UNIVERSITATEA „POLITEHNICA" din BUCUREȘTI
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia informației

Proiect

Componente și Circuite Pasive

Circuit rezistiv alimentat printr-un transformator de mică putere

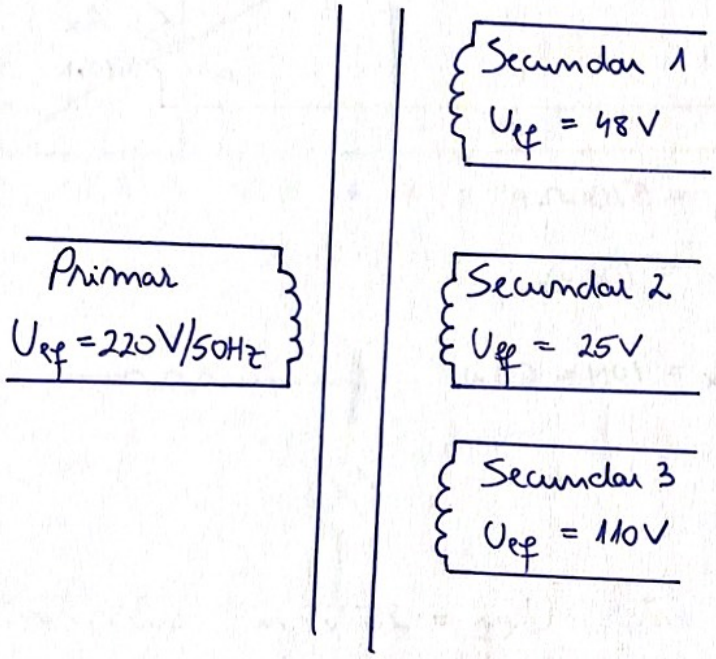
Stuparu Elena-Natalia

Grupa 422D

București 2021

DATE INIȚIALE DE PROIECTARE

Se va proiecta un transformator de mică putere care va avea 3 înfășurări secundare ce vor alimenta 3 rețele existine diferite. Transformatorul va avea următoarea configurație:

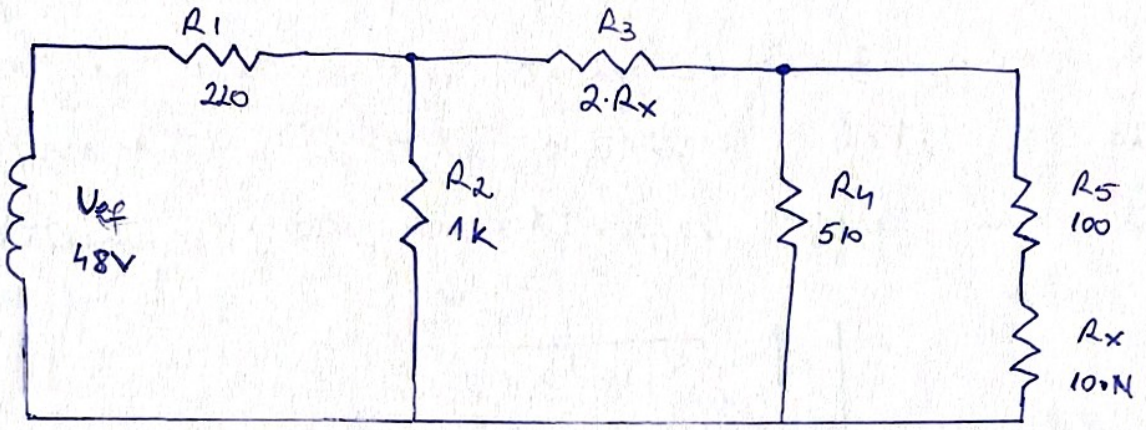


Tensiunea eficace de alimentare a înfășurării primare este $U_{ef} = 220$ V, cu o variație acceptată de ± 10%, la o frecvență de 50 Hz, cu o toleranță de ± 1%.

Cele 3 înfășurări secundare vor alimenta 3 rețele cu următoarele configurări:

Secundar 1

Tensiunea eficace este $U_{ef} = 48V$ și va alimenta rețeaua 1 cu ace configurația:



