

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

Frunză Vladimir

Grupa 423B

București 2022

Date inițiale de proiectare

Proiectarea unui transformator de rețea, de mică putere, se face pornindu-se de la următoarele mărimi cunoscute (date inițiale de proiectare):

- $U_1[V]$ - valoarea eficace a tensiunii din primar, reprezentând de regulă, tensiunea rețelei monofazice, de curent alternativ; la noi – 110V, cu o variație acceptată de $\pm 10\%$;
- $f[Hz]$ - frecvența rețelei monofazice, de curent alternativ; la noi -60Hz, cu o toleranță de $\pm 1\%$;
- k - numărul de înfășurări secundare; la noi – 3 înfășurări;
- $U_{2k}[V]$ - tensiunea eficace în sarcină, în înfășurarea secundară k , explicitată mai jos;
- $B_M[T]$ - inducția maximă admisă în miezul magnetic; - 1.2 T (tesla);
- Procedeul de bobinare implementat ("cu sau fără izolație între straturi"), impus de condițiile electrice și climatice, în care se va utiliza transformatorul de rețea respectiv.

Pentru transformatorul nostru, vom folosi 3 infasurari secundare, ce vor alimenta 3 retele rezistive diferite:

- **Secundara 1**, cu tensiunea efectiva $U_{21} = 13 V$, va alimenta o retea rezistiva formata din 6 rezistoare ce functioneaza intre $T_{min} = 20^\circ C$ si $T_{max} = 80^\circ C$;
- **Secundara 2**, cu tensiunea efectiva $U_{22} = 17 V$, va alimenta o alta retea rezistiva formata dintr-un rezistor liniar si un termistor de tip NTC cu parametrul $B = 3000 K$. Reteaua va opera la temperatura ambianta $T = 25^\circ C$;
- **Secundara 3**, cu tensiunea efectiva $U_{23} = 160 V$, va alimenta o a treia retea rezistiva formata dintr-un rezistor liniar si un condensator, acesta din urma fiind folosit pentru reducerea tensiunii.

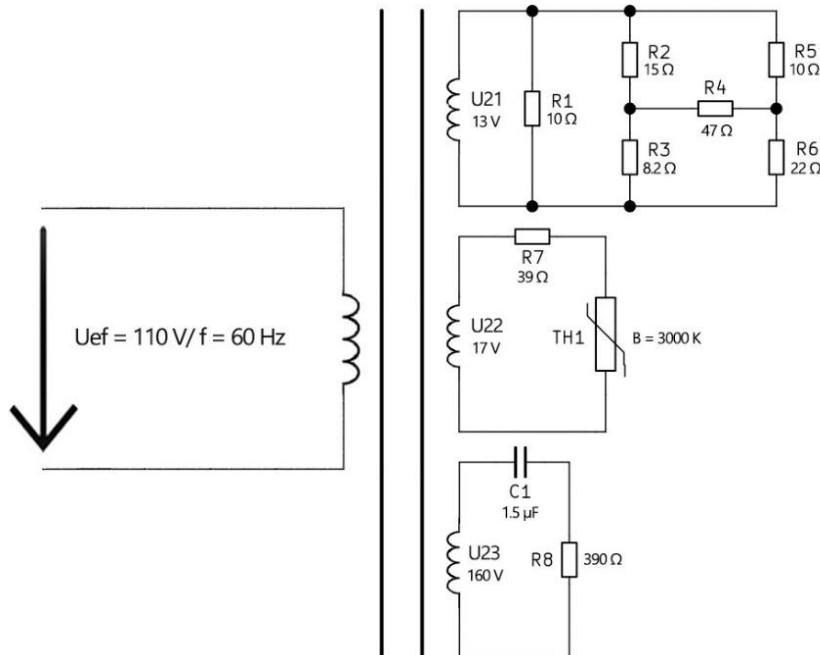


Fig. 2: Schema electrica a unui transformator de rețea, cu marimile specificate anterior

Resumatul Proiectului - lb. română

Proiectul de faza presupune realizarea unui transformator de retea, monofasic, de mică putere, folosind platforma report și având ca date de intrare tensiunea de alimentare a primarului (numită U_1), frecvența acestui semnal (notată cu f) și tensiunile de pe secundare (notate cu U_{21} , U_{22} și U_{23}), în precizie rătățe tensiunile sunt date în V_{RMS} și frecvența în Hz.

De asemenea, acest proiect presupune afloarea curentilor și puterii totale pe fiecare dintre cele 3 secundare la momentul alimentării a 3 circuite rezistive date (cu toate variațile corespunzătoare existente).

Într-un final, ultima etapă a acestui proiect este afloarea dimensiunilor elementelor transformatorului. Aceasta va fi realizată urmând următorii pași:

- a) se evaluează puterea totală absolută din secundar;
- b) se calculează puterea absolută în primar, considerându-se un randament estimat al transformatorului $\eta = 0,95$;
- c) se dimensionează secțiunea în fier, $S_{Fe} [\text{cm}^2]$ a nucelui magnetic;
- d) se calculează numărul de spire pe volt nu;
- e) se calculează numărul de spire din infuzorul primar n_{1k} ;
- f) se determină numărul de spire din secundar $K \cdot n_{2k}$;
- g) se determină mărimea curentului din primar, I_1 ;
- h) se dimensionează diametrul conductoarelor de legătură $d_1 [\text{mm}]$, pt. primar, respectiv $d_{2k} [\text{mm}]$, pt. secundarul K ;
- i) se calculează aria totală ocupată de infuzorul primară, $A_1 [\text{cm}^2]$, respectiv de infuzorul secundară, $A_2 [\text{cm}^2]$, în presupusa cărei;
- j) se calculează aria totală ocupată de infuzori, $A_T [\text{cm}^2]$;
- k) se dimensionează tabla nefero, respectiv mărimea granițelor $a [\text{mm}]$, pentru un factor de ampliere optim $\gamma_0 = 0,7$;
- l) se calculează grosimea pachetului de tale $h [\text{mm}]$, tale standard;
- m) se evaluează numărul de tale nefero, N funcție de grosime

Project Summary - english

This project involves the designing of a single-phase, low-power network transformer, using the support platform and having as input data the supply voltage of the primary winding (called V_1), the frequency of this signal (denoted by f) and the voltages on the secondary windings (denoted with V_{21}, V_{22} and V_{23}), letting it be specified that all the voltages are given in Volts and the frequency in Hz.

Also, this project involves finding the currents and the total power dissipation on each of the three secondary windings while powering three given resistive circuits (with the specific values of all components known).

And finally, the last requirement of the project is to calculate the dimensions of the transformer elements. This will be done by following this steps:

- a) The total power absorbed by the secondary windings is calculated;
- b) Taking into consideration the estimated yield (efficiency) of the transformer as being $\eta = 0.935$, the total absorbed power of the secondary is calculated;
- c) The magnetic's core section ($S_{Fe} [\text{cm}^2]$) is calculated;
- d) The number of whorls per volt n_0 is calculated;
- e) The number of whorls of the primary winding, n_1 , is calculated;
- f) The number of whorls of the K-th secondary winding, n_{2k} , is calculated;
- g) The value of the electrical current in the primary winding, I_1 ;
- h) The diameter of the inductors ($d_1 [\text{mm}]$ for the primary winding and $d_{2k} [\text{mm}]$ for the K-th secondary windings) are calculated;
- i) The areas occupied by the primary winding ($A_1 [\text{cm}^2]$) and by the secondary windings ($A_2 [\text{cm}^2]$) are calculated;
- j) The total occupied area of the windings is calculated ($A_0 [\text{cm}^2]$);
- k) For a filling factor of $\gamma_0 = 0.7$, the necessary metal sheet dimensions and the parameter $a [\text{mm}]$ is calculated;
- l) The total width of the metal sheet package is calculated ($w [\text{mm}]$);
- m) The necessary number a metal sheets (N) is calculated.

CUPRINS

1. ----- Coperta
2. ----- Date initiale de proiectare
3. ----- Rezumatul proiectului - lh. româna
4. ----- Project summary - english
5. ----- Capitalul I: Introducere (Notturi generale)
6. ----- Capitalul II: Algoritm comp. pasiv pe baza v.n.
7. ----- Calculul curentilor și puterilor dissipate
13. ----- Dimensionarea transformatorului
20. ----- Capitalul III: Instrucțiuni, des.v., schite și detaliu
22. ----- Bibliografie
23. ----- Concluzii personale
24. ----- Anexa 1 - Bill Of Materials (BOM)
- 25-29 --- Anexa 2 - Simularea c.r. în PSpice

Capitolul I: Introducere (Notiuni generale)

Transformatorul de rețea monofazic, de mică putere, este o componentă prezentă în multe scheme de alimentare a aparatelor electronice de tip stativ sau. El este destinat să modifice valoarea tensiunii și curentului, de la nivelul aferit de rețea circuitului primar, la nivelul sau niveliile necesare în circuitul sau circuitele secundare. Transformatorul aferă în plus și izolare galvanică față de rețeaua de curent alternativ, a gazinții aparatului electronic în care este incorporat, asigurând electrozaminția persoanelor care îl manipulează. Din punct de vedere constructiv, un transformator de rețea de mică putere, prezintă următoarele părți componente principale, vizi Fig. 1:

- carcasa electroizolantă;
- bobinaj;
- miez paramagnetic, din tale de tablă silicoasă (fornet E+J, U+J, J), din lemn (cu coloane, în manta, taraidale);
- sistem de strângere al miezelui magnetic și de fierbere a transformatorului de gazință aparatului electronic.

