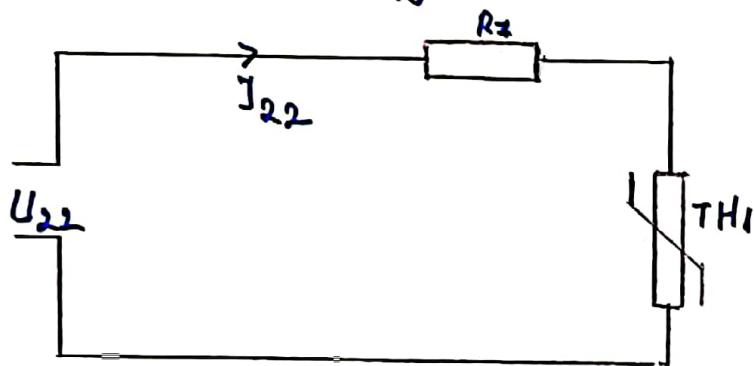
$$P_{\text{ales}} = 2,9403 + 3,1752 + 0,2673 + 2,2815 + 2,97 + 11,4048$$

$$P_{\text{ales}} \approx 23,0391 \text{ W} \approx 23,04 \text{ W}$$

$$P_{\text{tot}} = 23,04 \text{ W}$$

$$\Rightarrow P_{\text{ales}} \approx P_{\text{tot}}$$

Secundarul 2:



Termistor de tip NTC
cu parametrul
 $B = 3000K$ iar
rezistența termistorului
la $25^\circ C$

$$R_T = 56 \Omega$$

$$t^\circ C = 25^\circ C \Rightarrow T_H = 25 + 273 = 298 K$$

$$R_{TH} = 39 \Omega$$

$$U_{22} = 16 V$$

$$A = R_{TH} \cdot e^{-\frac{B}{T_{TH}}}$$

Exprisia variației termistorului în funcție de temperatură este: $R(T) = A \cdot e^{\frac{B}{T}}$

$$A = R_{TH} \cdot e^{-\frac{B}{T_{TH}}} = 39 \cdot e^{-\frac{3000}{298}} \approx 16,556 \cdot 10^{-4}$$

$$t^\circ C = 20^\circ C \Rightarrow T_{20} = 273 + 20 = 293 K$$

$$R_{20} = A \cdot e^{\frac{B}{T_{20}}} = 16,556 \cdot 10^{-4} \cdot e^{\frac{3000}{293}} \approx 46,309 \Omega$$

Terminatorul și rezistorul R_f sunt în serie, ceea ce în schimbă că rezistența echivalentă este $R_e = R_f + R_{20} = 56 + 46,309 \approx 102,309 \Omega$
 $\Rightarrow R_e = 102,309 \Omega$.

Curentul care circulă prin acest circuit este $J_{22} = \frac{U_{22}}{R_e}$.

$$J_{22} = \frac{16}{102,309} \approx 0,15638 A \approx 156,38 mA$$

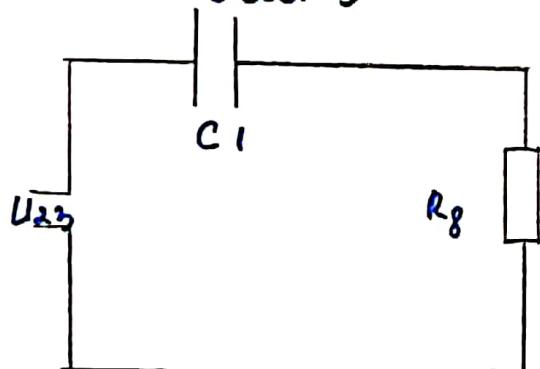
$$P_{\text{tot}} = J_{22}^2 \cdot R_e = (0,15638)^2 \cdot 102,309 \approx 2,502 W$$

$$P_f = J_{22}^2 \cdot R_f = (0,15638)^2 \cdot 56 \approx 1,36959 W$$

$$P_{\text{th}} = J_{22}^2 \cdot R_{20} = (0,15638)^2 \cdot 46,309 \approx 1,13258 W$$

$$P_{\text{abs}} = P_f + P_{\text{th}} = 1,36959 + 1,13258 \approx 2,502 W$$

Secundarul 3



$$R_8 = 120 \Omega$$

$$C_1 = 3 \mu F = 3,3 \mu F$$

$$U_{23} = 140 V$$

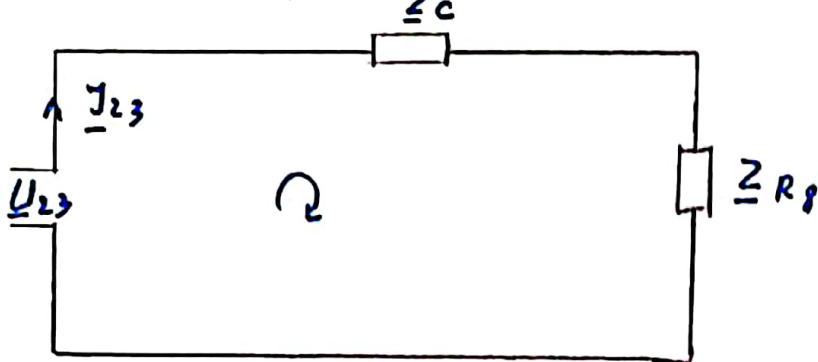
$$f = 60 Hz$$

Reprezentarea în complex a circuitului:

- condensatorul devine în complex impedanță capacitive



$$\underline{Z}_{C_1} = -\frac{j}{\omega \cdot C_1} \Rightarrow X_{C_1} = -\frac{1}{\omega C_1}$$



- rezistență R_8 devine în complex impedanță rezervorivă: $\underline{Z}_{R_8} = R_8 = 120 \Omega$

$$U_{23}(t) = U_{23} \sqrt{2} \sin(\omega t) \quad \varphi = 0 \text{ rad}$$

$$U_{23}(t) = 140 \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$U_{23} = U_{23} e^{j \cdot \varphi} = 140 \cdot e^{j \cdot 0} = 140 V$$

$$\Rightarrow U_{23} = 140 V$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 60 = 120\pi \Rightarrow M_{23}(t) = 140\sqrt{2} \sin(120\pi t)$$

$$\underline{Z}_{C_1} = -\frac{j}{\omega \cdot C_1} = -\frac{j}{2\pi f C_1} = -\frac{j}{120\pi \cdot 3,3 \cdot 10^{-6}} \approx -803,8128j \Omega$$

$$X_{C_1} = -\frac{1}{\omega C_1} = -\frac{1}{2\pi f C_1} \approx -803,8128 \Omega$$

$$\underline{Z}_e = \underline{Z}_{C_1} + \underline{Z}_{R_8} = 120 - 803,8128j$$

$$U_{23} = \underline{J}_{23} \cdot \underline{Z}_e \Rightarrow \underline{J}_{23} = \frac{U_{23}}{\underline{Z}_e} = \frac{120 + 803,8128j}{120 - 803,8128j}$$

$$\underline{J}_{23} = \frac{140(120 + 803,8128j)}{120^2 + (803,8128)^2} = 0,025434698 + 0,1703727985j$$

$$I_{23} = \sqrt{(0,025434698)^2 + (0,1703727985)^2}$$

$$I_{23} \approx 0,17226 A \approx 172,26 mA \Rightarrow U_{C1} = 138,738 V$$

$$P_{\text{tot}} = U_{23} \cdot I_{23} = 140 \cdot 172,26 \cdot 10^{-3} \approx 24,1164 W$$

$$P_8 = I_{23}^2 \cdot R_8 = (172,26 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 120 \approx 3,5608 W$$

$$P_{C1} = I_{23}^2 \cdot |Z_{C1}| = (0,17226)^2 \cdot (803,8128) \approx 23,8519 W$$

2.2. c) legarea rezistoarelor, pe baza valoii nominale și a puterii dissipate afectată de derating.

În electronică, denumirea de „derating” face referire la funcționarea unui dispozitiv la mai puțin decât capacitatea maximă nominală pentru a-și prelungi viața, incluzând funcționarea sub puterea nominală maximă, curentul nominal sau tensiunea nominală.

Așadar, vom alege rezistoare din cataloagele distribuitorului www.ra.farnell.com, astfel încât să corespundă datelor cerute în proiect, și împotriva tutădată constă de temperatură medie din ambiant ($10 - 80^\circ C$) pentru luna funcționare a componentelor, toleranța să fie mai mare decât

cea de care arum nevoiesc și se vor selecta rezistoare cu putere mai mare decât cea din spatele în circuitele folosite.

Secundarul 1:

$$\begin{cases} R_1 = 22 \Omega \\ P_1 = 11,4048 W \end{cases}$$

- Pentru R_1 am ales un rezistor de tip SMD cu rezistență de 22Ω , toleranță $\pm 1\%$ și puterea nominală de 20W . Am ales rezistorul cu puterea nominală cea mai apropiată de puterea calculată, dar mai mare.

$$\begin{cases} R_2 = 33 \Omega \\ P_2 = 2,97 W \end{cases}$$

- Pentru R_2 am ales un rezistor de tip SMD cu rezistență de 33Ω , toleranță $\pm 5\%$ și puterea nominală de 3W .

$$\begin{cases} R_3 = 15 \Omega \\ P_3 = 2,28 W \end{cases}$$

- Pentru R_3 am ales un rezistor de tip SMD cu rezistență de 15Ω , toleranță $\pm 5\%$ și puterea nominală de 3W .

$$\begin{cases} R_4 = 33 \Omega \\ P_4 = 0,267 W \end{cases}$$

- Pentru R_4 am ales un rezistor de tip

SHID, cu rezistență de $33\ \Omega$, toleranță $\pm 1\%$, și puterea nominală de $333,3\text{ mW}$.

$$\begin{cases} R_5 = 18\ \Omega \\ P_5 = 3,175\text{ W} \end{cases}$$

- Pentru R_5 am ales un rezistor de tip SHID, cu rezistență de $18\ \Omega$, toleranță $\pm 1\%$, și puterea nominală de 4 W .

$$\begin{cases} R_6 = 27\ \Omega \\ P_6 = 2,94\text{ W} \end{cases}$$

- Pentru R_6 am ales un rezistor de tip SHID, cu rezistență de $27\ \Omega$, toleranță $\pm 5\%$, și puterea nominală de 3 W .