$R_1 = 220\Omega$ $\quad$ $R_4 = 510\,\Omega$

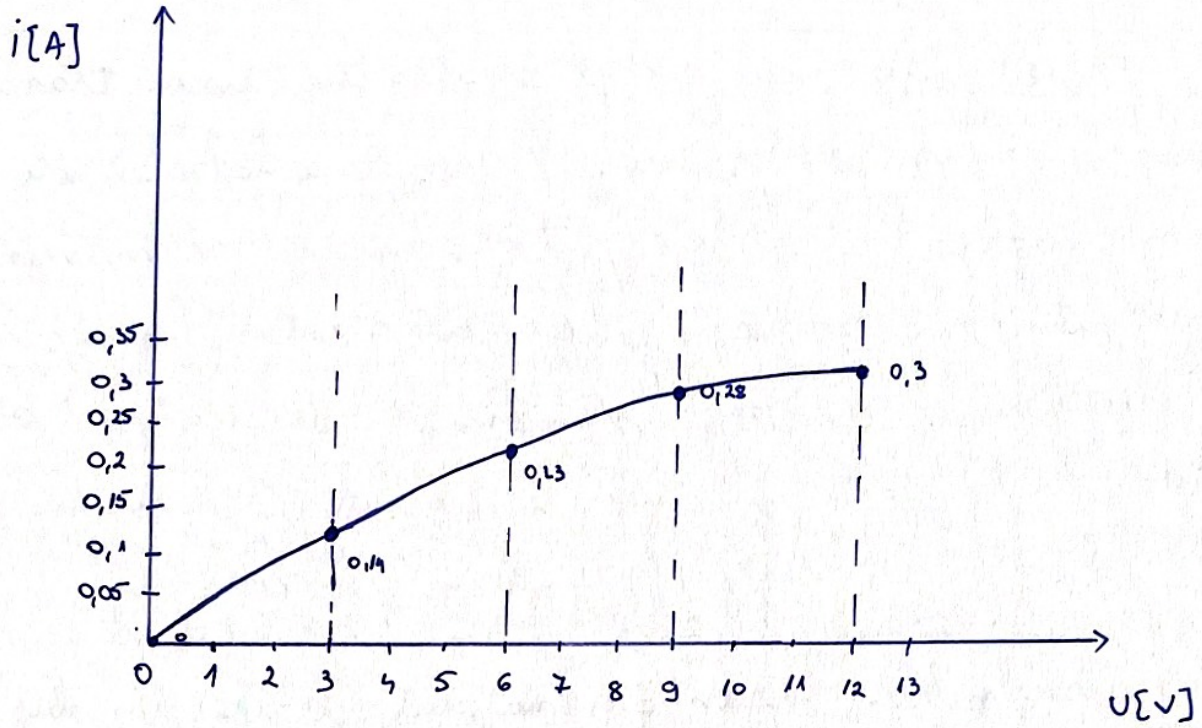
$R_2 = 1k\Omega$ $\quad$ $R_5 = 100\,\Omega$

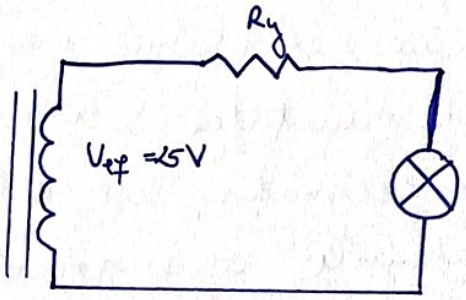
$R_3 = 2 \cdot R_x = 120\Omega$ $\quad$ $R_x = 10N = 60\,\Omega$

Secundar 2

Tensiunea eficace este $U_{ef} = 25V$ și alimentează rețeaua 2. Prin intermediul rezistorului R_4, se alimentează un bec a cărui caracteristică curent - tensiune se regăsește în graficul de mai jos, la o temperatură ambientală de 20°.

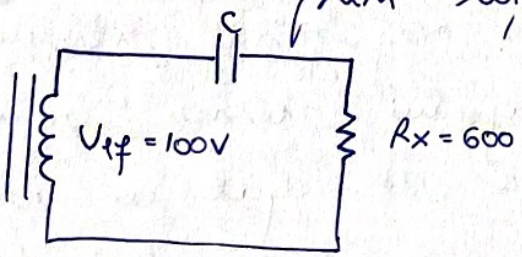
Caracteristica becului $i = f(U)$





Secundar 3

Tensiunea eficace este $U_{ef} = 110V$ și alimentează rețeaua 3. Aceasta are un rezistor $R_x = 100 \cdot 4 = 600$ în serie cu un condensator de capacitate necunoscută. Să se determine capacitatea condensatorului astfel încât curentul prin rețea să fie 10 mA.



REZUMAT

Acest proiect are ca scop realizarea unui transformator de mică putere. Transformatorul de rețea monofazic, de mică putere, este o componentă prezentă în multe scheme de alimentare a aparaturii electronice de tip staționar. Este destinat să modifice valoarea tensiunii și curentului, de la nivelul oferit de rețea circuitului primar, la nivelul sau nivelele necesare în circuitul sau circuitele secundare. Transformatorul oferă în plus și izolarea galvanică față de rețeaua de curent alternativ, a șasiului aparatului electronic în care este încorporat, asigurând electrosecuritatea persoanelor care îl manipulează. Un transformator de rețea de mică putere, prezintă următoarele componente principale: carcasă electroizolantă, bobinaj, miez feromagnetic, sistem de strângere a miezului magnetic și de fixare a transformatorului de șasiul aparatului electronic. La multe transformatoare, spirele sunt răsucite pe un miez confecționat dintr-un material cu permeabilitate magnetică ridicată. Acest lucru intensifică câmpul magnetic indus de curentul din prima bobină, mărindu-i astfel eficiența. Neglijând pierderile de putere, raportul voltajului primei bobine asupra celei de-al doilea este egal cu raportul numărului de spire din cea de-a doua bobină.