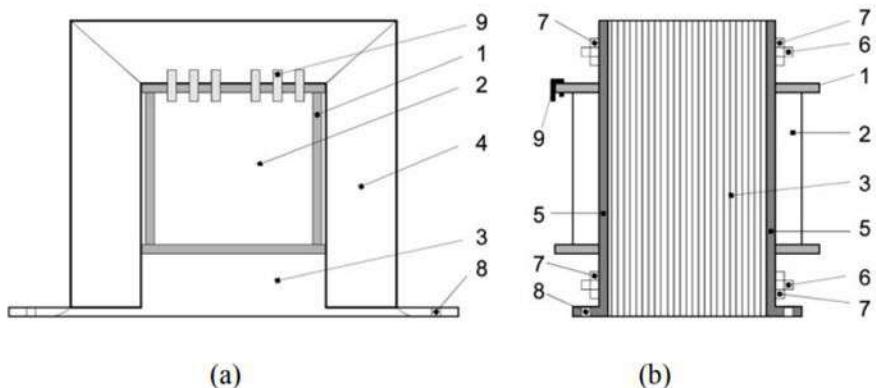


Fig. 1: (a) Transformator de rețea asamblat cu manta; (b) Transformator de rețea asamblat cu prezoane; 1- carcăsa, 2- bobinaj, 3- miez magnetic, 4- manta de strângere, 5- eclise de prindere, 6- prezoane de strângere, 7- piulițe, 8- orificii de fixare, 9- cose.

Capitolul II: Alegera componentelor pasive pe baza
valorii nominale și a puterii dissipate așteptată de
„derating”

Vom căuta componente pe site-urile comerciantilor
români ce să se încadreze în cerințele tehnice ale
schemelor electronice. Pentru a ne da o margină de eroare
și pentru a avea acces la o piață cat mai largă
de componente, vom considera o toleranță de 10% a
mărimilor caracteristice ale componentelor.

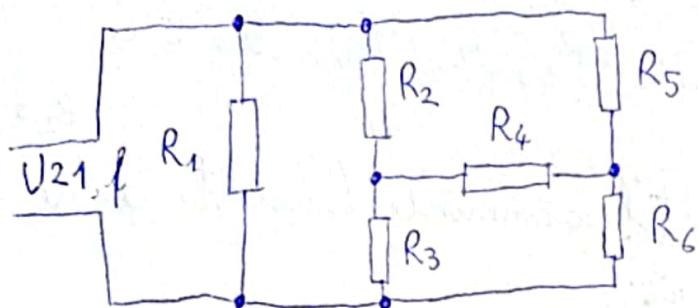
La acest proiect mai este atașataza-zisul
„BOM” (engleză: Bill of Materials, traducere: lista de
materiale). Acesta conține toate componentele alese
de pe site-ul distribuitorului Farnell (respectiv Mouser) România
componente cu sunt folosite în realizarea circuitelor
transformatorului.

VEZI : Anexa 1 - Bill Of Materials (BOM)

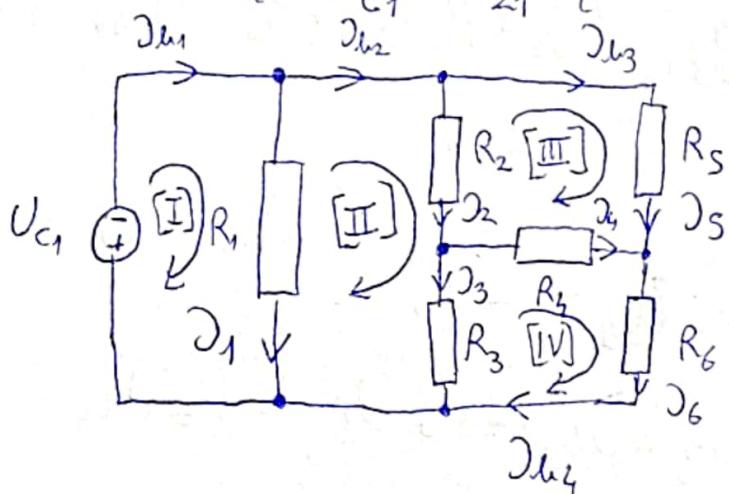
Capitolul II: Calculul și dimensionarea ansamblului

2.1. Calculul curentilor și putinților dissipati

Secundarul 1:



Dacă acest circuit conține numai rezistențe liniare, putem face circuitul echivalent cu un generator de DC ce alimentează circuitul cu $U_{C1} = U_{21}$ (valoarea efectivă).

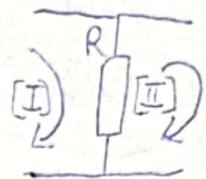


Vom face și metoda curentilor de buclă. Alegem buclile ca mai sus. Vom avea 4 bucle deschise $b = l - n + 1$, b -nr. de bucle l -nr. de laturi n -nr. de noduri

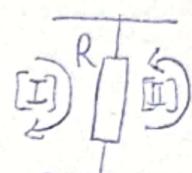
$$b = g - 6 + 1 = 4 \text{ bucle fundamentale.}$$

Aneam sistemul (avem din 4 ecuații de tip KII):

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{11} J_{h_1} + R_{12} J_{h_2} + R_{13} J_{h_3} + R_{14} J_{h_4} = -U_{C1} \\ R_{21} J_{h_1} + R_{22} J_{h_2} + R_{23} J_{h_3} + R_{24} J_{h_4} = 0 \\ R_{31} J_{h_1} + R_{32} J_{h_2} + R_{33} J_{h_3} + R_{34} J_{h_4} = 0 \\ R_{41} J_{h_1} + R_{42} J_{h_2} + R_{43} J_{h_3} + R_{44} J_{h_4} = 0 \end{array} \right.$$



$$R_{21} = R_{12} = -R$$



$$R_{21} = R_{12} = R$$

R_{ij} - rezistență comună echivalentă între buclele i și j

$$R_{11} = R_1 \quad R_{12} = R_{21} = -R_1 \quad R_{13} = R_{31} = R_{14} = R_{41} = 0$$

$$R_{23} = R_{32} = -R_2 \quad R_{24} = R_{42} = -R_3 \quad R_{34} = R_{43} = -R_4$$

$$R_{22} = R_1 + R_2 + R_3 \quad R_{33} = R_2 + R_i + R_5 \quad R_{44} = R_3 + R_4 + R_6$$

Aneam:

$$\left\{ \begin{array}{l} 10 J_{h_1} - 10 J_{h_2} = -13 \\ -10 J_{h_1} + 33,2 J_{h_2} - 15 J_{h_3} - 8,2 J_{h_4} = 0 \\ -15 J_{h_2} + 72 J_{h_3} - 47 J_{h_4} = 0 \\ -8,2 J_{h_2} - 47 J_{h_3} + 77,2 J_{h_4} = 0 \end{array} \right.$$

Vom folosi regula lui Kramer:

$$D = \begin{vmatrix} 10 & -10 & a & 0 \\ -100 & 332 & -150 & -82 \\ 0 & -15 & 72 & -47 \\ 0 & -82 & -470 & 772 \end{vmatrix} = 43932800 \neq 0$$

Determinantul principal.