Secundarul 2:

$$\begin{cases} R_7 = 56\ \Omega \\ P_7 = 1,369\text{ W} \end{cases}$$

- Pentru R_7 am ales un rezistor de tip SHID, cu rezistență de $56\ \Omega$, toleranță $\pm 5\%$, și puterea nominală de $1,5\text{ W}$.

$$R_{th} = 39\ \Omega \text{ la } 25^\circ\text{C}$$

- Pentru R_{th} am ales un termistor

NTC de tip SMD cu rezistență de $40\text{ }\Omega$ deoarece acesta avea valoarea cea mai apropiată de componenta folosită în circuit, valoarea de $39\text{ }\Omega$ nefiind în catalogele celor de la Farnell în varianta NTC SMD. Parametrul β este de 2750K deoarece nu există o altă componentă de același tip cu $\beta = 3000\text{K}$ în fizicele de catalog ale distribuitorului Farnell.

Secundarul 3

$$\begin{cases} R_8 = 120\text{ }\Omega \\ P_8 = 3,56 \text{ W} \end{cases}$$

- Pentru R_8 am ales un rezistor de tip SMD, cu rezistență de $120\text{ }\Omega$, toleranță $\pm 5\%$ și puterea nominală de 4 W .

$$\begin{cases} C_1 = 3\mu 3 = 3,3\text{ }\mu\text{F} \\ U_{C_1} = 137,738 \text{ V} \end{cases}$$

- Pentru C_1 am ales un condensator ceramic, de capacitate $3,3\text{ }\mu\text{F}$ și tensiune nominală 250 V . Tensiunea alesă este mai mare decât tensiunea calculată pentru a nu exista probleme în funcționarea circuitului:

| Nr. Crt. | Referință Designator, RefDes (referință componentă în schemă (part name/code/number/value)) | Nume/cod/număr/valoare componentă în schemă (part name/code/number/value) | Clasă | Descriere | Catalog, pagină sau link Internet | Distribuitor (în 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 | 22ohm | rezistor | MD Chip Resistor, 22 ohm, ± 1%, 20 W, TO-263 (D2PAK), Thick Film, High Power | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 1517344 | D2TO020C22R00FTE3 | VISHAY | 1 | 1 | 86.1 | 86.1 |
| 2 | R2 | 33ohm | rezistor | SMD Chip Resistor, 33 ohm, ± 5%, 3 W, 4122 [10555 Metric], Wirewound, High Power | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 1086389 | SMW333RJT | CGS - TE CONNECTIVITY | 1 | 1 | 2.61 | 2.61 |
| 3 | R3 | 15ohm | rezistor | SMD Chip Resistor, 15 ohm, ± 5%, 3 W, SMD, Wirewound, High Power | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 1086384 | SMW315RJT | CGS - TE CONNECTIVITY | 1 | 1 | 2.46 | 2.46 |
| 4 | R4 | 33ohm | rezistor | SMD Chip Resistor, 33 ohm, ± 1%, 333.3 mW, 0805 [2012 Metric], Thick Film, Pulse Withstanding | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 2861077 | CRGP0805F33R | TE CONNECTIVITY | 1 | 1 | 0.97 | 0.97 |
| 5 | R5 | 18ohm | rezistor | SMD Chip Resistor, 18 ohm, ± 1%, 4 W, 2817 [7143 Metric], Thick Film, High Power | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 3230581 | 354018RFT | CGS - TE CONNECTIVITY | 1 | 1 | 5.7 | 5.7 |
| 6 | R6 | 27ohm | rezistor | SMD Chip Resistor, 27 ohm, ± 5%, 3 W, 4122 [10555 Metric], Wirewound, High Power | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 1086387 | SMW327RJT | CGS - TE CONNECTIVITY | 1 | 1 | 2.68 | 2.68 |
| 7 | R7 | 56ohm | rezistor | SMD Chip Resistor, 56 ohm, ± 5%, 1.5 W, 2512 [6432 Metric], Thick Film, Anti-Surge | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 2532053 | CRGS2512J56R | TE CONNECTIVITY | 1 | 1 | 0.78 | 0.78 |
| 8 | R8 | 120ohm | rezistor | SMD Chip Resistor, 120 ohm, ± 5%, 4 W, 2817 [7143 Metric], Thick Film, High Power | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 3230763 | 3540120RJT | CGS - TE CONNECTIVITY | 1 | 1 | 4.24 | 4.24 |
| 9 | Rth | 39ohm la 25°C | termistor | NTC THERMISTOR, 40R, 0603 | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 3344984 | ERTJ1VA400H | PANASONIC | 1 | 4000 | 0.28 | 1120 |
| 10 | C1 | 3u3 | condensator | Multilayer Ceramic Capacitor, 3.3 µF, 250 V, 2220 [5750 Metric], ± 20%, X7T, 5 mm | https://ro.farnell.com/ | Farnell https://ro.farnell.com/ | 2210743 | CKG57NX7T2E335M500JH | TDK | 1 | 1 | 15.7 | 15.7 |

2.4 Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia.