SUMMARY

The main purpose of this project is to make a low power transformer. The low-power single-phase mains transformer is a component present in the many stationary-type electronic power supply schemes. it is intended to change the voltage and current value from the level provided by primary circuit network, at the level or levels required in the circuit or circuits secondary. The transformer also provides galvanic isolation to the mains alternating current of the chassis of the electronic device in which it is incorporated ensuring electrical safety of the persons using it. A low power mains transformer shows the following main components: electrical insulating housing, winding, ferromagnetic core, magnetic core clamping system and transformer fixing system electronic chassis. In many transformers, the coils are twisted on a pond made of a material with high magnetic permeability. This intensifies the current-induced magnetic field in the first coil, increasing the efficiency. Neglecting the power loss, the voltage ratio of the first coil over the second is equal to the ratio of the number of turns in the second coil.

Cuprins

Capitolul I - Introducere

Capitolul II - Calculul și dimensionarea ansamblului

2.1 - Calculul curenților și al puterilor

2.2 - Alegerea rezistoarelor, pe baza valorii nominale și a puterii disipate afectată de derating

2.4 - Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia

Capitolul III - instrucțiuni, desene, schițe și detalii tehnologice de execuție

Capitolul IV - Bibliografie

Capitolul 1

Introducere

Transformatorul de rețea monofazic, de mică putere, este o componentă prezentă în majoritatea schemelor de alimentare a aparaturii electronice de tip staționar. Acesta este destinat să modifice valoarea tensiunii și curentului, modificare produsă de la nivelul oferit de rețeaua circuitului până la nivelul necesar în circuitele secundare.

Un transformator de rețea de mică putere este compus în principiu din:

- carcasă electroizolantă
- bobinaj
- miez feromagnetic, din tole de tablă siliciosă (E+I, U+I, I), din benzi (cu coloane, în manta)
- sistem de strângere al miezului magnetic și de fixare a transformatorului de șasiul aparatului electronic.

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

- obținerea tolelor (de obicei se utilizează tole standardizate de tip E+I „economic"; grosimea tolelor este standardizată la valorile $g_1 = 0,35mm$ și $g_2 = 0,5mm$

- tratamentul termic al tolelor ștanțate
- realizarea carcasei (în interiorul căreia se va afla miezul magnetic)
- bobinarea înfășurătorilor (suprafața destinată introducerii înfășurătorilor se numește aria ferestrei tolei și are valoarea $A_F [cm^2] = 0,03 \cdot a^2 [mm]$

Proiectarea unui transformator de rețea de mică putere se face pornind de la:

- $S_{Fe} [cm^2]$ = secțiunea în fier (aria secțiunii miezului magnetic situat în interiorul carcasei bobinate
- factorul de umplere a ferestrei tolei γ

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

($A_1 [cm^2]$ - aria ocupată de înfășurarea primară
$A_2 [cm^2]$ aria ocupată de înfășurarea / rațile secundare)

- $U_1 [V]$ - valoarea eficace a tensiunii din primar, reprezentând de regulă, tensiunea rețelei monofazice, de curent alternativ (110, 220V)
- $f [Hz]$ - frecvența rețelei monofazice, de curent alternativ
- k - nr. de înfășurări secundare
- $U_{2k} [V]$ - tensiunea eficace în sarcină, în înfășurarea k
- $I_{2k} [A]$ - curentul eficace în sarcină, în înfășurarea secundară k

- B_M [T] - inductia maximă admisă în miezul magnetic

Prin proiectarea acestuia se urmăreste determinarea prin calcul a datelor necesare realizării în practică și anume:

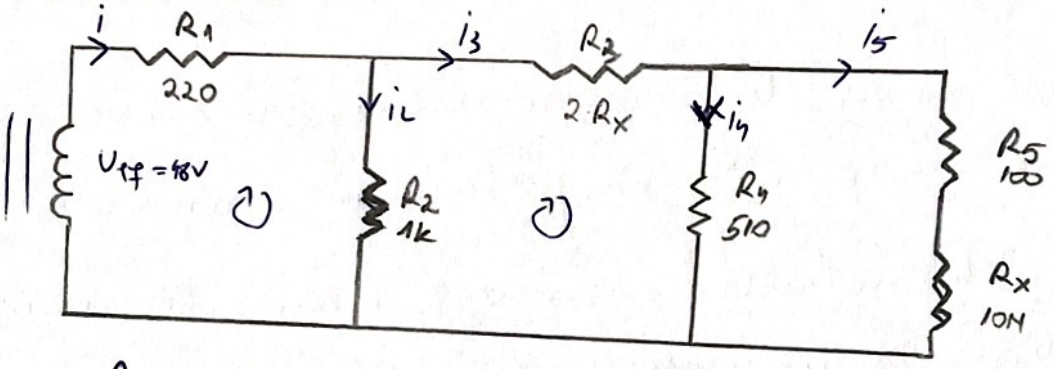
- n_1 - nr. de spire din înfășurarea primară
- n_{2k} - nr. de spire din înfășurarea secundară k
- d_1 [mm] - diametrul conductorului de bobinaj, din înfășurarea primară
- d_{2k} [mm] - diametrul conductorului de bobinaj din secundarul k
- a [mm] - tipul de tolă standardizată ce se utilizează astfel încât $\delta_{standard} \in [0,64 \div 0,76]$
- b [cm] - grosimea pachetului de tole
- H - nr. de tole necesare