Acum vom scrie fiecare dintre ei determinanti corespunzatoare

celor 4 curenti:

$$D_{2h_1} = \begin{vmatrix} -13 & -10 & 0 & 0 \\ 0 & 332 & -150 & -82 \\ 0 & -15 & 72 & -47 \\ 0 & -82 & -470 & 772 \end{vmatrix} = -100654840$$

$$D_{2h_2} = \begin{vmatrix} 10 & -13 & 0 & 0 \\ -100 & 0 & -150 & -82 \\ 0 & 0 & 72 & -47 \\ 0 & 0 & -470 & 772 \end{vmatrix} = -43542200$$

$$D_{2h_3} = \begin{vmatrix} 10 & -10 & -13 & 0 \\ -100 & 332 & 0 & -82 \\ 0 & -15 & 0 & -47 \\ 0 & -82 & 0 & 772 \end{vmatrix} = -20064200$$

$$D_{2h_4} = \begin{vmatrix} 10 & -10 & 0 & -13 \\ -100 & 332 & -150 & 0 \\ 0 & -15 & 72 & 0 \\ 0 & -82 & -470 & 0 \end{vmatrix} = -16840200$$

$$\text{Dacă: } \mathcal{I}_{L_1} = \frac{\mathcal{O}_{2L_1}}{D} \approx -2,291 \text{ A}$$

$$\mathcal{I}_{L_2} = \frac{\mathcal{O}_{2L_2}}{D} \approx -0,9911 \text{ A}$$

$$\mathcal{I}_{L_3} = \frac{\mathcal{O}_{2L_3}}{D} \approx -0,4567 \text{ A}$$

$$\mathcal{I}_{L_4} = \frac{\mathcal{O}_{2L_4}}{D} \approx -0,3833 \text{ A}$$

$|\mathcal{I}_{21}| = |\mathcal{I}_{L_1}| = 2,291 \text{ A}$ - curentul prin inductor

$$|\mathcal{I}_1| = |\mathcal{I}_{L_1} - \mathcal{I}_{L_2}| = 1,3 \text{ A} - \text{curentul prin } R_1$$

$$|\mathcal{I}_2| = |\mathcal{I}_{L_2} - \mathcal{I}_{L_3}| = 0,5344 \text{ A} - \text{curentul prin } R_2$$

$$|\mathcal{I}_3| = |\mathcal{I}_{L_2} - \mathcal{I}_{L_4}| = 0,6078 \text{ A} - \text{curentul prin } R_3$$

$$|\mathcal{I}_4| = |\mathcal{I}_{L_4} - \mathcal{I}_{L_3}| = 0,0734 \text{ A} - \text{curentul prin } R_4$$

$$|\mathcal{I}_5| = |\mathcal{I}_{L_3}| = 0,4567 \text{ A} - \text{curentul prin } R_5$$

$$|\mathcal{I}_6| = |\mathcal{I}_{L_4}| = 0,3833 \text{ A} - \text{curentul prin } R_6$$

$$|\mathcal{P}_{21}| = |\mathcal{I}_{21} \cdot U_{21}| = 29,783 \text{ W} - \text{puterea dissipată pe inductor}$$

$$|\mathcal{P}_1| = |\mathcal{I}_1^2 \cdot R_1| = 16,9 \text{ W} - \text{puterea dissipată pe } R_1$$

$$|\mathcal{P}_2| = |\mathcal{I}_2^2 \cdot R_2| = 4,283 \text{ W} - \text{puterea dissipată pe } R_2$$

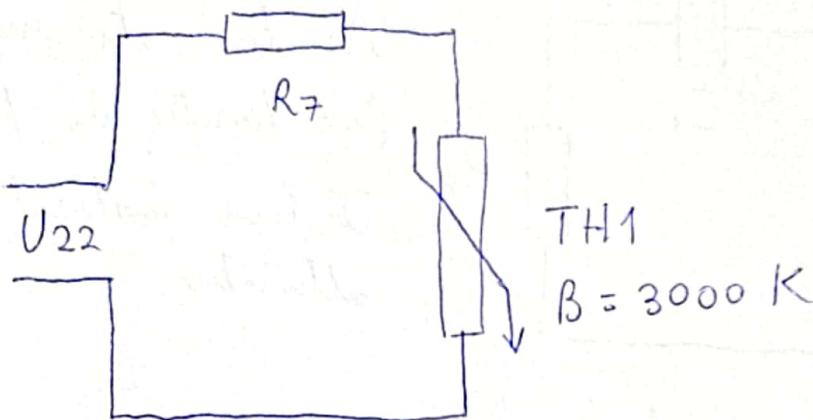
$$|\mathcal{P}_3| = |\mathcal{I}_3^2 \cdot R_3| = 3,0292 \text{ W} - \text{puterea dissipată pe } R_3$$

$$|\mathcal{P}_4| = |\mathcal{I}_4^2 \cdot R_4| = 0,2532 \text{ W} - \text{puterea dissipată pe } R_4$$

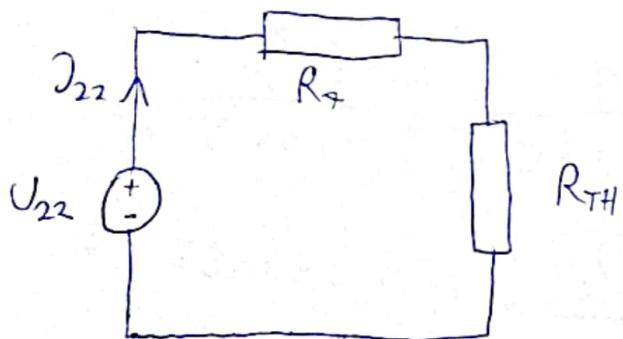
$$|\mathcal{P}_5| = |\mathcal{I}_5^2 \cdot R_5| = 2,0857 \text{ W} - \text{puterea dissipată pe } R_5$$

$$|\mathcal{P}_6| = |\mathcal{I}_6^2 \cdot R_6| = 3,2322 \text{ W} - \text{puterea dissipată pe } R_6$$

Secundarul 2:



Acest circuit rezistiv contine un rezistor liniar și un termistor cu valoarea coeficientului $\beta = 3000 \text{ K}$ și cu valoarea rezistenței 56Ω la temperatură de 25°C . Voi urmă să calculăm curentul și puterea la $T=25^\circ\text{C}$, deci circuitul se transformă într-un circuit simplu cu 2 rezistoare liniare:



Am adăugat tensiunea sinusoidală cu un generator de tensiune continuă, analog primei secundare.

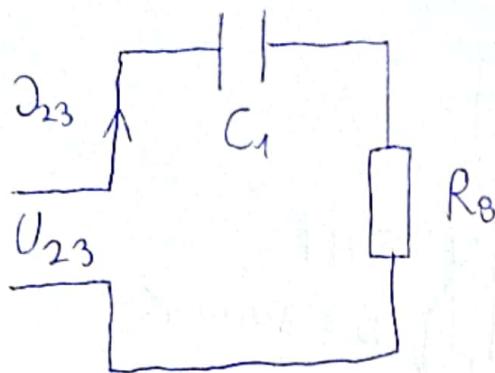
$$I_{22} = \frac{U_{22}}{R_7 + R_{TH}} = \frac{17}{95} = 0,1789 \text{ A} \quad - \text{curentul prin circuit}$$

$$P_{22} = U_{22} \cdot I_{22} = 3,0421 \text{ W} \quad - \text{puterea dissipată pe inductanță}$$

$$P_7 = I_{22}^2 \cdot R_7 = 1,2482 \text{ W} \quad - \text{puterea dissipată pe } R_7$$

$$P_{TH} = I_{22}^2 \cdot R_{TH} = 1,7922 \text{ W} \quad - \text{puterea dissipată pe } R_{TH}$$

Secundarul 3:



Acesta este un circuit RC
(cu posibilitate de filtru trece-sus).
Trebuie analizat în curent alternativ.

Facem rezistența fazorială:

$$\underline{U}_{23} = 160 \cdot e^{j0^\circ} = 160 [V], \text{ deoarece diferența fazelor este } 0.$$

$$\underline{J}_{23} = \frac{\underline{U}_{23}}{\underline{Z}_e} = \frac{\underline{U}_{23}}{\underline{Z}_{C_1} + \underline{Z}_{R_8}}, \quad \underline{Z}_{C_1}, \underline{Z}_{R_8} - \text{impedanțele}$$

$$\underline{Z}_{R_8} = R_8 = 390 \Omega$$

$$\underline{Z}_{C_1} = \frac{j}{\omega C_1} = \frac{j}{2\pi f C_1} = \frac{10^6 j}{130\pi}$$

$$\underline{J}_{23} \stackrel{\text{Nat}}{=} \underline{J}_{23} = \left| \underline{J}_{23} \right| = 0,08835 \text{ A}$$

$$P_{23} = J_{23} \cdot U_{23} = 14,1367 \text{ W} - \text{puterea pe inductor}$$

$$P_8 = J_{23}^2 \cdot R_8 = 3,04423 \text{ W} - \text{puterea pe } R_8$$

$$\begin{aligned} \text{Deci: a)} P_2 &= \sum_{k=1}^3 P_{2k} = P_{21} + P_{22} + P_{23} = \\ &= 29,783 + 3,0421 + 14,1367 = \\ &= 46,9618 \text{ W} \end{aligned}$$

a) Calculăm puterea absorbită în primar, pt. un răndament estimat al transformatorului, $\eta = 0,95$:

$$P_1 [W] = \frac{P_2 [W]}{\eta} = \frac{46,9618 \text{ W}}{0,95} = 55,2491 \text{ W}$$

c) Dimensiunile secțiunii în fier, $S_{Fe} [\text{cm}^2]$ a miezului magnetic:

$$S_{Fe} [\text{cm}^2] = 1,2 \cdot \sqrt{P_1 [W]} = 1,2 \cdot \sqrt{55,2491} \text{ cm}^2 = \\ = 8,919 \text{ cm}^2$$

d) Calculăm nr. de spire pe volt n_0 :

$$n_0 = \frac{40}{S_{Fe} [\text{cm}^2]}$$

Am ales valoarea 40 din care ca este majorarea valoarei teorice (colindată mai jos) ce corespunde unui regim termic optim.