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

$$P_2 [W] = \sum_k P_{2k} = \sum_k U_{2k} I_{2k}$$

$$\Rightarrow P_2 = I_{21} \cdot U_{21} + I_{22} \cdot U_{22} + I_{23} \cdot U_{23}$$

$$P_2 = 1,44 \cdot 16 + 0,15638 \cdot 16 + 0,17226 \cdot 140$$

$$P_2 \approx 49,658 \text{ W}$$

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

$$P_1 [W] = \frac{P_2 [W]}{\eta} = \frac{P_2 [W]}{0,85} = 1,176 \cdot P_2 [W]$$

$$P_1 = 58,42 \text{ W}$$

c) Se dimensionează secțiunea din fier, S_{Fe} [cm^2] a miezului magnetic, cu relația:

$$S_{Fe} [\text{cm}^2] = 1,2 \sqrt{P_1 [\text{W}]}$$

$$S_{Fe} = 1,2 \sqrt{58,42}$$

$$S_{Fe} = 9,172 \text{ cm}^2$$

d) Se calculează numărul de spire pe nucle m_0 , cu relația:

$$m_0 = \frac{45 \div 48}{S_{Fe}}$$

• se recomandă utilizarea valoarei 48 deoarece ea corespunde unui regim termic optim al transformatorului.

$$\Rightarrow m_0 = \frac{48}{S_{Fe}} = \frac{48}{9,172} \approx 9,172 \text{ spire/V}$$

e) Se calculează numărul de spire din înfășurarea primară m_1 , cu relația:

$$m_1 = m_0 \cdot U_1 = 9,172 \cdot 110 \approx 1008,92 \text{ spire}$$

$$m_0 = 9,172 \text{ spire/V}$$

$$U_1 = 110V$$

Valoarea $m_1 = 1008,92$ se rotunjeste prim adacs la valoarea 1009.

$$\text{toleranță } t = 100 \cdot \frac{(1009 - 1008,92)}{1008,92} = 0,0079\%$$

$$t < 1\% \Rightarrow m_1 = 1009 \text{ spire}$$

f) Se determină numărul de spire din secundarul k , m_{2k} , cu relația:

$$m_{2k} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{2k}$$

• pentru $k=1$:

$$m_{21} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{21} = 1,1 \cdot 9,172 \cdot 16 = 161,4272$$

$$\Rightarrow m_{21} = 162 \text{ grile}$$

• pentru $k=2$:

$$m_{22} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{22} = 1,1 \cdot 9,172 \cdot 16 = 161,4272$$

$$\Rightarrow m_{22} = 162 \text{ grile}$$

• pentru $k=3$:

$$m_{23} = 1,1 \cdot m_0 \cdot U_{23} = 1,1 \cdot 9,172 \cdot 140 = 1412,488$$

$$\Rightarrow m_{23} = 1413 \text{ grile}$$

g) Se determină mărimea curentului din primar, J_1 , cu relația:

$$J_1 [A] = \frac{P_1 [W]}{U_1 [V]}$$

$$\Rightarrow J_1 = \frac{58,42}{110} = 0,531 A$$

h) Se dimensionază diametrii conductoarelor de bobinaj $d_1 [mm]$, pentru primar, respectiv $d_{2k} [mm]$, pentru secundarul k , cu relația:

$$d_{1;2k} [mm] = 0,65 \sqrt{J_{1;2k} [A]}$$

$$d_1 = 0,65 \cdot \sqrt{J_1} = 0,65 \cdot \sqrt{0,531} \approx 0,473 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d_1 \approx 0,473 \text{ mm}$$

• pentru $k=1$:

$$d_{21} = 0,65 \sqrt{J_{21}} = 0,65 \sqrt{1,44} = 0,78 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d_{21} = 0,78 \text{ mm}$$

• pentru $k=2$:

$$d_{22} = 0,65 \sqrt{J_{22}} = 0,65 \sqrt{0,156} \approx 0,257 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d_{22} = 0,257 \text{ mm}$$

• pentru $k=3$:

$$d_{23} = 0,65 \sqrt{J_{23}} = 0,65 \sqrt{0,172} \approx 0,2697 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d_{23} = 0,2697 \text{ mm}$$

Valoile rezultate prin calcul pentru diametrul conductorului, $d_1; d_k$, se rotunjesc prin ados la măsurile standardizate și imediat se pericează după cum urmează:

• $d_1 < 0,7 \text{ mm}$

$$\frac{0,473 - 0,45}{0,473} \cdot 100 = 4,86 \% > 2,5 \% \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d_1 = 0,5 \text{ mm} \Rightarrow C_1 = 224 \text{ } \mu\text{A/cm}^2$$

$$C_2 = 300 \text{ } \mu\text{A/cm}^2$$

• pentru $k = 1$:

$$d_{21} = 0,78 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow 0,7 < d_{21} < 1 \text{ mm}$$

$$\frac{0,78 - 0,7}{0,78} \cdot 100 = 10\% > 2,5\%$$

$$\Rightarrow d_{21} = 0,8 \text{ mm} \Rightarrow C_1 = 95,5 \text{ N/cm}^2$$

$$C_2 = 127 \text{ N/cm}^2$$

• pentru $k = 2$:

$$d_{22} = 0,257 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow d_{22} < 0,7 \text{ mm}$$

$$\frac{0,257 - 0,25}{0,257} \cdot 100 = 2,73\% > 2,5\%$$

$$\Rightarrow d_{22} = 0,28 \text{ mm} \Rightarrow C_1 = 813 \text{ N/cm}^2$$

$$C_2 = 925 \text{ N/cm}^2$$

• pentru $k = 3$:

$$d_{23} = 0,2697 \text{ mm}$$

$$d_{23} < 0,7 \text{ mm}$$

$$\frac{0,2697 - 0,25}{0,2697} \cdot 100 = 7,3\% > 2,5\%$$

$$\Rightarrow d_{23} = 0,28 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$C_1 = 813 \text{ N/cm}^2$$

$$C_2 = 925 \text{ N/cm}^2$$

i) Se calculează ariile ocupate de înfăşurarea primară, A_1 [cm^2], respectiv înfăşurarea secundară, A_2 [cm^2], în fereastra talii, utilizându-se coeficienții C_1 și C_2 , conform relațiilor:

$$A_1 [\text{cm}^2] = \frac{m_1}{C_{1;2}} \quad \text{și} \quad A_2 [\text{cm}^2] = \sum_k A_{2k} = \sum_k \frac{m_{2k}}{C_{1;2}}$$

- cu izolație între straturi:

$$A_1 = \frac{m_1}{C_1} = \frac{1009 \text{ sp}}{224 \text{ sp/cm}^2} = 4,5044 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{m_{21}}{C_1} + \frac{m_{22}}{C_1} + \frac{m_{23}}{C_1}$$

$$A_2 = \frac{162 \text{ sp}}{95,5 \text{ sp/cm}^2} + \frac{162 \text{ sp}}{813 \text{ sp/cm}^2} + \frac{1413 \text{ sp}}{813 \text{ sp/cm}^2}$$

$$A_2 = 3,633 \text{ cm}^2$$

- fără izolație între straturi:

$$A'_1 = \frac{m_1}{C_2} = \frac{1009 \text{ sp}}{300 \text{ sp/cm}^2} = 3,363 \text{ cm}^2$$

$$A'_2 = \frac{m_{21}}{C_2} + \frac{m_{22}}{C_2} + \frac{m_{23}}{C_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A'_2 = \frac{162 \text{ m}}{127 \text{ m/cm}^2} + \frac{162 \text{ m}}{925 \text{ m/cm}^2} + \frac{1413 \text{ m}}{925 \text{ m/cm}^2}$$

$$A'_2 = 2,978 \text{ cm}^2$$

j) Se calculează aria totală ocupată de înfășurări $A_t [\text{cm}^2]$ cu relația:

$$A_t [\text{cm}^2] = A_1 [\text{cm}^2] + A_2 [\text{cm}^2]$$

- cu izolare între straturi:

$$A_t = A_1 + A_2 = 4,5044 + 3,633$$

$$\Rightarrow A_t = 8,1374 \text{ cm}^2$$

- fără izolare între straturi:

$$A'_t = A'_1 + A'_2 = 3,363 + 2,978$$

$$\Rightarrow A'_t = 6,341 \text{ cm}^2$$

k) Se dimensionază totă măsură, respectiv se determină mărimea parametrului $a [\text{mm}]$, pentru un factor de umplere optim $f_0 = 0,7$, cu relația:

$$a [\text{mm}] = \sqrt{\frac{A_t [\text{cm}^2]}{0,03 \cdot 0,7}} = 6,9 \sqrt{\frac{A_t [\text{cm}^2]}{A_t [\text{cm}^2]}}$$

- cu izolare între straturi:

$$a = 6,9 \sqrt{8,1374} \approx 19,683 \text{ mm}$$

- fără izolare între straturi:

$$a' = 6,9 \sqrt{6,341} \approx 17,375 \text{ mm}$$

Se aleg tolle E_{20} și E_{18} .

$$\gamma_{\text{standard}} = \frac{A \text{ [cm}^2\text{]}}{0,03 \cdot a^2_{\text{standard}} \text{ [mm}^2\text{]}}$$

$$\Rightarrow \gamma_{\text{standard}} = \frac{8,1374}{0,03 \cdot (19,683)^2} \approx 0,7$$

$$\Rightarrow 0,7 \in [0,64 \div 0,76]$$

$$\gamma'_{\text{standard}} = \frac{6,341}{0,03 \cdot (17,375)^2} \approx 0,7$$

$$\Rightarrow 0,7 \in [0,64 \div 0,76]$$

- Se calculează grosimea pachetului de tolle h [mm], cu tala standardizată, utilizându-se relația:

$$h \text{ [mm]} = \frac{S_{Fe} \text{ [cm}^2\text{]}}{0,02 \cdot a_{\text{standard}} \text{ [mm}^2\text{]}}$$

$$h = \frac{9,172}{0,02 \cdot 18} = 25,47 \text{ mm}$$

$$l_1' = \frac{9,172}{0,02 \cdot 20} = 22,93 \text{ mm}$$

m) Se determină numărul de tale măsurări în ambele cazuri, pentru $g_1 = 0,35 \text{ mm}$, $g_2 = 0,5 \text{ mm}$.