Capitolul 2

Calculul și dimensionarea ansamblului

2.1. Calculul curenților și al puterilor disipate în rezistoarele rețelei

• Secundarul 1



$R_1 = 220\,\Omega$

$R_2 = 1\,k\Omega$

$R_3 = 2R_x = 120\,\Omega$

$R_4 = 510\,\Omega$

$R_5 = 100\,\Omega$

$R_x = 10 \cdot N = 60\,\Omega$

Calculez rezistența echivalentă a circuitului

$R_{s1} = R_5 + R_x = 100\,\Omega + 60\,\Omega = 160\,\Omega$

R_{s1} paralel cu $R_4 \Rightarrow \frac{1}{R_{p1}} = \frac{1}{R_{s1}} + \frac{1}{R_4} \Leftrightarrow R_{p1} = \left(\frac{1}{160} + \frac{1}{510}\right)^{-1}$

$\Leftrightarrow R_{p1} = \left(\frac{510+160}{510 \cdot 160}\right)^{-1} = \left(\frac{67\cancel{0}}{81 \cdot 60\cancel{0}}\right)^{-1} = 121{,}8\,\Omega$

$R_{s2} = R_{p1} + R_3 = 121{,}8 + 120 = 241{,}8\,\Omega$

R_{s2} paralel cu $R_2 \Rightarrow \frac{1}{R_{p2}} = \frac{1}{R_{s2}} + \frac{1}{R_2} \Leftrightarrow R_{p2} = \left(\frac{1}{241{,}8} + \frac{1}{1000}\right)^{-1}$

$\Leftrightarrow R_{p2} = \left(\frac{1000+241{,}8}{1000 \cdot 241{,}8}\right)^{-1} = \frac{241800}{1241{,}8} = 194{,}72\,\Omega$

$R_{echivalent} = R_{p2} + R_1 = 194{,}72 + 220 = 414{,}72\,\Omega$

$i = \frac{U_{ef}}{R_e} = \frac{48}{414,72\Omega} = 0,116\ A.$ Conform legilor lui Kirchhoff $\Rightarrow R_1 i + R_2 i_2 = U_{ef} \Rightarrow i_2 = \frac{U_{ef} - R_1 i}{R_2} = \frac{48 - 220 \cdot 0,116}{1000} = 0,022\ A.$

$i = i_2 + i_3 \Rightarrow i_3 = i - i_2 = 0,116 - 0,022 = 0,094\ A.$

$i_3 = i_4 + i_5$

$R_3 i_3 + i_4 R_4 = i_2 R_2 \Leftrightarrow i_4 \cdot 510 = -120 \cdot 0,094 + 1000 \cdot 0,022 \Rightarrow$

$\Rightarrow i_4 = \frac{22 - 11,28}{510} = 0,021\ A.$

Cum $i_3 = i_4 + i_5 \Rightarrow i_5 = i_3 - i_4 = 0,094 - 0,021 = 0,073\ A.$

Așadar intensitățile sunt:

$i = 0,116 A$

$i_2 = 0,022 A$

$i_3 = 0,094 A$

$i_4 = 0,021 A$

$i_5 = 0,073\ A.$

Puterile: $P_1 = R_1 i^2 = 220 \cdot 0,013 = 2,96\ W$

$P_2 = R_2 i_2^2 = 1000 \cdot 0,000484 = 0,484\ W$

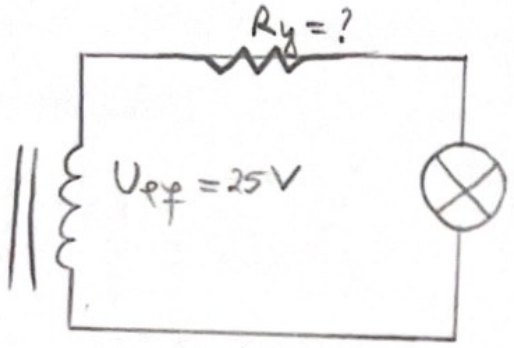
$P_3 = R_3 \cdot i_3^2 = 120 \cdot 0,0088 = 1,06\ W$