Teoretic:

$$n_0 [\text{sp/V}] = \frac{10^4}{4,44 \cdot 60 \cdot 1,2 \cdot S_{Fe} [\text{cm}^2]} = \frac{31,28}{S_{Fe} [\text{cm}^2]} \approx \frac{32}{S_{Fe} [\text{cm}^2]}$$

Dacă valoarea 38 a fost majorată cu 48 pt. regimul termic optic:

$$\begin{array}{rcl} 38 & - & - 48 \\ 32 & - & - 26 \end{array}$$

$$\chi = \frac{32-48}{38} = 40,32 \approx 40.$$

$$n_0 = \frac{40}{8,919} = 4,48 \text{ spire/V}$$

e) Calculăm nr. de spire din înfășurarea primară, n_1 :

$$n_1 = n_0 \cdot U_1 = 492,8 \text{ spire} \xrightarrow{\text{ROTUND}} 493 \text{ spire}$$

f) Determinăm nr. de spire pe fiecare secundar, n_{2k} :

$$n_{2k} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{2k}, \quad k \in \overline{1,3}$$

$$n_{21} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{21} = 64,064 \xrightarrow{\text{ROTUND}} 65 \text{ spire pe 1}$$

$$n_{22} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{22} = 83,776 \xrightarrow{\text{ROTUND}} 84 \text{ spire pe 2}$$

$$n_{23} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{23} = 788,48 \xrightarrow{\text{ROTUND}} 789 \text{ spire pe 3}$$

n_0 a fost majorat cu 10% pentru a compensa pierderile transformatorului.

g) Determinăm mărimea curentului din primar I_1 :

$$I_1 [A] = \frac{P_1 [W]}{U_1 [V]} = \frac{55,2491 W}{110 V} = 0,5022 A$$

h) Se dimensionează diametrile conductorelor de la liniaj: d_1 [mm], pt. primar și d_{2K} [mm] pt. secundar:

$$d_1 \text{ [mm]} = 0,65 \sqrt{J_1 \text{ [A]}} = 0,4606 \text{ mm}$$

$$d_{21} \text{ [mm]} = 0,65 \sqrt{J_{21} \text{ [A]}} = 0,9338 \text{ mm}$$

$$d_{22} \text{ [mm]} = 0,65 \sqrt{J_{22} \text{ [A]}} = 0,2749 \text{ mm}$$

$$d_{23} \text{ [mm]} = 0,65 \sqrt{J_{23} \text{ [A]}} = 0,1932 \text{ mm}$$

Pt. d_1 :

$$\frac{d_1 - d_{1\text{int}}}{d_1} = \frac{0,4606 - 0,45}{0,4606} = 2,301\% < 2,5\%$$

(rezerva este $\leq 0,7$ mm)

Dacă:

$$d_{1\text{ROT}} = 0,45 \text{ mm}$$

Pt. d_2 :

$$\frac{d_2 - d_{2\text{int}}}{d_2} = \frac{0,9338 - 0,9}{0,9338} = 3,51\% > 5\%$$

($0,7 < d_{21} \leq 1$ mm)

Dacă:

$$d_{21\text{ROT}} = 1 \text{ mm}$$

Pt. d_3 :

$$\frac{d_3 - d_{3\text{int}}}{d_2} = \frac{0,2749 - 0,25}{0,2749} = 9,05\% > 2,5\%$$

($d_{22} \leq 0,7$ mm)

Dacă:

$$d_{22\text{ROT}} = 0,28 \text{ mm}$$

Pt. d_4 :

$$\frac{d_4 - d_{4\text{int}}}{d_3} = \frac{0,1932 - 0,18}{0,1932} = 7,33\% < 2,5\%$$

($d_{23} \leq 0,7$ mm)

Dacă:

$$d_{23\text{ROT}} = 0,2 \text{ mm}$$

i) Calculăm aria ocupată de înășurarea primară, $A_1 [\text{cm}^2]$, respectiv înășurarea secundară, $A_2 [\text{m}^2]$:

$$A_1 [\text{cm}^2] = \frac{n_1}{c_1} - \text{Aria primară cu izolație între straturi}$$

$$A_1' [\text{cm}^2] = \frac{n_1}{c_2} - \text{Aria primară fără izolație între straturi}$$

$$A_2 [\text{cm}^2] = \sum_{k=1}^3 \frac{n_{2k}}{c_1} - \text{Aria secundară cu izolație între straturi}$$

$$A_2' [\text{cm}^2] = \sum_{k=1}^3 \frac{n_{2k}}{c_2} - \text{Aria secundară fără izolație între straturi}$$

$$A_1 [\text{cm}^2] = \frac{493}{277} = 1,779 \text{ cm}^2$$

$$A_1' [\text{cm}^2] = \frac{493}{371} = 1,328 \text{ cm}^2$$

$$A_2 [\text{cm}^2] = \frac{65}{65} + \frac{84}{813} + \frac{789}{1465} = 1,6418 \text{ cm}^2$$

$$A_2' [\text{cm}^2] = \frac{65}{75} + \frac{84}{925} + \frac{789}{1715} = 1,4175 \text{ cm}^2$$

j) Calculăm aria totală ocupată de înșinurări
 $A_t \text{ [cm}^2\text{]} :$

$$A_t \text{ [cm}^2\text{]} = A_1 \text{ [cm}^2\text{]} + A_2 \text{ [cm}^2\text{]} - \text{aria totală} \\ \text{în izolare}$$

$$A'_t \text{ [cm}^2\text{]} = A'_1 \text{ [cm}^2\text{]} + A'_2 \text{ [cm}^2\text{]} - \text{aria totală} \\ \text{fără izolare}$$

$$A_t \text{ [cm}^2\text{]} = 1,779 + 1,6418 = 3,4208 \text{ cm}^2$$

$$A'_t \text{ [cm}^2\text{]} = 1,328 + 1,4175 = 2,7455 \text{ cm}^2$$

k) Se dimensionează tabă necesară, respectiv se opătă mărimea parametrului $a \text{ [mm]}$, pentru un factor de umplere optim $\gamma_0 = 0,7$:

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

$$a' \text{ [mm]} = \sqrt{\frac{A'_t \text{ [cm}^2\text{]}}{0,03 \cdot 0,7}} = 6,9 \sqrt{A'_t \text{ [cm}^2\text{]}} - \text{casul} \\ \text{fără izolare}$$

$$a \text{ [mm]} = 6,9 \sqrt{3,4208} = 12,761 \text{ mm}$$

$$a' \text{ [mm]} = 6,9 \sqrt{2,7455} = 11,432 \text{ mm}$$

Pt. izolat: E12,5 este cea mai optimă alegere.

$$V_{st} = \frac{A_t [\text{m}^2]}{0,03 \cdot a_{st}^2 [\text{mm}]} = \frac{3,4208}{0,03 \cdot 156,25} = 0,7296 [0,65 \div 0,70]$$

Pt. neizolat: E12 este cea mai optimă alegere:

$$V'_{st} = \frac{A'_t [\text{m}^2]}{0,03 \cdot a'_{st}^2 [\text{mm}]} = \frac{2,7355}{0,03 \cdot 144} \approx 0,656 [0,65 \div 0,70]$$

d) Se calculează grosimea pachetului de trame
b [mm], în trei standardiză:

$$b [\text{mm}] = \frac{S_{Fe} [\text{mm}^2]}{0,02 \cdot a_{st} [\text{mm}]} - \text{izolat}$$

$$b' [\text{mm}] = \frac{S_{Fe} [\text{mm}^2]}{0,02 \cdot a'_{st} [\text{mm}]} - \text{neizolat}$$

$$b [\text{mm}] = \frac{8,919}{0,02 \cdot 12,5} = 35,676 \text{ mm}$$

$$b' [\text{mm}] = \frac{8,919}{0,02 \cdot 12} = 37,1625 \text{ mm}$$

m) Evaluăm nr. de tale necesar, N funcție de grosimea acurata ($g_1 = 0,35 \text{ mm}$, $g_2 = 0,5 \text{ mm}$):

$$N[\text{tale}] = \frac{l[\text{mm}]}{g_{1,2}[\text{mm}]} - \text{izolat}$$

$$N'[\text{tale}] = \frac{l'[\text{mm}]}{g_{1,2}[\text{mm}]} - \text{neizolat}$$

$$N_{g_1}[\text{tale}] = \frac{35,676}{0,35} = 101,93 \stackrel{\text{ROT.}}{=} 102 \text{ tale de grosime } g_1$$

$$N_{g_2}[\text{tale}] = \frac{35,676}{0,5} = 71,352 \stackrel{\text{ROT.}}{=} 72 \text{ tale de grosime } g_2$$

$$N'_{g_1}[\text{tale}] = \frac{37,1625}{0,35} = 106,178 \stackrel{\text{ROT.}}{=} 107 \text{ tale de grosime } g_1$$

$$N'_{g_2}[\text{tale}] = \frac{37,1625}{0,5} = 74,325 \stackrel{\text{ROT.}}{=} 75 \text{ tale de grosime } g_2$$