$$N[\text{tale}] = \frac{l[\text{mm}]}{g_1; g_2[\text{mm}]}$$

$$1) N = \frac{l}{g_1} = \frac{25,47}{0,35} \approx 72,77 \text{ tale}$$

$$\Rightarrow N = 73 \text{ tale}$$

$$2) N = \frac{l}{g_2} = \frac{25,47}{0,5} \approx 50,94 \text{ tale}$$

$$\Rightarrow N = 51 \text{ tale}$$

$$3) N' = \frac{l'}{g_1} = \frac{22,93}{0,35} \approx 65,51 \text{ tale}$$

$$\Rightarrow N' = 66 \text{ tale}$$

$$4) N' = \frac{l'}{g_2} = \frac{22,93}{0,5} \approx 45,86 \text{ tale}$$

$$\Rightarrow N' = 46 \text{ tale}$$

Instructiuni, desene, schite și detalii
tehnologice de execuție

Tehnologia de realizare a transformatorului de rețea monofazic, de mică putere, în producția de serie, implică următoarele etape:

- a) obținerea tablor, din tablă de ferrosiliciu, prin întărire în matrice;
- b) tratamentul termic al tablor stabilite (recoacere la temperatură de cca. 850°C , urmată de răcire lento), pentru detensionare mecanică și refacerea proprietăților magnetici, afectate de procesul de prelucrare mecanică.
- c) realizarea carcasei, prin injectie de material plastic în matrice sau prin montaj din elementi constituente specifici, obținute în prealabil prin întărire, din prăjnam, textolit, pertimax, steclostratitix, etc;
- d) bolimarea înfirurărilor, pe carcasa obținută anterior, cu ajutorul unor maxiți de bolimat semiautomat.

sau automate, utilizând conductori din cupru izolati cu email, realizati în conformitate cu anumite standarde. Vom face astăzi standardul românesc (STAS 685-58).

Boliunarea transformatorilor de retea se poate realiza, în funcție de cîrîntele tehnico-economice impuse, în două feluri:

- fără izolatii între straturi
- cu izolatii între straturi.

În primul caz se boliunează în următoarea ordine:

- 1) înfășurarea primară;
- 2) se introduc consecutiv două straturi de folie de izolatii "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 izolatii, etc;
- 4) întruaga boliună se mai izolează în final și la exterior.

În cel de-al doilea caz, se introduce către un strat de izolatie după fiecare strat de spire boliunate.

e) introducerea bobinelor în carcasa, operație, de numită „lamelarea transformatorului”.

f) strângerea miezului magnetic cu o mantă sau cu scoale, prezăvându-se posibilitatea pentru a împiedica vibrația bobinelor în timpul funcționării transformatorului.

Mantaua se realizează prin stratare, din tablă de otel TDA cu grosimea $1 \frac{1}{2} \text{ mm}$, după care se acoperă galvanic prin zincare pasivizată.

g) impregnarea transformatorului prin imersie în parafina topită sau în lac poliuretanic care polimerizează prin încălzire. În curtoar, la o temperatură de $80 \div 100^\circ\text{C}$, timp de cca. 1h.

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

h) controlul tehnic de calitate în ca-

debul căruia se verifică parametrii electrici (tensiunea sau tensiunile din secundar, rezistența în fază, urătoarelor, raportul de transformare, rezistența de izolație între în fază, urări; respectiv între primar și miezul magnetic) și mecanici cu judecătura.

Proiectarea transformatorului de rețea monofasic, de mică putere

Pentru a înțelege mai ușor metoda de proiectare a unui transformator de rețea se cer precisează mai întâi unele noțiuni care vor interveni în calcul.

Vom utiliza tale cu dimensiuni standardizate de tip E+J "economice", fig. A6.2.a de numită astfel, întrucât dintr-o bandă de tablă solicitată de lărgime adecvată se obține printr-o încarcare, concomitant, două tale E și două tale J, fără a se pierde din suprafață utilă a materialului, fig. A6.2.b. Dimensiunile tale economice se specifică printr-o literă E, urmată de o [mm], care reprezintă dimensiunea de lățime a talei. Mai vom folosi în realizarea

aceluiaș transformator talele E_{18} și E_{20} . Principalii parametri geometrici ai unei tale standardizate de tip E + I economică sunt prezenti în figura A6.2.a.