$P_4 = R_4 i_4^2 = 510 \cdot 0,000441 = 0,225\ W$

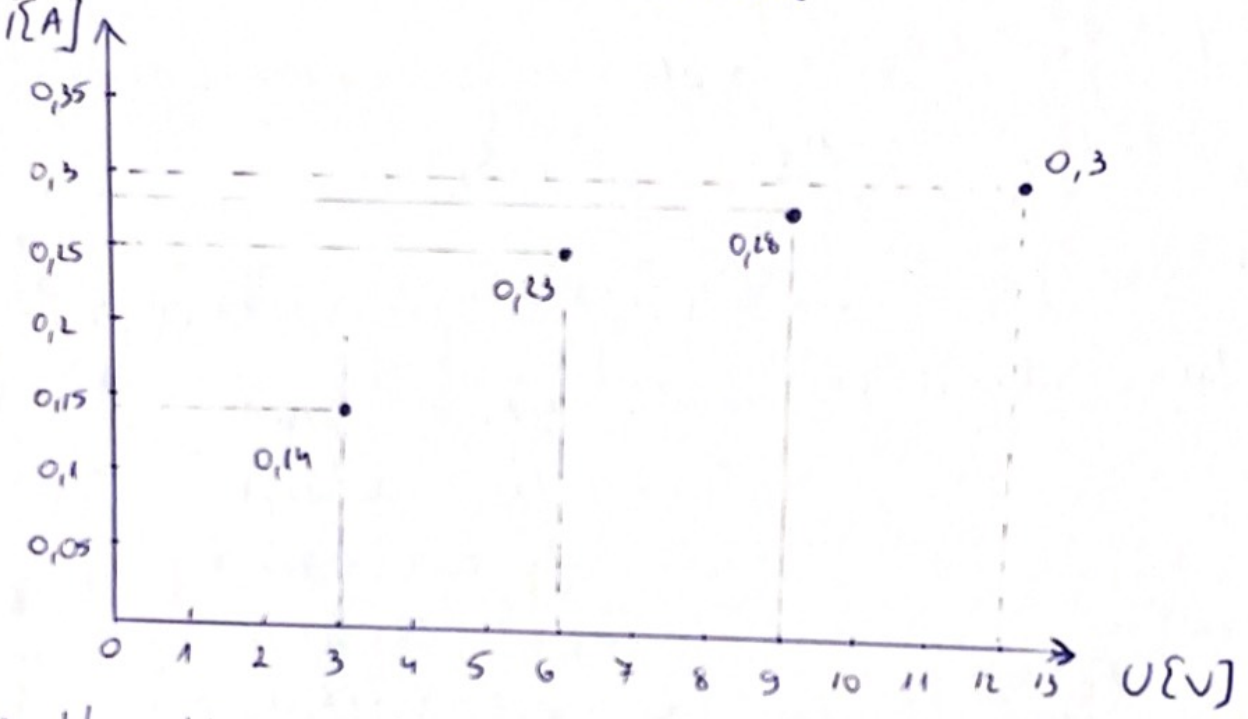
$P_5 = R_5 i_5^2 = 100 \cdot 0,073^2 = 0,532\ W$

$P_x = R_x \cdot i_5^2 = 60 \cdot 0,0053 = 0,319\ W$

- Secundarul 2



Caracteristica becului



- $U_b = U_{gol} \Rightarrow i_b = i = 0 \Rightarrow i \cdot R_y + U_b = U_{ef} \Rightarrow U_b = U_{gol} = U_{ef} = 25V$
- Scurtcircuit $i_b = i_{sc} \Rightarrow U_b = 0 \Rightarrow iR_y + U_b = U_{ef} \Rightarrow iR_y = U_{ef} = 25V$

$$\Rightarrow i = \frac{U_{ef}}{R_y} = \frac{25V}{R_y}$$

Conform graficului $i_{sc} = 0,3A$ și cum $U_{gol} = 25V$

$i = i_b = 0,23A$, $U_b = 6V \Rightarrow R_b = \frac{U_b}{i_b} = \frac{6}{0,23} = 26,08\Omega$

Aplicând teorema lui Kirchhoff $\Rightarrow$

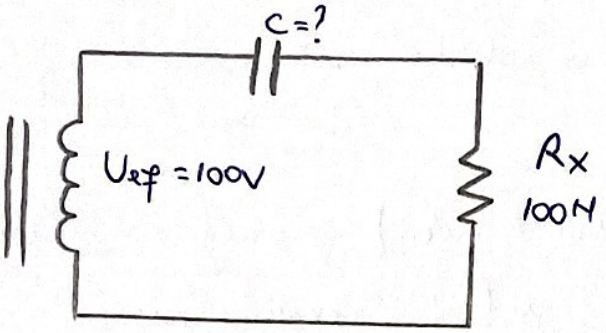
$i \cdot R_y + i \cdot R_b = U_{ef} \Rightarrow iR_y + U_b = U_{ef} \Rightarrow R_y = \frac{U_{ef} - U_b}{i} \Rightarrow$

$\Rightarrow R_y = \frac{25-6}{0,23} = 82,61\Omega$

$P_y = i^2 \cdot R_y = 0,23^2 \cdot 82,61 = 4,37 W$

$P_b = i^2 \cdot R_b = 0,23^2 \cdot 26,08 = 1,38 W.$

Secundarul 3



$i = 10mA$

$R_x = 600\,\Omega$

$U_{ef} = 100V$

$C = ?$

$\underline{Z}_C = \frac{-j}{\omega C}$

$\underline{Z}_{R_x} = R_x = 600\,\Omega$

$\underline{U} = U \cdot e^{j0} = U_{ef} = 100\,V$ (deoarece nu avem defazaj)

$\underline{Z}_e = \underline{Z}_C + \underline{Z}_{R_x} = R_x + \frac{-j}{\omega C}$

$\underline{Z}_e = \sqrt{R_x^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$

$i = \frac{U_{ef}}{Z_e} \Rightarrow Z_e = \frac{U_{ef}}{i} = \frac{100}{10 \cdot 10^{-3}} = 10k\Omega$ $\Rightarrow$

$\Rightarrow Z_e^2 = R_x^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 \Rightarrow 10000^2 = 360000 + Z_C^2$

$\Rightarrow Z_C^2 = 10^8 - 36 \cdot 10^4 = 10^4(10^2 - 36)$

$\Rightarrow Z_C = \sqrt{10^4 \cdot 64} = 10^2 \cdot 8 = 800\,\Omega$

Puterea secundarului 3: $P_3 = Z_e \cdot i^2 = 10000 \cdot (0{,}01)^2 = 1\,W$

Puterea disipată pe rezistorul R_x: $P_{R_x} = R_x \cdot i^2 = 600 \cdot 0{,}0001 = 0{,}06\,W$

Puterea disipată pe condensatorul C: $P_C = P_3 - P_{R_x} = 1 - 0{,}06 = 0{,}94\,W$

2.2. Alegerea rezistoarelor pe baza valorii nominale și a puterii disipate afectată de derating

Derating-ul reprezintă (în electronică) funcționarea unui dispozitiv la o putere mai mică decât puterea maximă, cu scopul de a-i prelungi timpul de viață.