Capitolul III: Instructiuni, desene, schite si detaliu tehnologice de executie

Din punct de vedere constructiv, un transformator de retea de mică putere prezintă următoarele componente principale: carcasa izolațională, bobină, mărz feromagnetic, sistem de strângere a mărzelui și de fixare al transformatorului de pe baza aparatului electronic.

Etapile tehnologice se trbuie urmate în realizarea unui transformator de retea monofazic de mică putere sunt:

- obținerea tabletelor: tabletă de fierbiliar primă stăngată în matrice
- tratamentul termic al tabletelor stăngătate, adică recădere la temperaturi $\approx 350^\circ\text{C}$, urmată de răcire lento
- realizarea carcsei prin injecție de material plastic în matrice
- deslinărarea infășurărilor cu ajutorul unor apărute de trăsinață autamante sau semiautamante
- introducerea tabletelor în carcăsă
- strângerea mărzelui magnetic
- impregnarea transformatorului prin imersie
- controlul tehnic de calitate.

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

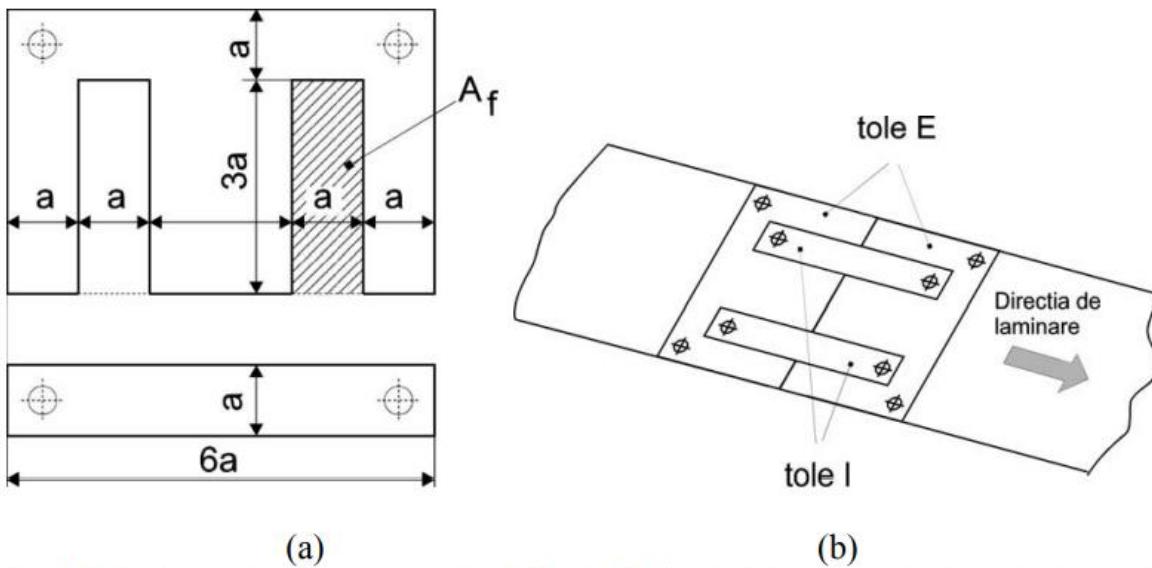


Fig. A6.2 (a) Dimensiunile caracteristice tolei standardizate de tip economic; A_f - aria ferestrei tolei; (b) Obținerea tolelor economice.

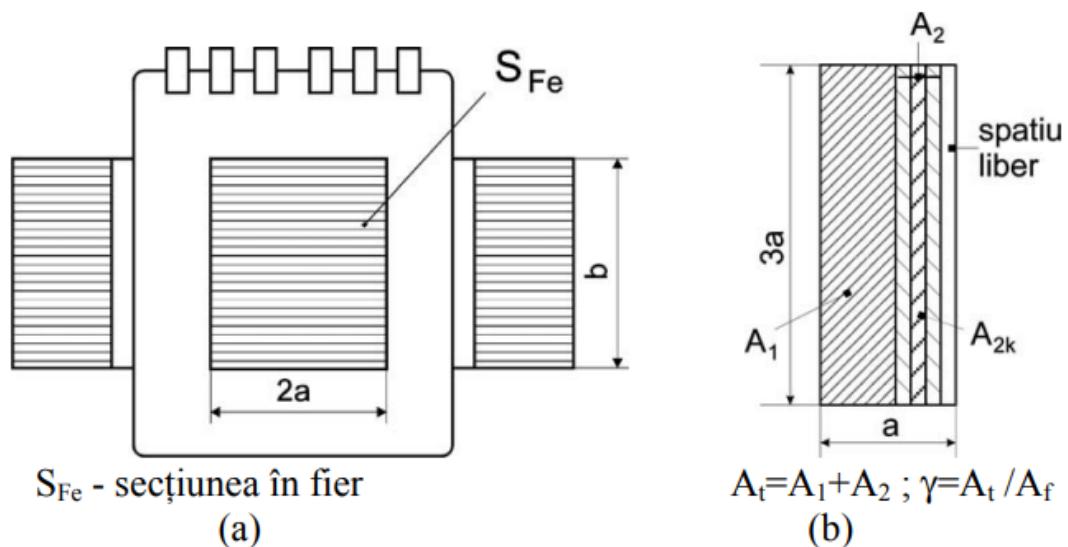


Fig. A6.3 (a) Secțiune transversală printr-un transformator de rețea;
(b) Repartizarea spațiului în fereastra tolei.

Bibliografie

- Platforma suport procurata de pe platforma Moodle
- https://www.youtube.com/watch?v=muUwe8X51oY&ab_channel=FesZElectronics
- <http://www.ikes.16mb.com/pict/transformer/transformer.html>
- <https://www.allaboutcircuits.com/uploads/articles/laminated-iron-core.jpg>
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/capac.html>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor>
- https://en.wikipedia.org/wiki/RC_circuit
- <https://www.orcad.com/>
- <https://ro.farnell.com/>
- <https://ro.mouser.com/>
- <https://www.youtube.com/@MathAndScience>

Concluzii

Transformatorul de retea monofasic de mică putere este o componentă prezentă în aproape toate tipurile de scheme de alimentare și sunt necesare pentru obținerea tensiunilor alternative.

Acest proiect m-a făcut să explorez complexitatea proiectării unei asemenea dispozitive, de la procedele tehnice ce se petrec în timpul fabricării, la totă teoria electronistică din spatele funcționării acestuia, la nivelul de detaliu care se cere pentru optimă descurgere a procesului de fabricare și pentru asigurarea calității produsului final.

În finalizarea acestui proiect, simt că am mai făcut un mic pas pe drumul infinit către a deveni un inginer bun și, în vîndor multor momente în care am fost confuz lezat de anumite aspecte teoretice, am reușit într-un final să găsească placere în a mă documenta și a lucra în diferite mediu de învățare pentru realizarea dânsului.

