

Proiect
Componente și Circuite Pasive

Circuit rezistiv alimentat printr-un transformator de mică putere

Roncea Teodor-Virgil

Grupa 423B

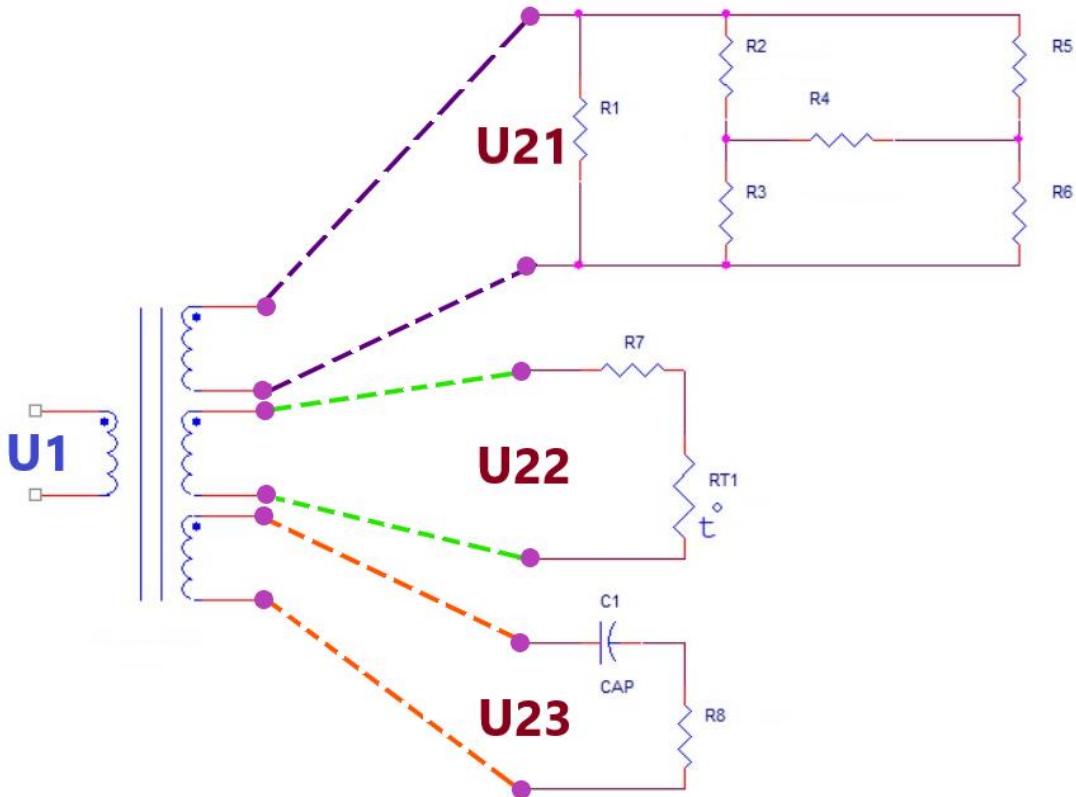
Date initiale de proiectare:

Se va proiecta un transformator de mică putere care va avea 3 înfăşurări secundare ce vor alimenta 3 rețele rezistive diferite. Transformatorul va avea următoarea configurație: tensiune eficace de alimentare a înfăşurării primare este $U_1 = 230V$, la o frecvență de $50Hz$.

Cele 3 înfăşurări secundare vor alimenta 3 rețele cu următoarele configurații:

- Secundarul 1** cu tensiunea eficace $U_{21} = 8V$ și va alimenta o rețea rezistivă. Rezistoarele incluse în rețea funcționează într-un mediu de lucru cu temperaturi cuprinse între $T_{min} = 20^\circ C$ și $T_{max} = 80^\circ C$
- Secundarul 2** cu tensiunea eficace $U_{22} = 14V$ și va alimenta o rețea rezistivă formată dintr-un rezistor liniar și un termistor de tip NTC cu parametrul $B = 3000K$ și $R_{th} = 20\Omega$. Rețeaua rezistivă funcționează la o temperatură $T_{ambient} = 25^\circ C$
- Secundarul 3** cu tensiunea eficace $U_{23} = 170V$ și va alimenta o rețea formată dintr-un rezistor de rezistență $R_8 = 1k\Omega$ și un condensator cu capacitatea $C = 1\mu F$, folosit pentru a reduce tensiunea.

Figura de mai jos prezintă schematic componentele ansamblului vizat de această lucrare:



REZUMATUL PROIECTULUI

Aceasta lucrare descrie procesul de realizare al unui transformator monofazat de mică putere.

Transformatorul nostru este unul bobotator, de retea, acenție bobând tensiunea $U_1 = 230V$ din primar la valori rezonabile pentru circuitele la care este conectat.

Transformatorul este un dispozitiv electric destinaț transforțării eficient de energie sau putere între două inductoare, piesele următoarele care se minimiza. Cei doi inductori ai transformatorului sunt bobinati pe miezului acenția, constituit din tole de ferro-siliciu. Tensiunea de pe secundar poate să fie mai mare sau mai mică decât tensiunea de pe primar.

Etapele pe care le urmărim pentru a realiza transformatorul sunt:

- Calculul curentilor, tensiunilor și puterilor de pe circuitele secundare
- Alegerea componentelor passive conform puterilor tolerabile
- Dimensionarea transformatorului conform rezultatelor obținute în etapele anterioare

SUMMARY OF THE PAPER

The present paper describes the design process of a low-power single-phase transformer.

The transformer we'll be designing is a Step-Down Transformer intended to be used in networks of multiple circuits with different intake voltages.

The transformer is an electric device used for efficiently transporting power and/or energy from the primary circuit to the secondary circuit.

The four inductors present in the transformer are wound around the ferrosilicate core and are made out of coils of different diameter copper conductors.

The steps we must follow in our "transformative" pursuit are the ones listed below:

- The determination of the currents, voltages and powers present in the secondary circuit -
- Choosing the right passive components, according to their nominal values and expected power rating.
- Determining the dimensions of the transformer and the winding wires of the inductive windings.