Secundarul 1

- $R_1 = 220\Omega$, $P_1 = 2,96W$, aleg un rezistor THT, rezistență 220Ω, putere nominală $4W$ și tol. $\pm 5\%$
- $R_2 = 1k\Omega$, $P_2 = 0,484W$, aleg un rezistor THT, rezistența $1k\Omega$, putere nominală $1W$ și tol. $\pm 1\%$.
- $R_3 = 120\Omega$, $P_3 = 1,06W$, aleg un rezistor THT, rezistența 120Ω, putere nominală $2W$ și tol. $\pm 5\%$
- $R_4 = 510\Omega$, $P_4 = 0,225W$, aleg un rezistor THT, rezistența 510Ω, putere nominală $0,5W$ și tol. $\pm 5\%$.
- $R_5 = 100\Omega$, $P_5 = 0,533W$, aleg un rezistor THT, rezistența 100Ω, puterea nominală $1W$, tol. $\pm 5\%$
- $R_x = 60\Omega$, $P_x = 0,319W$, aleg un rezistor THT, rezistența 60Ω, puterea nominală $0,5W$, tol. $\pm 5\%$.

Secundarul 2

- $R_y = 82,61\Omega$, $P_y = 4,37W$, aleg un rezistor THT, rezistența $82,61\Omega$, puterea nominală $5W$ și tol. $\pm 5\%$
- $R_6 = 26,08\Omega$, $P_6 = 1,38W$.

Secundarul 3

- $R_x = 600\,\Omega$, $P_x = 0{,}06\,W$, am ales un rezistor THT de rezistență $600\,\Omega$, putere nominală $0{,}5\,W$ și tol. $\pm 5\%$
- pt. C am ales un condensator de tip THT, de capacitate $\left(\frac{-j}{\omega C} = 800\right)$

2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia

a) Puterea totală a transformatorului absorbită din sec.

$$P_2[W] = \sum_k P_{2k} = U_{ef_1} \cdot i + U_{ef_2} \cdot i_6 + U_{ef_3} \cdot i = 5,57 + 5,75 + 1 = 12,32 \text{ W}$$

b) Puterea absorbită din primar

$$P_1[W] = \frac{P_2[W]}{\eta} = \frac{12,32}{0,85} = 14,5 \text{ W}$$

c) Dimensionarea secțiunii în fier

$$S_{Fe}[cm^2] = 1,2\sqrt{A[W]} = 1,2\sqrt{14,5} = 4,57 \text{ cm}^2$$

d) nr. de spire pe volt n_0

$$n_0 = \frac{48}{S_{Fe}}$$ (se recomandă 48, deoarece corespunde unui regim termic optim)

$$= \frac{48}{4,57} = 10,5 \text{ spire/V}$$

e) nr. de spire din înfășurarea primară

$$n_1 = n_0 \cdot U_1 = 10,5 \cdot 173 = 1816,5 \text{ spire}$$

f) nr. de spire din secundarul k, n_{2k}

$$n_{2k} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{2k}$$

$$n_{21} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{21} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{ef_1} \cdot i = 1,1 \cdot 10,5 \cdot 5,57 = 64,33 \text{ spire}$$

$$n_{22} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{22} = 1,1 \cdot 10,5 \cdot U_{ef_2} \cdot i = 1,1 \cdot 10,5 \cdot 5,75 =$$

$$= 66,41 \simeq 67 \text{ spire}$$

$$n_{23} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{23} = 1,1 \cdot 10,5 \cdot U_{ef_3} \cdot i = 1,1 \cdot 10,5 \cdot 1 = 11,55 \simeq$$

$$\simeq 12 \text{ spire}$$

g) $i_1[A] = \frac{P_1}{U_1} = \frac{14,5}{173} = 0,08\,A.$

h) dimensionarea diametrelor conductoarelor de bobinaj

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

• primar: $d_1[mm] = 0,65 \cdot \sqrt{i_1[A]} = 0,65 \cdot \sqrt{0,08} = 0,18$.