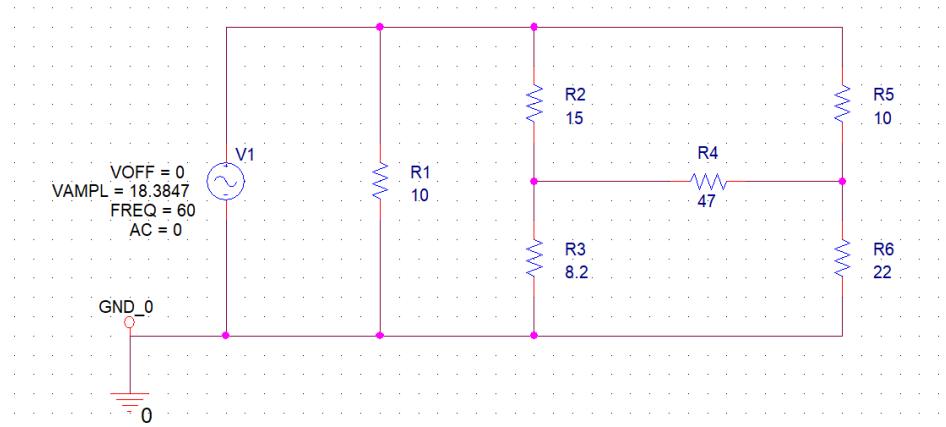
Nr. Crt.	Reference Designator, RefDes (referință componentă în schemă, nume PCB)	Nume/cod/număr/valoare componentă în schemă (part name/code/number /value)	Clasă	Descriere	Catalog, pagină sau link Internet	Distribuitor (in Romania)	Cod componentă (din catalog sau din pagina distribuitorului din RO)	Nume componentă (la producător)	Producător	Cantitate	Cantitate minima	Pret unitar (Lei fără TVA)	Pret articol (Lei fără TVA)
1	R1	10 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 10 ohm, RTO, 20 W, ± 5%, TO-220, 250 V	https://ro.farnell.com/v	Farnell România https://ro.farnell.com/	1140201	RTO020F10R00JTE3	VISHAY	1	1	57.2	57.2
2	R2	15 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 15 ohm, AC, 5 W, ± 5%, Axial Leaded	https://ro.farnell.com/v	Farnell România https://ro.farnell.com/	1735132	AC05000001509JAC00	VISHAY	1	1	4.6	4.6
3	R3	8.2 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 8.2 ohm, MCKNP, 5 W, ± 5%, Axial Leaded	https://ro.farnell.com/n	Farnell România https://ro.farnell.com/	1903915	MCKNP05SJ082JAA9	MULTICOMP PRO	1	1	2.46	2.46
4	R4	47 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 47 ohm, MRS16, 400 mW, ± 1%, Axial Leaded, 200 V	https://ro.farnell.com/v	Farnell România https://ro.farnell.com/	3547116	MRS16000C4709FCT00	VISHAY	1	10	0.98	9.8
5	R5	10 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 10 ohm, ROX, 3 W, ± 5%, Axial Leaded, 350 V	https://ro.farnell.com/n	Farnell România https://ro.farnell.com/	1738662	ROX3SJ10R	NEOHM - TE CONNECTIVITY	1	1	0.4	0.4
6	R6	22 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 22 ohm, MCKNP, 5 W, ± 5%, Axial Leaded	https://ro.farnell.com/n	Farnell România https://ro.farnell.com/	1903921	MCKNP05SJ0220AA9	MULTICOMP PRO	1	1	2.64	2.64
7	R7	39 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 39 ohm, ROX, 2 W, ± 5%, Axial Leaded, 350 V	https://ro.farnell.com/n	Farnell România https://ro.farnell.com/	1738619	ROX2SJ39R	NEOHM - TE CONNECTIVITY	1	1	1.45	1.45
8	R8	390 Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 390 ohm, AC, 5 W, ± 5%, Axial Leaded	https://ro.farnell.com/v	Farnell România https://ro.farnell.com/	1735151	AC05000003900JAC00	VISHAY	1	1	4.6	4.6
9	Rth	60 Ω at 25° C	rezistor	NTC Thermistors ICL family, 60 ohm, 1 lead, 9 mm size, 3150 Beta, J Beta Tol., B1 Beta Def.	https://ro.mouser.com/t	Mouser Electronics România https://ro.mouser.com/	504-ICL601D09MIB	ICL601D09MIB	Bussmann / Eaton	1	1	0.89	0.89
10	C1	1.5 µF	condensator	General Purpose Film Capacitor, Metallized PET, Radial Box - 2 Pin, 1.5 µF, ± 10%, 220 V, 630 V	https://ro.farnell.com/k	Farnell România https://ro.farnell.com/	2808226	F611DY155K630ZLH0J	KEMET	1	1	8.3	8.3

ANEXA 1: BILL OF MATERIALS (BOM)

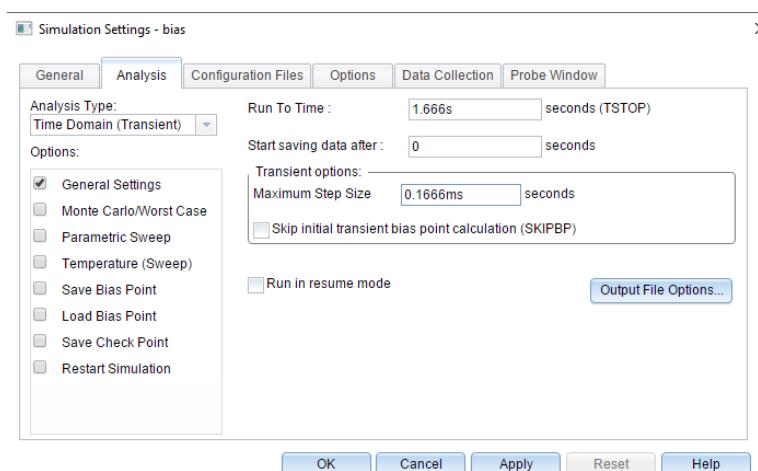
ANEXA 2: SIMULAREA CIRCUITELOR REZISTIVE IN PSPICE PENTRU VERIFICAREA CALCULELOR CURENTILOR SI ALE PUTERILOR

In aceasta anexa vom arata simularea celor 3 circuite rezistive in aplicatia PSpice, folosind Capture CIS pentru construirea circuitelor. Toate circuitele au fost simulate cu o sursa de VSin (curent alternativ monofazat), iar pentru fiecare dintre masuratori am analizat graficul functiei RMS (Root Mean Square) pe un numar suficient de mare de perioade pentru obtinerea unui rezultat cat se poate de corect.

Circuitul rezistiv 1:

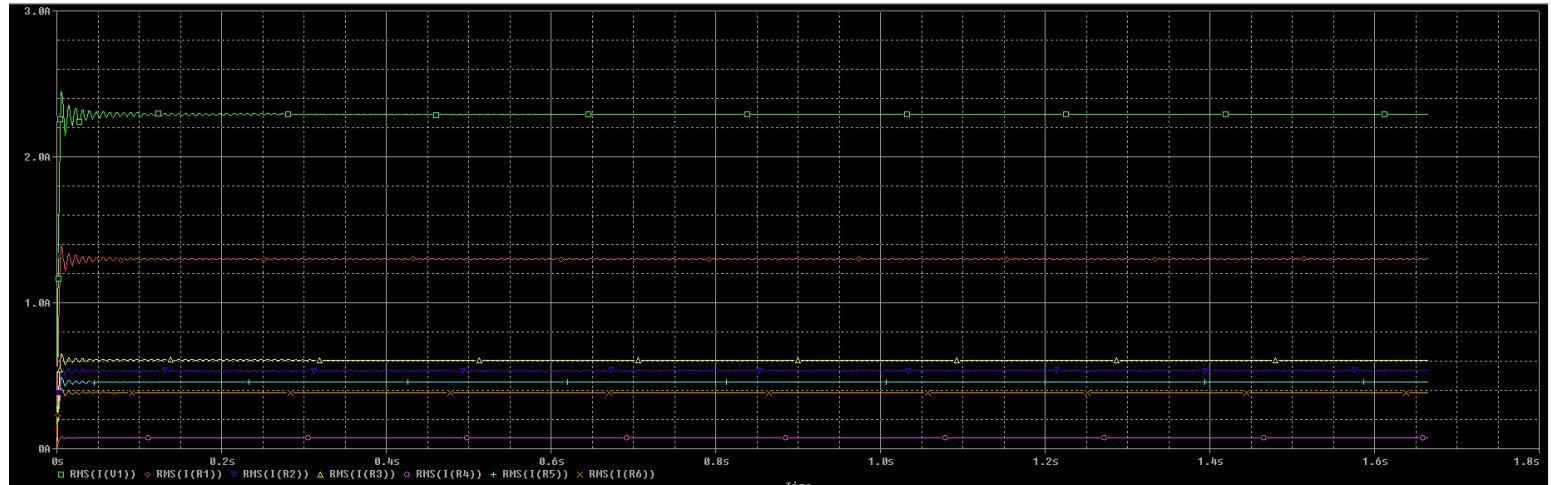


Aceasta este figura CR1. Rezistentele sunt cele din tabel, frecventa este aceea din tabel, parametrii VOFF respectiv AC ai generatorului sunt trecuti pe 0, iar $VAMPL = U21 * \sqrt{2}$ (VAMPL este amplitudinea, U21 este valoarea efectiva). Datele de simulare sunt cele de mai jos (vom face o simulare de tip Time Domain).