CUPRINS:

Date iniciale de proiectare	2
Rezumatul proiectului	3
Rezumatul proiectului in engleza	4
Cuprins	5
<u>CAPITOLUL 1. INTRODUCERE</u>	6
<u>CAPITOLUL 2. CALCULUL SI DIMENSIONAREA ANSAMBLULUI</u>	8
2-1. Calculul curentilor si a puterilor dissipate in rezistențele retelei	8
2-2. Alegerea rezistorilor, pe baza valoriilor nominale si a puterii dissipate	15
2-3. Realizarea tabelului de componente (BOM)	16
2-4. Dimensionarea transformatorului	17
<u>CAPITOLUL 3. VERIFICAREA CALCULELOR CU AJUTORUL SIMULATORULUI</u>	21
3.1. Verificarea cu MATLAB a calculelor associate retelelor resistive	22
3.2. Simularea cuplajului dintre primul secundar si primulul transformatorului	28
3.3. Simularea Filtruului Trece-Sus RC	32
3.4. Capturi de ecran din simulator	34
<u>CAPITOLUL 4. DETALII TEHN. DE EXECUTIE SI SCHITE</u>	37
Bibliografie	41
Concluzii personale	42

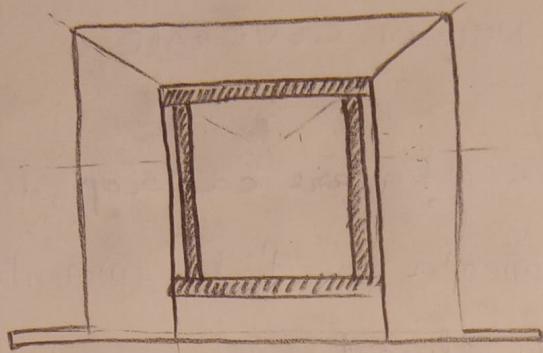
INTRODUCERE: NOTIUNI GENERALE

Transformatorul de retea monofazat, de mică putere, este o componentă esențială, prezentă în numeroase scheme de alimentare a aparaturii electronice de tip stationar. El este destinat să modifice valoarea tensiunii și a curentului, de la nivelul oferit de rețeaua circuitului primar, la nivelul sau nivalele necesare în circuitul său secundar.

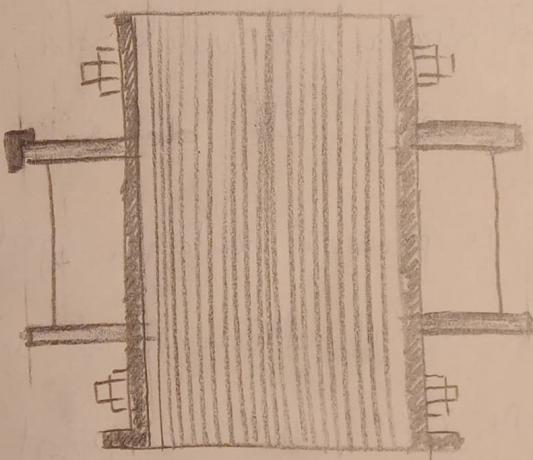
Transformatorul oferă în plus și izolarea galvanică față de rețeaua de curenți alternativi, a sarcinii aparatului electronic în care este incorporat, asigurând electrosecuritatea persoanelor care îl manipulează.

D.p.d.v. constructu, un transformator de retea de mică putere, prezintă următoarele componente principale:

- carcăna electroizolantă
- bobinaj
- miez feromagnetic
- sistem de strângere a miezului feromagnetic și de fixare a transformatorului de pe zăcul aparatului electronic.



Transformator de retea asamblat
cu manta

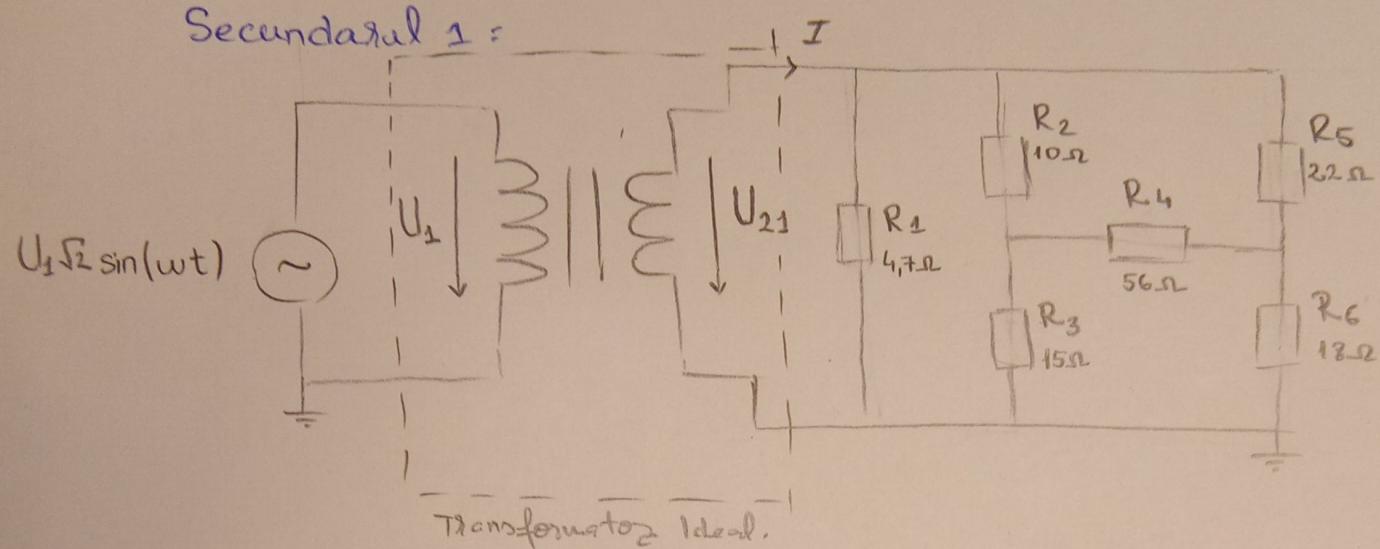


Transformator de retea cu prefoane.

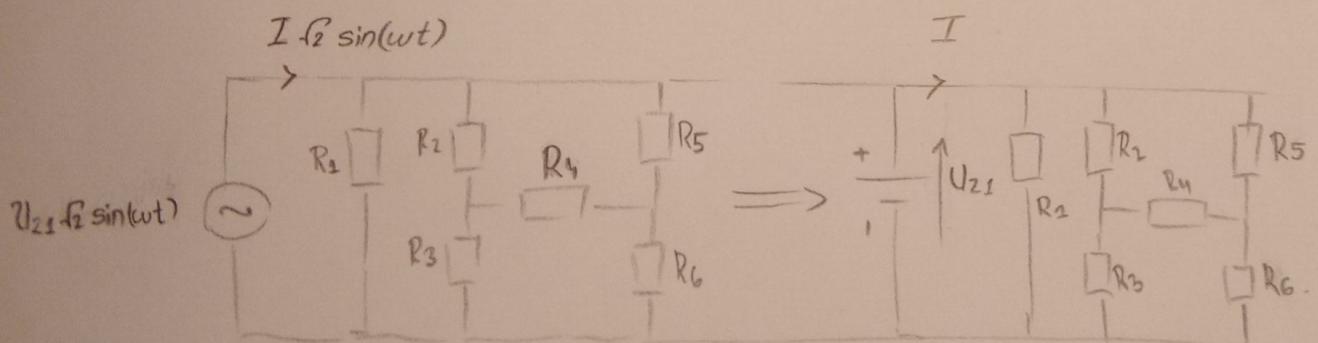
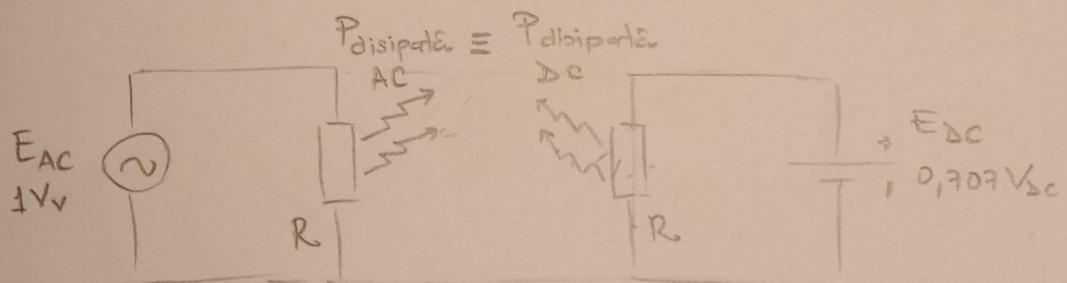
CAPITOLUL 2. CALCULUL și DIMENSIONAREA ANSAMBLULUI