• secundar: $d_{21}[mm] = 0,65\sqrt{0,116} = 0,22$

$d_{22}[mm] = 0,65\sqrt{0,23} = 0,31$

$d_{23}[mm] = 0,65\sqrt{0,01} = 0,065$

Aproximez d_1 la 0,2 mm

d_{21} la 0,2 mm

d_{22} la 0,3 mm

d_{23} la 0,1 mm

i) ariile ocupate de înfășurări

$$A_1[cm^2] = \frac{n_1}{C_1;C_2}$$

$$A_2[cm^2] = \sum_k A_{2k} = \sum_k \frac{n_{2k}}{C_1;C_2}$$

$$\left.\begin{array}{l} A_1 = \frac{1817}{C_1;C_2} \\ C_1 = 1465\ sp/cm^2 \end{array}\right\} \Rightarrow A_1 = \frac{1817}{1465} = 1,24\ cm^2 \text{ (cu izolație)}$$

$$C_2 = 1715\ sp/cm^2 \quad \Rightarrow A_1 = \frac{1817}{1715} = 1,06\ cm^2 \text{ (fără izolație)}$$

Cu izolație între straturi:

- $d_{21} = 0,2\ mm \Rightarrow C_1 = 1465\ sp/cm^2$
- $d_{22} = 0,3\ mm \Rightarrow C_1 = 722\ sp/cm^2$
- $d_{23} = 0,1\ mm \Rightarrow C_1 = 4460\ sp/cm^2$

$\Rightarrow A_2 = \frac{65}{1465} + \frac{67}{722} + \frac{12}{4460} = 0,044 + 0,093 + 0,003 = 0,14 cm^2$

Fără izolații:

- $d_{21} = 0,2$ mm $\Rightarrow C_2 = 1715$ sp/cm²
- $d_{22} = 0,3$ mm $\Rightarrow C_2 = 807$ sp/cm²
- $d_{23} = 0,1$ mm $\Rightarrow C_2 = 6100$ sp/cm²

$$A_2 = \frac{65}{1715} + \frac{67}{807} + \frac{12}{6100} = 0,038 + 0,083 + 0,002 =$$
$$= 0,123 \ cm^2$$

j) Aria totală ocupată de înfășurări

$A_t = A_1 + A_2$

- cu izolații: $A_t = 1,24 + 0,14 = 1,38 \ cm^2$
- fără izolații: $A_t = 1,06 + 0,123 = 1,183 \ cm^2$

k) dimensionarea tolei necesare (det. parametrului)

- factorul de umplere optim $\delta_0 = 0,7$

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

- cu izolații: $a = 6,9\sqrt{1,38} = 8,11$ mm
- fără izolații: $a = 6,9\sqrt{1,183} = 7,5$ mm

l) grosimea pachetului de tole b [mm]

$$b[mm] = \frac{S_{Fe}[cm^2]}{0,02 \cdot a_{standard}[mm]} = \frac{9,57}{0,02 \cdot 8} = 28,56 \ mm$$

m) nr. de tole necesar (N) în funcție de grosimea acestora

$g_1 = 0,35$ mm, $g_2 = 0,5$ mm

$$N = \frac{b[mm]}{g_1[mm]} = \frac{28,56}{0,35} = 81,6 \simeq 82 \text{ tole}$$

$$N = \frac{b[mm]}{g_2[mm]} = \frac{28,56}{0,5} = 57,12 \simeq 58 \text{ tole}$$

Capitolul 3

Instrucțiuni, desene, schițe și detalii tehnologice de execuție

Proiectarea unui transformator de rețea cuprinde următoarele etape:

- se evaluează puterea totală absorbită din secundar $P_2[W]$, astfel:

$$P_2[W] = \sum_k U_{2k} \cdot i_{2k}$$

- se calculează puterea absorbită din primar, $P_1[W]$, pt. un randament estimat $\eta = 0{,}85$

$$P_1[W] = \frac{P_2[W]}{\eta}$$

- se dimensionează secțiunea în fier $S_{Fe}[cm^2]$ a miezului magnetic:

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

- se calculează nr. de spire din înfășurarea primară

$$n_1 = n_0 \cdot U_1$$

- se determină nr. de spire din secundarul k

$$n_{2k} = 1{,}1 \cdot n_0 \cdot U_{2k}$$

- se determină: mărimea curentului în primar

$$i_1[A] = \frac{P_1[W]}{U_1[V]}$$

- se dimensionează diametrele conductoarelor de bobinaj d_1 pt. primar, resp. d_{2k} pt. secundark

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

- se calculează ariile ocupate de înfășurarea primară $A_1[cm^2]$, respectiv de înfășurarea secundară $A_2[cm^2]$

- se calculează aria totală ocupată de înfășurări

$$A_t = A_1 + A_2$$

- se dimensionează tola necesară, se det. parametrul $a[mm]$, pt. un factor de umplere optim $\gamma = 0,7$.