Perioada semnalului meu este $1/T = 0.0166$ s, deci noi vom avea 100 de perioade afisate, si 100 de esantioane pentru fiecare perioada (pentru acuratete).

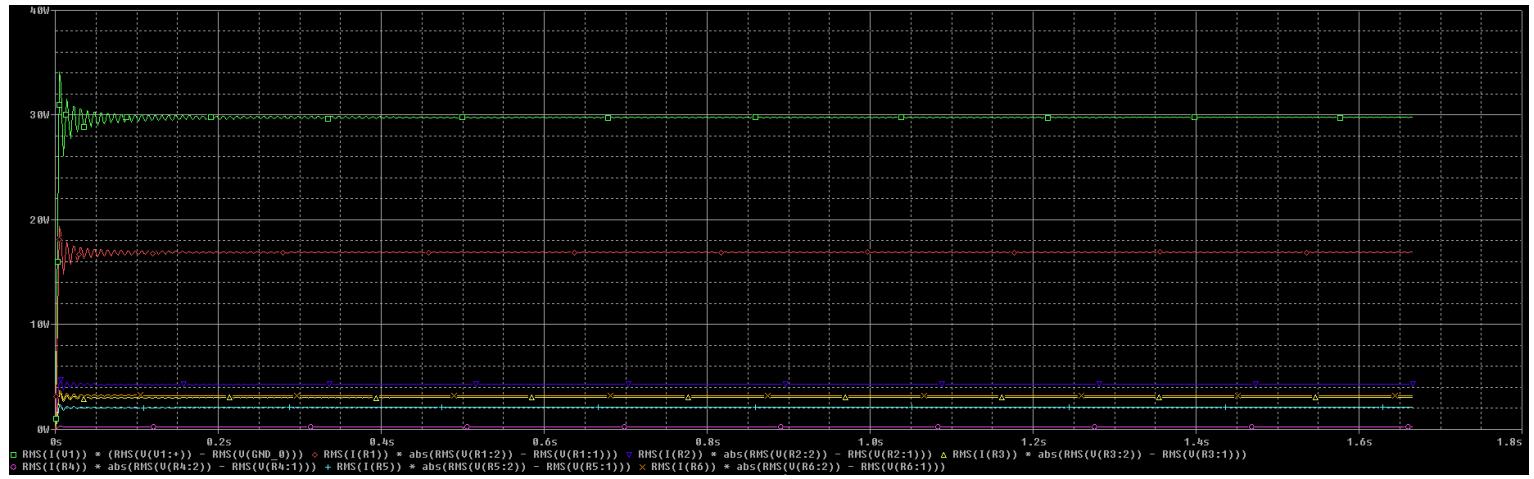
Prima data vom afisa curentii prin cei 6 rezistori:



Folosind un cursor, observam valorile:

CURSOR 1,2	RMS(I(V1))	2.2918
	RMS(I(R1))	1.3004
	RMS(I(R2))	534.552m
	RMS(I(R3))	607.957m
	RMS(I(R4))	73.405m
	RMS(I(R5))	456.826m
	RMS(I(R6))	383.421m

Acstea valori se aliniaza exact (la precizie de 4 zecimale) cu cele calculate in referat. Acum puterile:



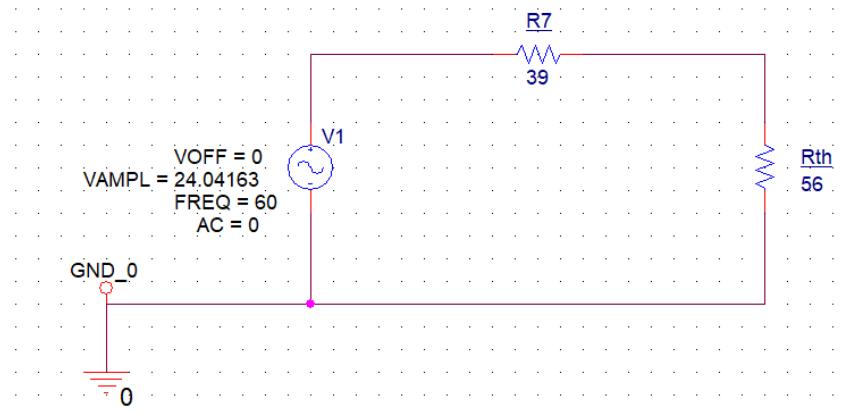
Folosind un cursor, observam valorile:

CURSOR 1,2	RMS(I(V1)) * (RMS(V(V1:+)) - RMS(V(GND_0)))	29.802
	RMS(I(R1)) * abs(RMS(V(R1:2)) - RMS(V(R1:1)))	16.908
	RMS(I(R2)) * abs(RMS(V(R2:2)) - RMS(V(R2:1)))	4.2859
	RMS(I(R3)) * abs(RMS(V(R3:2)) - RMS(V(R3:1)))	3.0306
	RMS(I(R4)) * abs(RMS(V(R4:2)) - RMS(V(R4:1)))	253.230m
	RMS(I(R5)) * abs(RMS(V(R5:2)) - RMS(V(R5:1)))	2.0868
	RMS(I(R6)) * abs(RMS(V(R6:2)) - RMS(V(R6:1)))	3.2340

Valorile, din nou, se verifică cu cele din referat cu o precizie de cel puțin 3 zecimale.

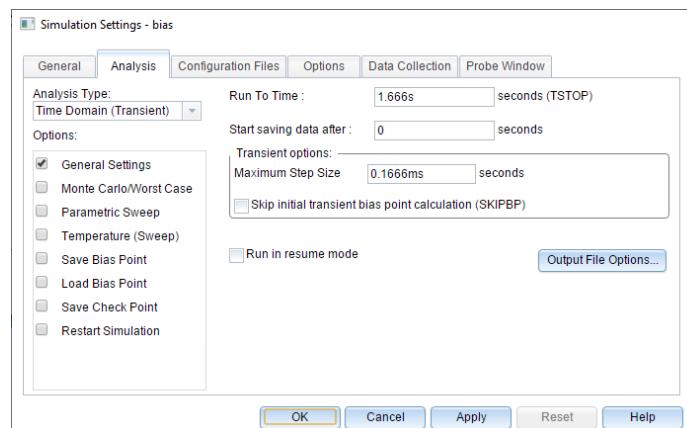
NB: Cursorii au fost pusi în ambele cazuri la limita dreaptă a graficului pentru a simula, oarecum, "limita" funcției RMS.

Circuitul rezistiv 2:

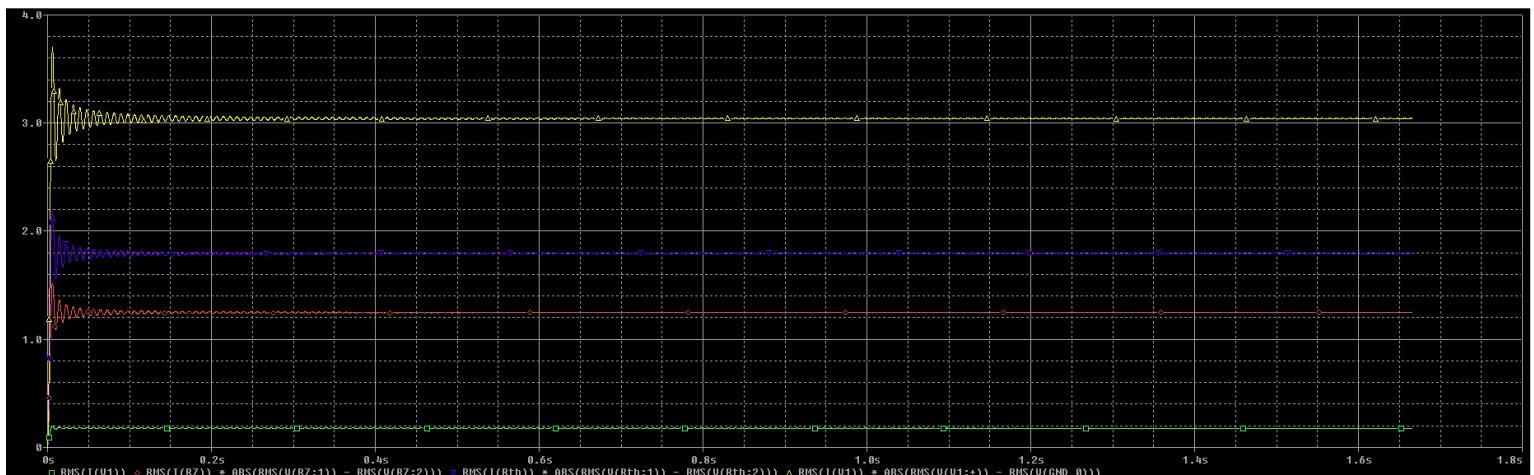


La fel ca la circuitul anterior, mai sus este schema circuitului iar mai jos sunt datele simulării.