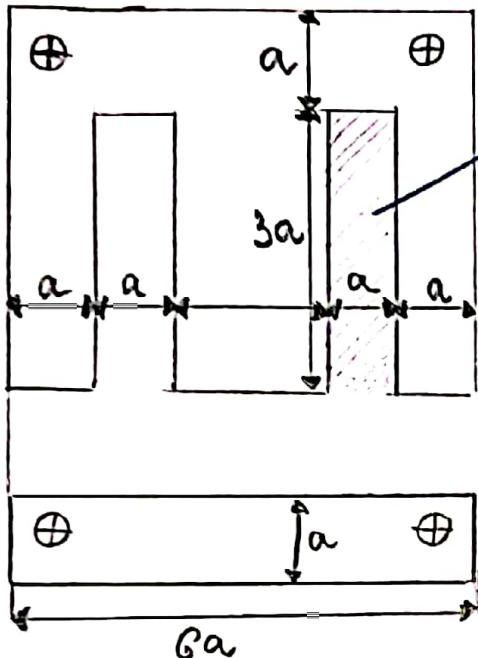


Fig. A6.2.(a)

Dimensiunile caracteristice talei standardizate de tip economic

A_f - aria ferestrei talei

- grosimea talelor este și ea standardizată la valourile $g_1 = 0,35 \text{ mm}$ și $g_2 = 0,5 \text{ mm}$
- aria ferestrei talei $A_f [\text{cm}^2]$ - reprezentată suprafața destinață introducerii în fațăriilor și este prezentată harsurat în figura A6.2.a. Valoarea acestia este:

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

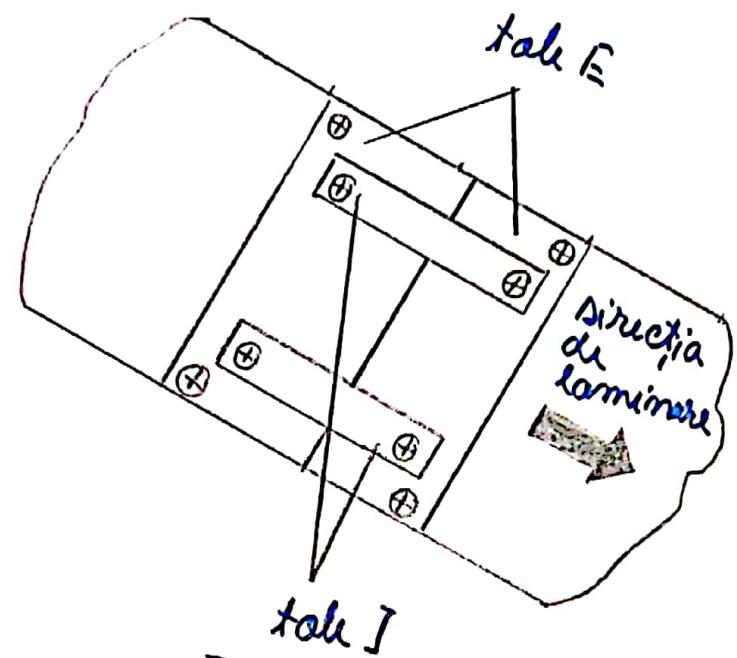


Fig. A6.2.(b)

Obligarea talelor economică.

Sectiunea de fier $S_{Fe} [cm^2]$ - reprezentă aria sectiunii miezului magnetic situat în interiorul carcasii halogenate, figura A6.3.a. Clărirea sa este:

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

$- h [mm]$ reprezentă grosimea pachetului de tole

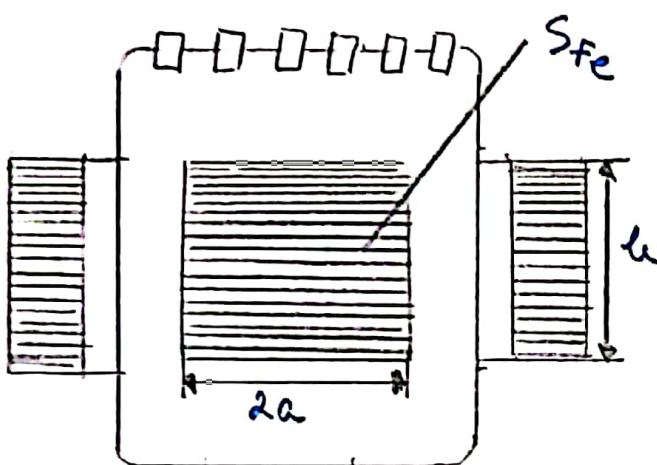
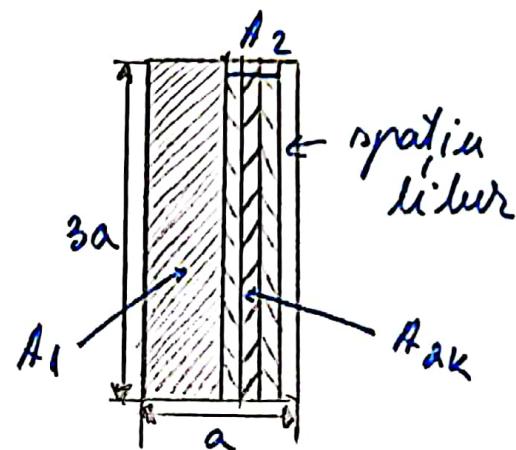


Fig A6.3 (a)

Sectiune transversală
printr-un transforma-
tor de rețea.



$$A_t = A_1 + A_2$$

$$\gamma = \frac{A_t}{A_f}$$

Fig A6.3.(h)