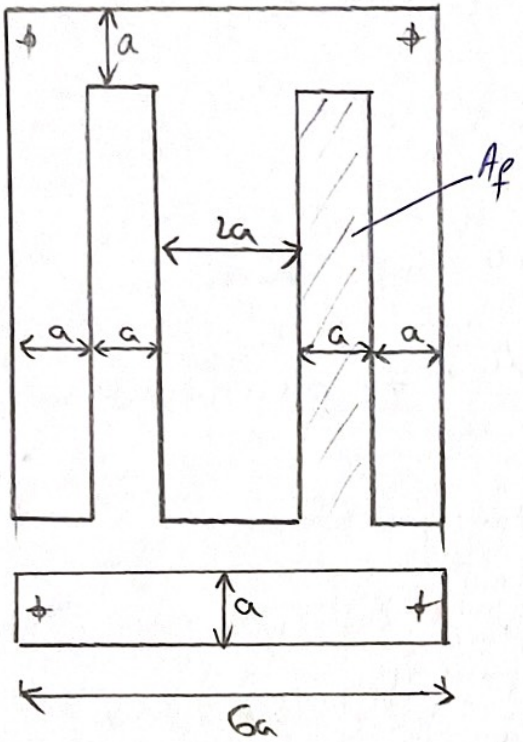
$$a = 6,9\sqrt{A_t[cm^2]}$$

- se calculează grosimea pachetului de tole $b[mm]$ cu tola standardizată

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

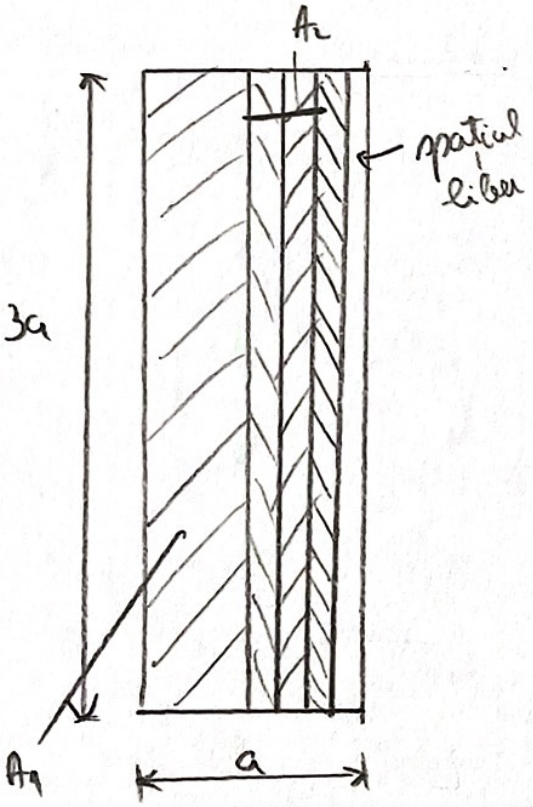
- se evaluează nr. de tole necesar, N, în funcție de grosimea acestora $g_{1,2}$

$$N_{tole} = \frac{b[mm]}{g_{1,2}[mm]}$$ (se rotunjește prin adaos)



dimensiunile caracteristice tolei standardizate de tip economic

A_f = aria ferestrei tolei



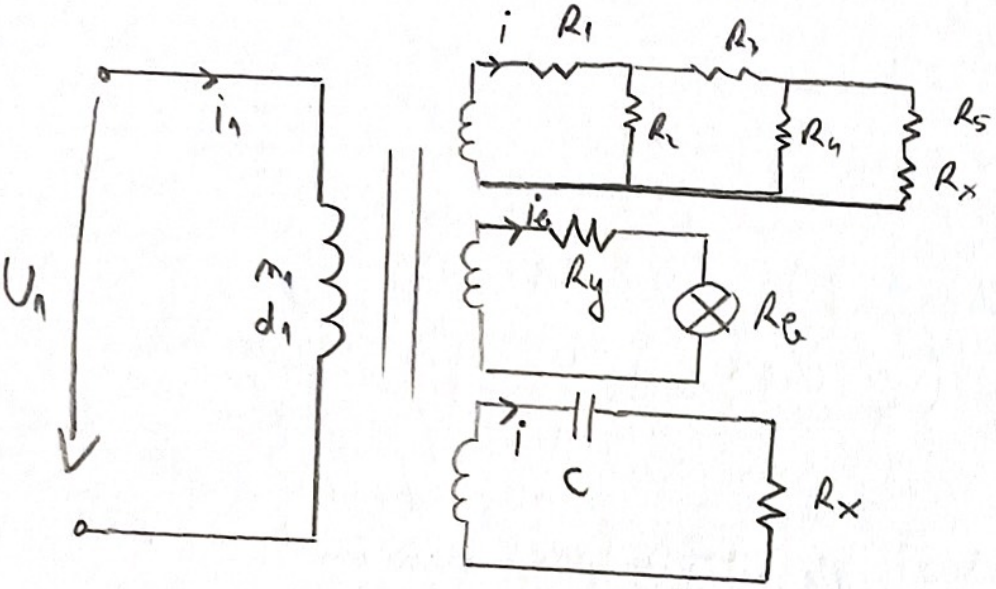
Repartizarea pătului în fereastra tolei

Factorul de umplere al ferestrei tolei γ:

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

A_1 [cm²] = aria ocupată de inf. principale

A_2 [cm²] = aria ocupată de inf. secundare



Schema electrică a transformatorului

Capitolul 4

Bibliografie

www. wikipedia. ro
Anexa A6 *
tme. eu

Concluzii

Transformatoarele de rețea sunt necesare pt. obținerea tensiunilor alternative care se redresează în alimentator sau în aparatele cu tuburi electronice, alimentând filamentele acestor tuburi.

În această lucrare am proiectat pas cu pas un transformator de rețea monofazic de mică putere ($P < 500W$)

Pe lângă dimensionarea corespunzătoare, am ținut cont de izolarea cât mai bună între înfășurarea principală și cea secundară pentru a împiedica curentul din rețeaua de 230 V să pătrundă în circuitele secundare, care funcționează la voltaj mic.