NB: Deoarece circuitul funcționează la 25°C , termistorul se transformă într-un simplu rezistor liniar ce are rezistența electrică notată în tabel.



Deoarece avem doar 2 rezistori si un curent, putem pune pe acelasi grafic toate cele 3 simulari:



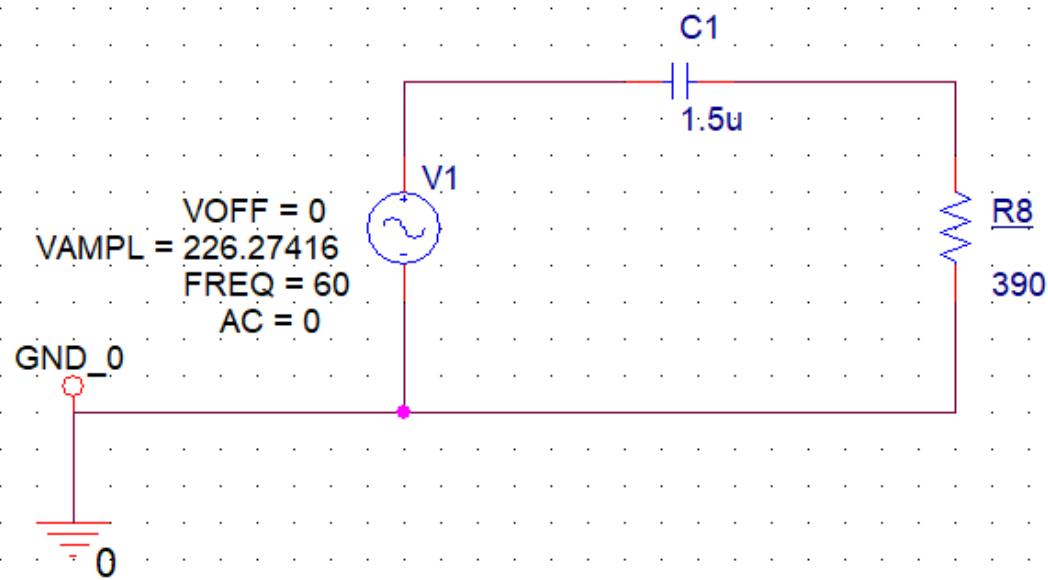
Folosind, in aceeasi maniera, un cursor:

CURSOR 1,2	RMS(I(V1))	178.986m
	RMS(I(R7)) * ABS(RMS(V(R7:1)) - RMS(V(R7:2)))	1.2494
	RMS(I(Rth)) * ABS(RMS(V(Rth:1)) - RMS(V(Rth:2)))	1.7940
	RMS(I(V1)) * ABS(RMS(V(V1:+)) - RMS(V(GND_0)))	3.0434

Bineintelese, valorile din nou se verifica cu o precizie ridicata.

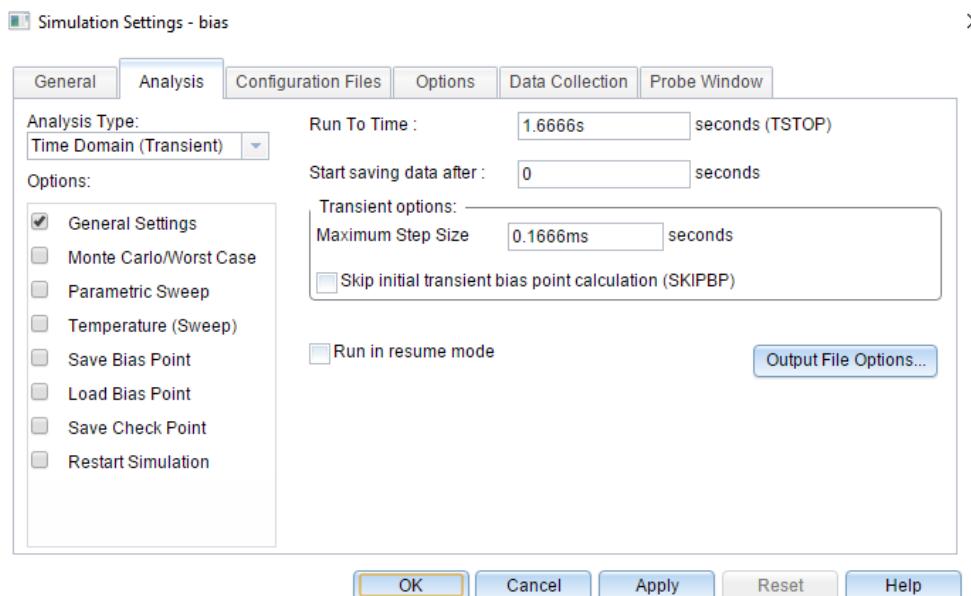
NB: Se poate observa ca toate puterile au fost calculate ca $\text{RMS}(I) * \text{RMS}(U)$. Evitam folosirea comenzi $\text{RMS}(W)$ deoarece operatorul RMS nu este liniar, deci $\text{RMS}(a*b) \neq \text{RMS}(a) * \text{RMS}(b)$.

Circuitul rezistiv 3:

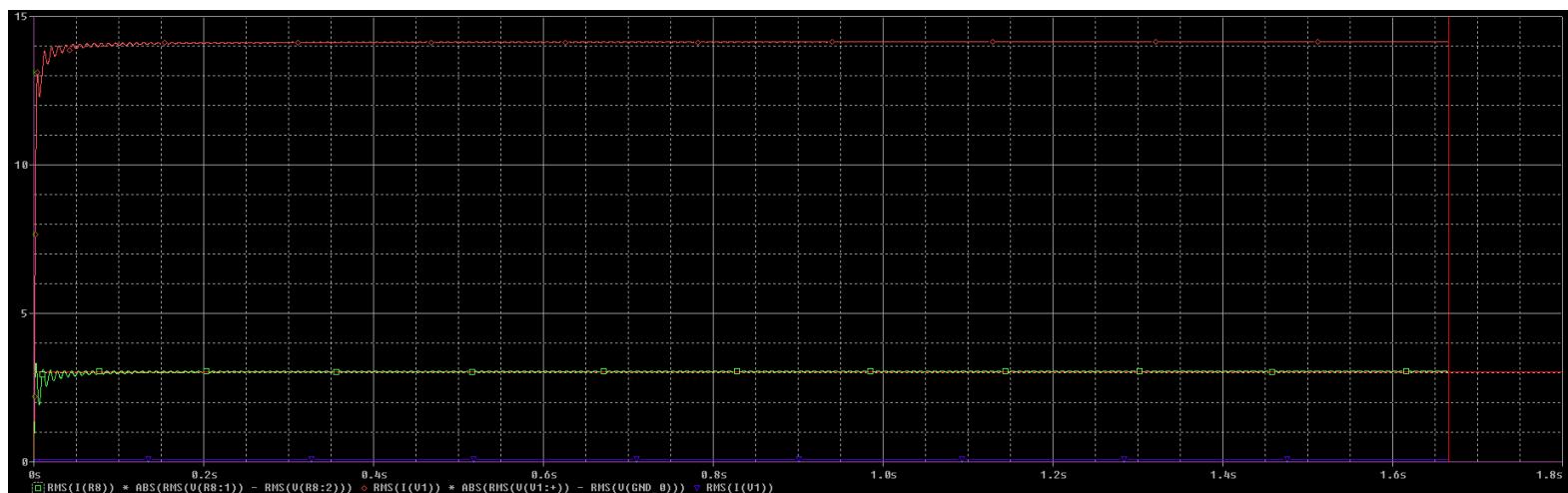


Observand schema acestui circuit, ne dam seama ca avem de a face cu un circuit RC. Acest fapt complica putin lucrurile, deoarece, pe cand circuitele 1 si 2 puteau fi simulate la fel de bine si cu o sursa de curent direct ce ar fi avut tensiunea egala cu Uef, aici nu mai este cazul din cauza condensatorului, componenta ce nu se comporta la fel in AC si DC, de asemenea componenta ce are un regim tranzitoriu (de incarcare) ce trebuie luat in considerare.

Din fericire, PSpice-ul nu are probleme in simularea acestui circuit, treaba noastra ramanand practic aceeasi. Avem aceleasi date de simulare:



Graficele arata asa:



...iar valorile, folosind cursori:

CURSOR 1,2	RMS(I(R8)) * ABS(RMS(V(R8:1)) - RMS(V(R8:2)))	3.0425
	RMS(I(V1)) * ABS(RMS(V(V1:+)) - RMS(V(GND_0)))	14.135
	RMS(I(V1))	88.324m

... din nou, se verifica cu cele din referat.

GREAT SUCCESS!