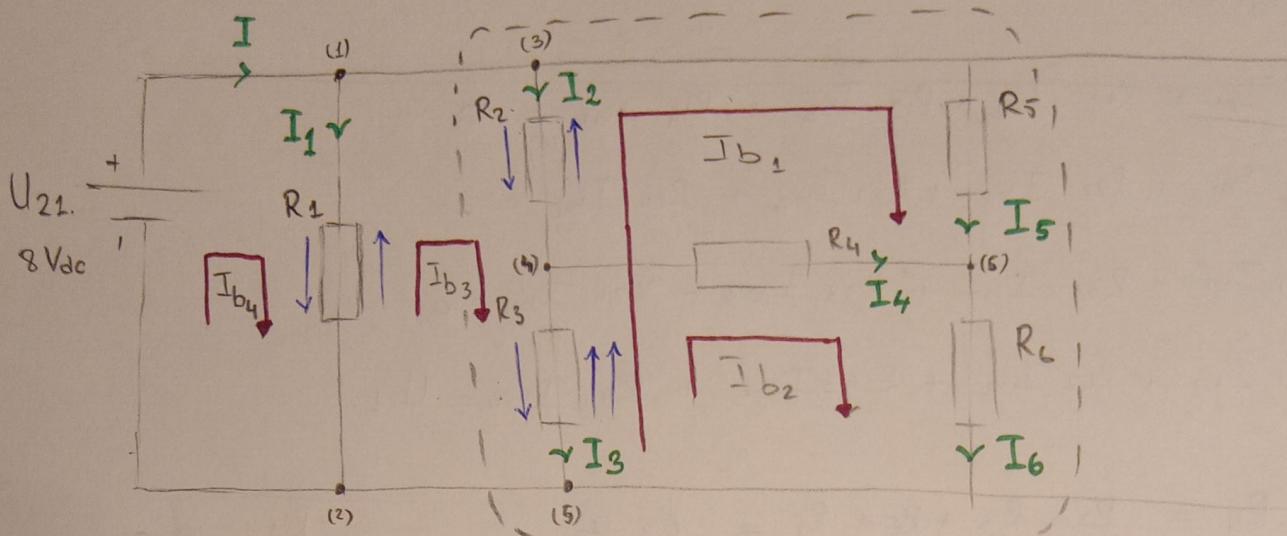
2.1. Calculul curentilor și al puterilor dissipate

Secundarul 1:



Ne interesează calculul puterilor medii, deci curenti și tensiunile pe care le vom determina vor fi efective, lăsând exemplificat mai jos.





$$R_1 = 4,7 \Omega ; R_2 = 10 \Omega ; R_3 = 15 \Omega ; R_4 = 56 \Omega ; R_5 = 22 \Omega ; R_6 = 18 \Omega$$

Puteți observa foarte clar că subcircuitul evidențiat este o Punte Wheatstone dezechilibrată, adică pe latura ce conține rezistorul R_4 există un mic curent de ordinul zecilor de milivolti, detectabil cu un galvanometru.

Circuitul nostru prezintă: $l = 6$, $n = 6$

Pentru a determina valoarea curentilor vom utiliza Metoda Curentilor de Bucle, cum am indicat și în schema de mai sus.

Vom avea $\alpha = l - n + 1 = 4$ bucle și curenti de buclă asociati.

I_{b1} , I_{b2} , I_{b3} și I_{b4} vor fi soluțiile unice ale unui circuit liniar omogen, determinat astfel:

$$(R_{ij}) \cdot \begin{pmatrix} I_{b1} \\ I_{b2} \\ I_{b3} \\ I_{b4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ U_{21} \end{pmatrix} ; R_{ij} = R_{ji} \text{ și } i, j = 1 \dots 4$$

R_{ij} cu $i \neq j$ reprezintă rezistențele afilate la intersecția curentilor de buclă I_{bi} și I_{bj} , iar R_{ii} reprezintă suma tuturor rezistențelor de pe o buclă B_i .

Sistemul :

$$B_1: R_{11} I_{b1} + R_{12} I_{b2} + R_{13} I_{b3} + R_{14} I_{b4} = 0$$

$$B_2: R_{21} I_{b1} + R_{22} I_{b2} + R_{23} I_{b3} + R_{24} I_{b4} = 0$$

$$B_3: R_{31} I_{b1} + R_{32} I_{b2} + R_{33} I_{b3} + R_{34} I_{b4} = 0$$

$$B_4: R_{41} I_{b1} + R_{42} I_{b2} + R_{43} I_{b3} + R_{44} I_{b4} = U_{21}$$

$$R_{11} = R_2 + R_3 + R_6 + R_5 = 65 \Omega$$

$$R_{22} = R_6 + R_3 + R_4 = 89 \Omega$$

$$R_{33} = R_1 + R_2 + R_3 = 29,7 \Omega$$

$$R_{44} = R_1 = 4,7 \Omega$$

$$R_{12} = R_{21} = R_6 + R_3 = 33 \Omega$$

$$R_{13} = R_{31} = -R_2 - R_3 = -25 \Omega$$

$$R_{14} = R_{41} = 0 \Omega$$

$$R_{24} = R_{42} = 0 \Omega$$

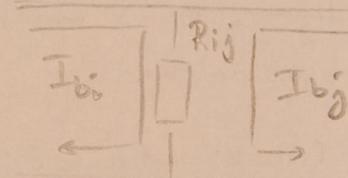
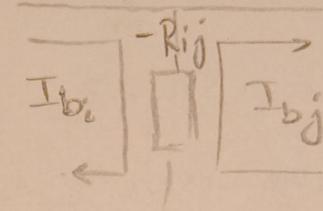
$$R_{34} = R_{43} = -R_1 = -4,7 \Omega$$

$$R_{23} = R_{32} = -R_3 = -15 \Omega$$

Sistemul obținut este unul omogen determinat și poate să fie rezolvat cu Metoda lui Cramer.