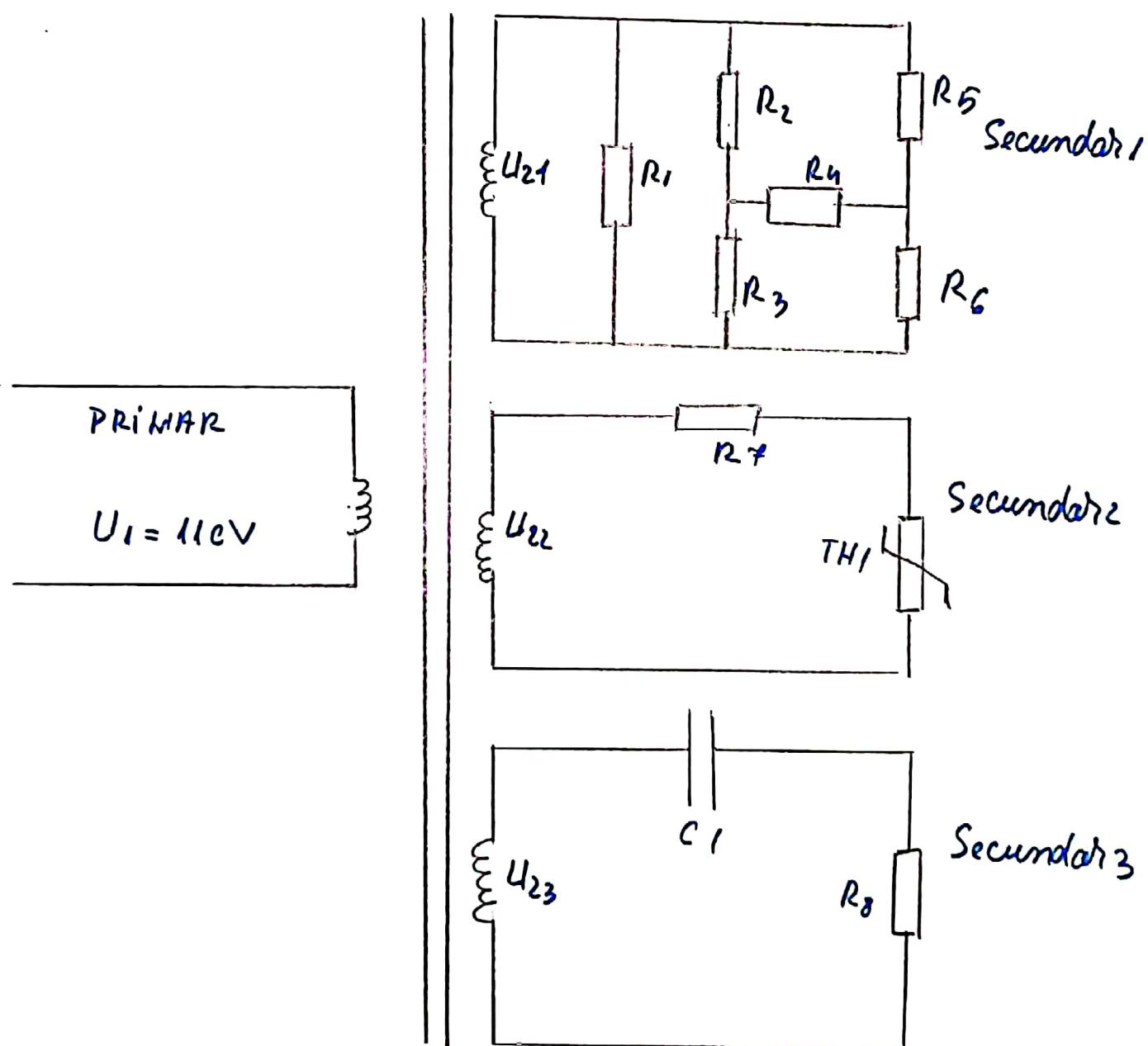
Repartizarea materialui în
fereastră foli.

- factorul de umplere a ferestrei folioare definit ca raportul dintre aria totală, ocupată de înfăşurări în fereastră foli, $A_t [cm^2]$ și aria ferestrei; $A_f [cm^2]$, conform relației:

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

unde A_1 [cm²] reprezintă aria ocupată de înfășurarea primară; iar A_2 [cm²] este aria ocupată de înfășurările secundare.

Pentru ca un transformator de rețea să se poată realiza ușor în producția de serie, valoarea optimă pentru factorul de umplere este $\mu_0 = 0,7$.



Schema electrică a transformatorului de rețea.

CAPITOLUL 4

Bibliografie :

- www.scrigroup.com
- www.ra.farnell.com
- wikipedia.org
- www.scribd.com
- www.cetti.ro / Temă de casă CCP
- www.cetti.ro / Ghid proiectare transformator.

CONCLuzii

Proiectul a avut ca scop proiectarea pas cu pas a unui transformator monofazic de mică putere.

Până realizarea acestui proiect am doborât cunoscințe mai ample despre transformatoare, atât detalii tehnice, cât și generalități, stărmindu-mi curiozitatea despre acest dispozitiv.

Transformatoarele au o aplicabilitate vastă în industria electronică, fiind prezente în multe scheme de alimentare a aparatelor electronice.

În concluzie, transformatoarele de retea au ca scop optimizarea tensiunilor alternative care se redresază în alimentare.