$$A: \text{not. } (R_{ij}) = \begin{pmatrix} 65 & 33 & -25 & 0 \\ 33 & 89 & -15 & 0 \\ -25 & -15 & 29,7 & -4,7 \\ 0 & 0 & -4,7 & 4,7 \end{pmatrix} \text{ și } B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 8 \end{pmatrix}$$

$$\Delta = \det(A) = \text{calc.} = 337930$$



Exemplificare alegerile zemnului coefficientului.

$$\Delta_1 = \det(B_{i1} | R_{i2} | R_{i3} | R_{i4}) =$$

$$= \begin{vmatrix} 0 & 33 & -25 & 0 \\ 0 & 89 & -15 & 0 \\ 0 & -15 & -29,7 & -4,7 \\ 8 & 0 & -4,7 & 4,7 \end{vmatrix} = 65048$$

$$\Delta_2 = \det(R_{i1} | B_{i1} | R_{i3} | R_{i4}) =$$

$$= \begin{vmatrix} 65 & 0 & -25 & 0 \\ 33 & 0 & -15 & 0 \\ -25 & 0 & 29,7 & -4,7 \\ 0 & 8 & -4,7 & 4,7 \end{vmatrix} = 5640$$

$$\Delta_3 = \det(R_{i1} | R_{i2} | B_{i1} | R_{i4}) =$$

$$= \begin{vmatrix} 65 & 33 & 0 & 0 \\ 33 & 89 & 0 & 0 \\ -25 & -15 & 0 & -4,7 \\ 0 & 0 & 8 & 4,7 \end{vmatrix} = \frac{882848}{5}$$

$$\Delta_4 = \det(R_{i1} | R_{i2} | R_{i3} | B_{i1})$$

$$= \begin{vmatrix} 65 & 33 & -25 & 0 \\ 33 & 89 & -15 & 0 \\ -25 & -15 & 29,7 & 0 \\ 0 & 0 & -4,7 & 8 \end{vmatrix} = \frac{3758848}{5}$$

$$I_{b1} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 0,1925 \text{ A} \quad I_{b3} = 0,5225 \text{ A}$$

$$I_{b2} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 0,0167 \text{ A} \quad I_{b4} = 2,2246 \text{ A}$$

$$I = I_{b4} = 2,224 \text{ A}$$

$$I_1 = I_{b4} - I_{b3} = 1,702 \text{ A}$$

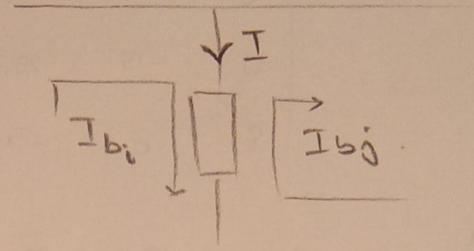
$$I_2 = I_{b3} - I_{b1} = 0,330 \text{ A}$$

$$I_3 = I_{b3} - I_{b2} - I_{b1} = 0,313 \text{ A}$$

$$I_4 = I_{b2} = 0,0166 \text{ A}$$

$$I_5 = I_{b1} = 0,192 \text{ A}$$

$$I_6 = I_{b1} + I_{b2} = 0,208 \text{ A}$$



$$I = I_{b1} - I_{b5}$$

Calculam Voltajele si Puterile pe fiecare rezistor.

$$U_1 = R_1 I_1 = 8 \text{ V} \quad P_1 = R_1 I_1^2 = 13,617 \text{ W}$$

$$U_2 = R_2 I_2 = 3,3 \text{ V} \quad P_2 = R_2 I_2^2 = 1,089 \text{ W}$$

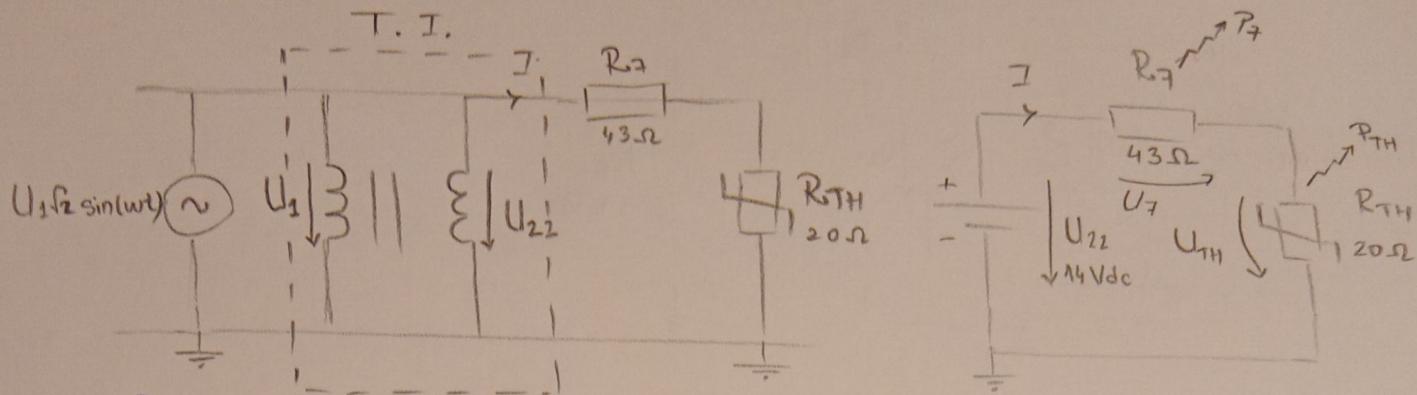
$$U_3 = R_3 I_3 = 4,699 \text{ V} \quad P_3 = R_3 I_3^2 = 1,472 \text{ W}$$

$$U_4 = R_4 I_4 = 0,934 \text{ V} \quad P_4 = R_4 I_4^2 = 0,015 \text{ W}$$

$$U_5 = R_5 I_5 = 4,234 \text{ V} \quad P_5 = R_5 I_5^2 = 0,815 \text{ W}$$

$$U_6 = R_6 I_6 = 3,765 \text{ V} \quad P_6 = R_6 I_6^2 = 0,787 \text{ W}$$

Secundarul 2 :



Pentru a rezolva acest circuit vom scrie urmă ac. statonarmente ca pentru Secundarul 1.

R_{TH} este un termistor NTC cu $\propto R_{TH} = 20\Omega$ și o constantă

$B = 3000\text{ K}$. Temperatura la care vom lucra este chiar

$T = 25^\circ\text{C}$, deci $R_{TH} = R_{25}$.

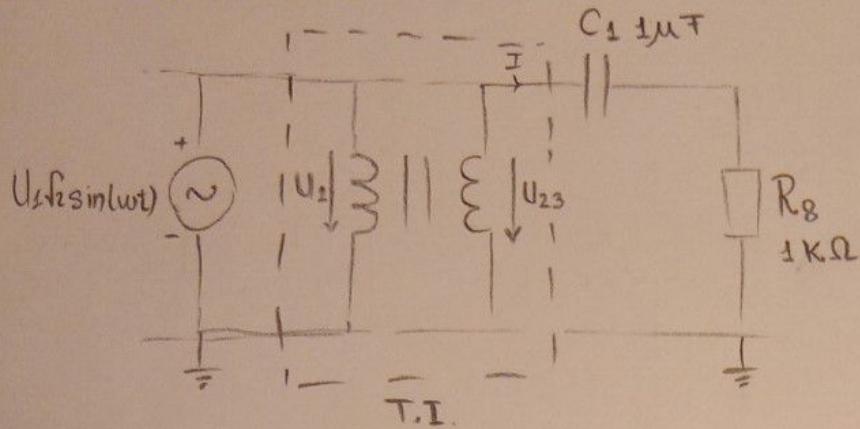
$$R_T = R_{T_0} \cdot \exp \left[B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

$$I = \frac{U_{22}}{R_7 + R_{TH}} = \frac{14}{43 + 20} = 222,2 \text{ mA}$$

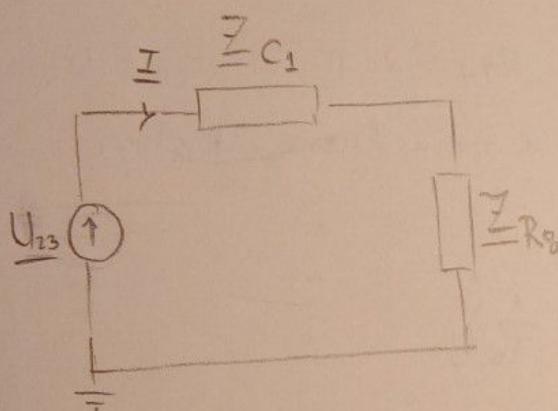
$$U_7 = I R_7 = 9,554 \text{ V} \quad P_7 = I^2 R_7 = 2,124 \text{ W}$$

$$U_{TH} = I R_{TH} = 4,444 \text{ V} \quad P_{TH} = I^2 R_{TH} = 0,877 \text{ mW}$$

Secundarul 3:



$$U_{23} = 170 \text{ V}$$



$$Z_{C1} = \frac{1}{j\omega C_1}, \quad Z_{C1} = \frac{1}{\omega C_1}$$

$$Z_{R8} = R_8 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$Z_{C1} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{71 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{71} \cdot 10^4 \Omega$$

$$I = \frac{U_{23}}{Z_{C1} + Z_{R8}} \Rightarrow I = \frac{U_{23}}{Z_{C1} + Z_{R8}} = \frac{170}{\frac{1}{71} \cdot 10^4 j + 10^3}$$

$$I = \text{abs} \left(\frac{170}{(\frac{10}{71} j + 1) \cdot 10^3} \right) = 0,051 \text{ A}$$

Puterea consumată de circuit și transmiterea de către transformator

este Puterea aparentă, S.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ unde } \begin{cases} P = V_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}} \cdot \cos \theta \\ Q = V_{\text{rms}} \cdot I_{\text{rms}} \cdot \sin \theta \end{cases}$$

$$U_C = Z_C \cdot I_C = Z_C \cdot I = \frac{1}{\omega C_1} \cdot I = \\ = \frac{10^4}{\pi} \cdot 0,051 = 162,338 \text{ V}$$

$$P_R = U_R \cdot I_R = R I_R^2 = R I^2 = 1K \cdot (0,051)^2 = \\ = 2,601 \text{ W}$$

OBS. Chiar dacă $I_C = I_R = I$, factorii acenzoare nu sunt deocamdată egali, existând un defazaj de 90° între I_R și I_C .

2.2. Alegerea componentelor pasive pe baza valorii nominale și a puterii dissipate afectată de derating.

Vom căuta componente disponibile comercial care să satisfacă cerințele tehnice ale circuitelor. Vom face controll de natura imperfecțiunilor componentelor, introducând toleranțe de 10% marimilor caracteristice.

$$R_1 = 4,7\Omega, P_1 = 13,617 \text{ W}$$

$$R_2 = 43\Omega, P_2 = 2,124 \text{ W}$$

$$R_3 = 10\Omega, P_3 = 1,089 \text{ W}$$

$$R_4 = 15\Omega, P_4 = 1,472 \text{ W}$$

$$R_5 = 56\Omega, P_5 = 0,015 \text{ W}$$

$$C = 1\mu F, U_C = 162,34 \text{ V}$$

$$R_6 = 22\Omega, P_6 = 0,815 \text{ W}$$

$$R_7 = 18\Omega, P_7 = 0,787 \text{ W}$$

Nr. Crt.	Reference Designator	Valoare componentă în schemă	Clasă	Descriere	link Internet	Distribuitor (in Romania)	Cod componentă	Nume componentă	Producător	Cantitate	Cantitate minima	Pret unitar (Lei fără TVA)	Pret articol (Lei fără TVA)
1	RTH	20Ω	termistor NTC	Thermistor, NTC, 20 ohm, RL30 Series, 3096 K, Through Hole, Wire Leaded	https://ro.farnell.com/rs/rl3008-13-1-59	Farnell România https://ro.farnell.com/	2847989	RL3008-13.1-59-D1	APHENOL	1	1	15.7	15.7
2	C1	1μF	condensator electrolitic	Electrolytic Capacitor, 1 μF, 250 V, ± 20%, Radial Leaded, 2000 hours @ 85°C, Polar	https://ro.farnell.com/pnic/eca2em010/	Farnell România https://ro.farnell.com/	9693980	ECA2EM010	PANASONIC	1	1	2.15	2.15
3	R1	4.7Ω	rezistor	THT Resistor, 4.7 ohm, SBC Series, 17 W, ± 10%, Axial Leaded, 8.9 V	https://ro.farnell.com/sbche154r7k/res-	Farnell România https://ro.farnell.com/	1174461	SBCHE154R7K	CGS-TE CNCT.	1	1	4.74	4.74
4	R2	10Ω	rezistor	THT Resistor, 10 ohm, MCF, 2 W, ± 5%, Axial Leaded, 500 V	https://ro.farnell.com/f-f-2w-10r/res-10r	Farnell România https://ro.farnell.com/	9338039	MCF 2W 10R	MULTICOMP PRO	1	1	1.23	1.23
5	R3	15Ω	rezistor	THT Resistor, Fusible, 15 ohm, EMC, 2 W, ± 10%, Axial Leaded, 500 V	https://ro.farnell.com/vn/emc2-15rk/res	Farnell România https://ro.farnell.com/	1738540	EMC2-15RK	WELWYN	1	5	1.06	5.3
6	R4	56Ω	rezistor	THT Resistor, 56 ohm, MF50, 500 mW, ± 1%, Axial Leaded, 350 V	https://ro.farnell.com/50-56r/res-56r-1	Farnell România https://ro.farnell.com/	9340769	MF50 56R	MULTICOMP PRO	1	1	0.46	0.46
7	R5	22Ω	rezistor	THT Resistor, 22 ohm, MBE, 1 W, ± 1%, Axial Leaded, 500 V	https://ro.farnell.com/40c2209fc100/res	Farnell România https://ro.farnell.com/	3547095	MBE04140C2209FC100	VISHAY	1	1	1.65	1.65
8	R6	18Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 18 ohm, MCKNP, 3 W, ± 5%, Axial Leaded	https://ro.farnell.com/03wj0180aa9/res	Farnell România https://ro.farnell.com/	1903806	MCKNP03WJ0180AA9	MULTICOMP PRO	1	1	2.13	2.13
9	R7	43Ω	rezistor	Through Hole Resistor, 43 ohm, W21, 3 W, ± 5%, Axial Leaded, 100 V	https://ro.farnell.com/vwn/w21-43rji/res	Farnell România https://ro.farnell.com/	9504052	W21-43RJI	WELWYN	1	1	4.25	4.25
10	R8	1kΩ	rezistor	Through Hole Resistor, 1 kohm, WMO-S, 5 W, ± 5%, Axial Leaded, 500 V	https://ro.farnell.com/n/wmo5s-1kja05/	Farnell România https://ro.farnell.com/	1306249	WMO5S-1KJA05	WELWYN	1	1	3	3
												Pret total teoretic: (fără TVA)	40.61

2.4. Calculul puterii transformatorului și dimensionarea acestuia

Vom realiza dimensionarea unui transformator de curenț alternativ monofazat, de mică putere, cu înfășurări situate pe pilonul principal al acestuia. Transformatorul este constituit din hale economice E+I de dimensiuni standard.

Datele initiale de proiectare pentru transformatorul nostru:

$$U_1 [V] = 230 V \text{ (Tensiunea efectivă a sinusoidei)}$$

$$f [Hz] = 50 Hz.$$

$k = 3$, acesta reprezentând numărul de înfășurări secund.

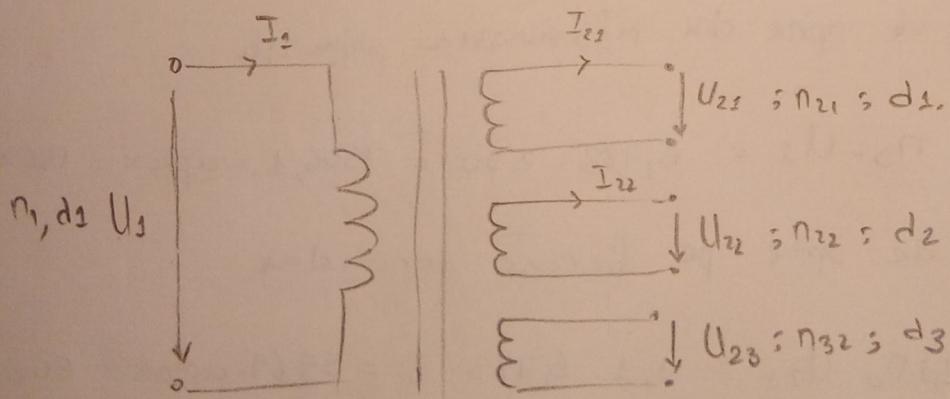
$B_M [T]$ se consideră $1,2 T$

n_1 = numărul de spire din înfășurarea primară

n_{2k} = numărul de spire din înfășurarea secundară

d_1 = diametrul conductorului de bobaj, din înfășurarea primară

d_{2k} = diametrul conductorului de bobaj, din înfășurarea secundară



Calculul propriețății:

Puterea totală absorbită din secundar

$$P_2 [W] = \sum_{k=1 \div 3} P_{2k} = \sum_{k=1 \div 3} U_{2k} I_{2k} =$$

$$= 2,224 \cdot 8 + 0,222 \cdot 14 + 0,051 \cdot 170 \\ = 29,57 \text{ kW}$$

Puterea absorbită de primar

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} \underset{\eta=0,85}{=} 1,176 \cdot P_2 = 1,176 \cdot 29,57 = 34,773 \text{ kW}$$

Dimensionarea secțiunii în fier

$$S_{Fe} = 1,2 \sqrt{P_1} = 1,2 \cdot \sqrt{34,773} = 7,0764 \text{ cm}^2$$

Numărul de spire pe volt.

$$n_0 = \frac{48}{S_{Fe}} = \frac{48}{7,0764} = 6,783 \text{ sp/V}$$

Numărul de spire din măsurarea primară

$$n_1 = n_0 \cdot U_1 = 6,783 \cdot 230 = 1506,1 \approx 1507 \text{ spile.}$$

Numărul de spire pe fiecare secundar:

$$n_{21} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{21} = 1,1 \cdot 6,783 \cdot 8 = 59,69 \approx 60 \text{ spile}$$

$$n_{22} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{22} = 1,1 \cdot 6,783 \cdot 14 = 104,452 \approx 105 \text{ spile}$$

$$n_{23} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{23} = 1,1 \cdot 6,783 \cdot 170 = 1263,4 \approx 1263 \text{ spile}$$

Determinăm curentul din primă, I_1 :

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{34,773}{230} = 0,1512 \text{ A}$$

Dimensiunile diametrelor conductoarelor de bobinaj:

$$d_1 = 0,65 \sqrt{I_1} = 0,2527 \text{ mm}$$

$$d_{1,\text{std}} = 0,25 \text{ mm}$$

$$d_{21} = 0,65 \sqrt{I_{21}} = 0,65 \cdot \sqrt{2,224} = 0,9694 \text{ mm}$$

$$d_{21,\text{std}} = 1 \text{ mm}$$

$$d_{22} = 0,65 \sqrt{I_{22}} = 0,65 \cdot \sqrt{0,222} = 0,3063 \text{ mm}$$

$$d_{22,\text{std}} = 0,3 \text{ mm}$$

$$d_{23} = 0,65 \sqrt{I_{23}} = 0,65 \cdot \sqrt{0,051} = 0,1468 \text{ mm}$$

$$d_{23,\text{std}} = 0,15 \text{ mm}$$

Ariile ocupate de înfășurările primare și secundare
→ cu izolație între stături:

$$A_1 = \frac{n_1}{C_1} = \frac{1507}{978} = 1,54 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \sum_k A_{2k} = \sum_k \frac{n_{2k}}{C_2} =$$

$$= \frac{n_{21}}{C_1} + \frac{n_{22}}{C_1} + \frac{n_{23}}{C_1} =$$

$$= \frac{60}{65} + \frac{105}{722} + \frac{1265}{2260} = 1,63 \text{ cm}^2$$

$$A_t = A_1 + A_2 = 3,17 \text{ cm}^2$$

→ fără izolare rulge strălucire:

$$A_1' = \frac{n_1}{C_2} = \frac{1507}{1140} = 1,3219 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_2' &= \frac{n_{21}}{C_2} + \frac{n_{22}}{C_2} + \frac{n_{23}}{C_3} = \\ &= \frac{60}{75} + \frac{105}{807} + \frac{1269}{2880} = 1,3707 \end{aligned}$$

$$A_t' = A_1' + A_2' = 2,6927 \text{ cm}^2$$

Dimensionăm tota pt. cu factor de mărire optim $\vartheta_0 = 0,7$

$$a = 6,9 \cdot \sqrt{A_t'} = 12,286 \text{ mm} \rightarrow \text{tolă } \in 12,5$$

$$a' = 6,9 \cdot \sqrt{A_t'} = 11,3224 \text{ mm} \rightarrow \text{tolă } \in 12$$

$$\vartheta_a = \frac{3,17}{0,03 \cdot (12,5)^2} = 0,6763 \in [0,64; 0,76].$$

$$\vartheta_{a'} = \frac{2,692}{(0,03) \cdot 12^2} = 0,623$$

Glosimec pachetului de tole

$$b = \frac{s_{Fe}}{0,02 \cdot a_{std}} = \frac{7,076}{0,02 \cdot 12,5} = 28,3 \text{ mm}$$

$$b' = \frac{s_{Fe}}{0,02 \cdot a'_{std}} = \frac{7,076}{0,02 \cdot 12} = 29483 \text{ mm}$$

Extracția nr.. de tolă necesară:

$$N_1 = \frac{b}{g_1} = \frac{29,3}{0,35} = 80,86 \rightarrow 81 \text{ tolă "E"}$$

$$N_2 = \frac{b}{g_2} = \frac{29,3}{0,5} = 58,6 \rightarrow 57 \text{ tolă "I"}$$

$$N_1' = \frac{b'}{g_1} = \frac{29,483}{0,35} = 84,23 \rightarrow 85 \text{ tolă "E"}$$

$$N_2' = \frac{b'}{g_2} = \frac{29,483}{0,5} = 58,96 \rightarrow 59 \text{ tolă "I"}$$

Verificarea cu MATLAB a calculelor asociate rețelelor rezistive

```
R1 = vpa(sym(4.7))
```

R1 = 4.7

```
R2 = vpa(sym(10))
```

R2 = 10.0

```
R3 = vpa(sym(15))
```

R3 = 15.0

```
R4 = vpa(sym(56))
```

R4 = 56.0

```
R5 = vpa(sym(22))
```

R5 = 22.0

```
R6 = vpa(sym(18))
```

R6 = 18.0

```
R11 = R2+R3+R6+R5
```

R11 = 65.0

```
R22 = R3+R6+R4
```

R22 = 89.0

```
R33 = R1 + R2 + R3
```

R33 = 29.7

```
R44 = R1
```

R44 = 4.7

```
R12 = R6+R3
```

R12 = 33.0

```
R21 = R12
```

R21 = 33.0

```
R13 = -R2 - R3
```

```
R13 = -25.0
```

```
R31 = R13
```

```
R31 = -25.0
```

```
R14 = 0
```

```
R14 = 0
```

```
R41 = 0
```

```
R41 = 0
```

```
R24 = 0
```

```
R24 = 0
```

```
R42 = 0
```

```
R42 = 0
```

```
R34 = -R1
```

```
R34 = -4.7
```

```
R43 = R34
```

```
R43 = -4.7
```

```
R23 = -R3
```

```
R23 = -15.0
```

```
R32 = R23
```

```
R32 = -15.0
```

```
syms Ib1 Ib2 Ib3 Ib4
```

```
eqn1 = R11 * Ib1 + R12 * Ib2 + R13 * Ib3 + R14 * Ib4 == 0
```

```
eqn1 = 65.0 Ib1 + 33.0 Ib2 - 25.0 Ib3 = 0
```

```
eqn2 = R21 * Ib1 + R22 * Ib2 + R23 * Ib3 + R24 * Ib4 == 0
```

```
eqn2 = 33.0 Ib1 + 89.0 Ib2 - 15.0 Ib3 = 0
```

```
eqn3 = R31 * Ib1 + R32 * Ib2 + R33 * Ib3 + R34 * Ib4 == 0
```

```
eqn3 = 29.7 Ib3 - 15.0 Ib2 - 25.0 Ib1 - 4.7 Ib4 = 0
```

```
eqn4 = R41 * Ib1 + R42 * Ib2 + R43 * Ib3 + R44 * Ib4 == 8
```

```
eqn4 = 4.7 Ib4 - 4.7 Ib3 = 8
```

```
X = solve([eqn1, eqn2, eqn3, eqn4], [Ib1, Ib2, Ib3, Ib4])
```

```
X = struct with fields:
```

```
Ib1: 0.19248956884561891515994436717663  
Ib2: 0.016689847009735744089012517385257  
Ib3: 0.52250347705146036161335187760779  
Ib4: 2.2246311366259284467197348563312
```

```
I = X.Ib4
```

```
I = 2.2246311366259284467197348563312
```

```
I1 = X.Ib4 - X.Ib3
```

```
I1 = 1.7021276595744680851063829787234
```

```
I2 = X.Ib3 - X.Ib1
```

```
I2 = 0.33001390820584144645340751043115
```

```
I5= X.Ib1
```

```
I5 = 0.19248956884561891515994436717663
```

```
I6 = X.Ib1+X.Ib2
```

```
I6 = 0.20917941585535465924895688456189
```

```
I4 = X.Ib2
```

```
I4 = 0.016689847009735744089012517385257
```

```
I3=X.Ib3-X.Ib2 - X.Ib1
```

```
I3 = 0.3133240611961057023643949930459
```

```
U1 = R1 * I1
```

```
U1 = 8.0
```

```
U2 = R2 * I2
```

```
U2 = 3.3001390820584144645340751043115
```

```
U3 = R3 * I3
```

U3 = 4.6998609179415855354659248956885

U4 = R4 * I4

U4 = 0.93463143254520166898470097357441

U5 = R5 * I5

U5 = 4.234770514603616133518776077886

U6 = R6 * I6

U6 = 3.765229485396383866481223922114

P1 = R1 * I1 ^ 2

P1 = 13.617021276595744680851063829787

P2 = R2 * I2 ^ 2

P2 = 1.089091796092935443872942059459

P3 = R3 * I3 ^ 2

P3 = 1.4725795098663148670789479283737

P4 = R4 * I4 ^ 2

P4 = 0.015598855619669568884306553105553

P5 = R5 * I5 ^ 2

P5 = 0.81514915051618980928928874712019

P6 = R6 * I6 ^ 2

P6 = 0.78760850431657320378132973280383

U1 = U1 * 1.1

U1 = 8.8

U2 = U2 * 1.1

U2 = 3.6301529902642559109874826147427

U3 = U3 * 1.1

U3 = 5.1698470097357440890125173852573

U4 = U4 * 1.1

U4 = 1.0280945757997218358831710709318

U5 = U5 * 1.1

U5 = 4.6582475660639777468706536856745

U6 = U6 * 1.1

U6 = 4.1417524339360222531293463143255

P1 = P1 * 1.1

P1 = 14.978723404255319148936170212766

P2 = P2 * 1.1

P2 = 1.1980009757022289882602362654049

P3 = P3 * 1.1

P3 = 1.6198374608529463537868427212111

P4 = P4 * 1.1

P4 = 0.017158741181636525772737208416109

P5 = P5 * 1.1

P5 = 0.89666406556780879021821762183221

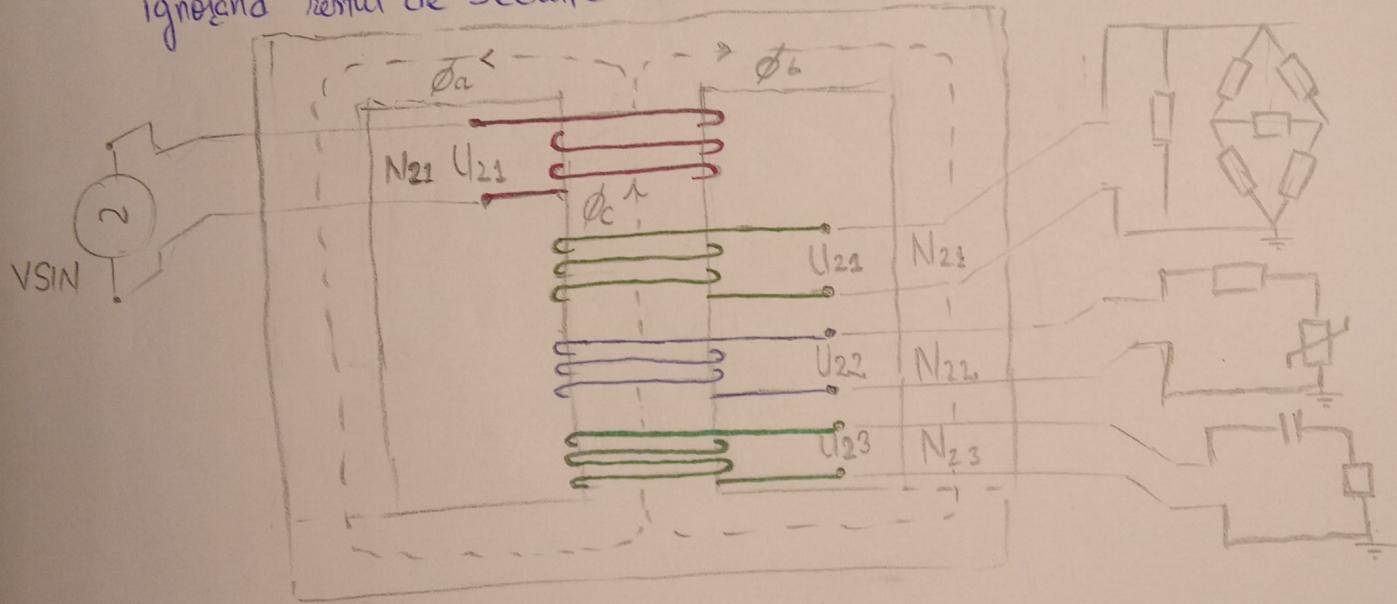
P6 = P6 * 1.1

P6 = 0.86636935474823052415946270608421

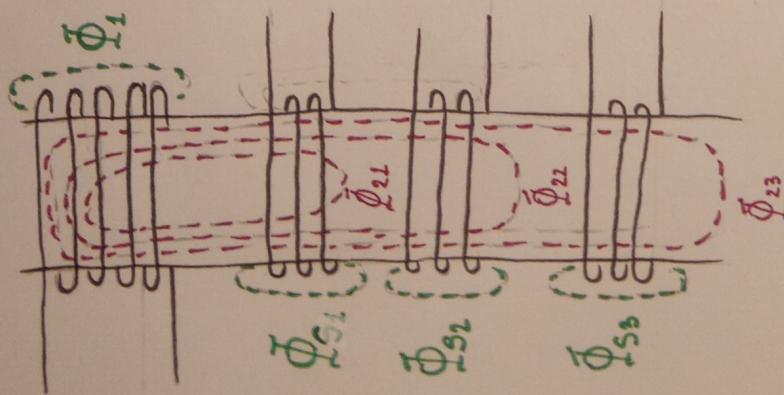
ANEXĂ : Discuție și verificare Cuplaj și Dimensionare Transformator.

Pentru a verifica buna funcționare a transformatorului, am ales să lucrez către simulări în Spice. Pentru a realiza simularea unui transformator în Spice, trebuie să explorăm circuitul echivalent al unui transformator ideal/real.

Ne vom concentra pe cuplajul dintre Primar și Secundarul 1, ignorând restul de secundare.

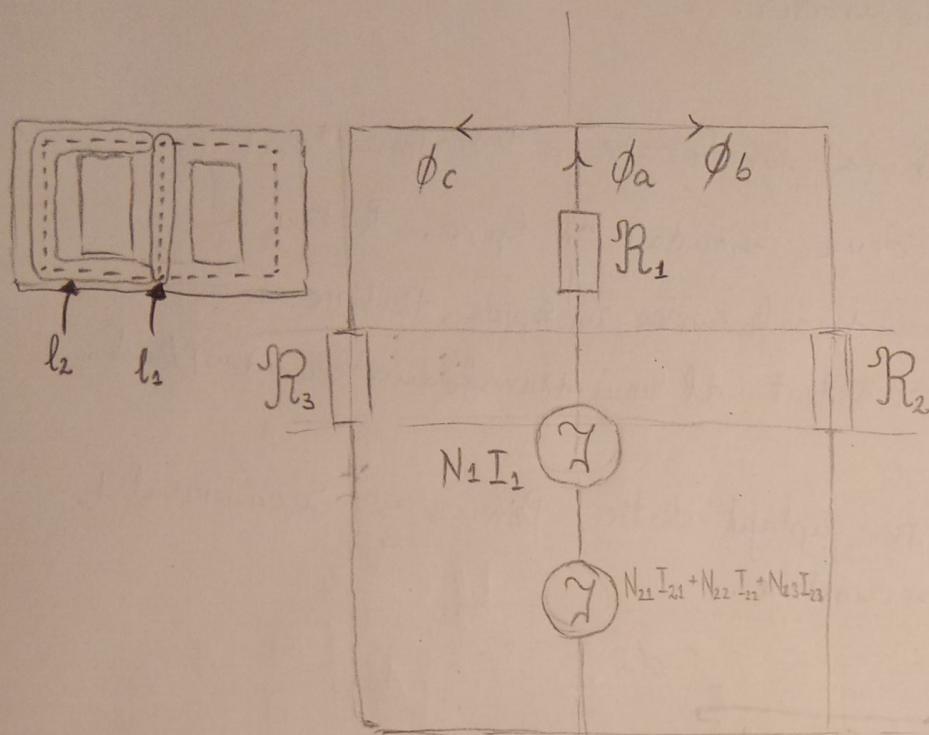


Amplasarea infăsurătorilor pe pilonul central al transformatorului.



Disponerea
Flexurilor
Propri - Iutele
(nu incluem
mutuale între secundare)

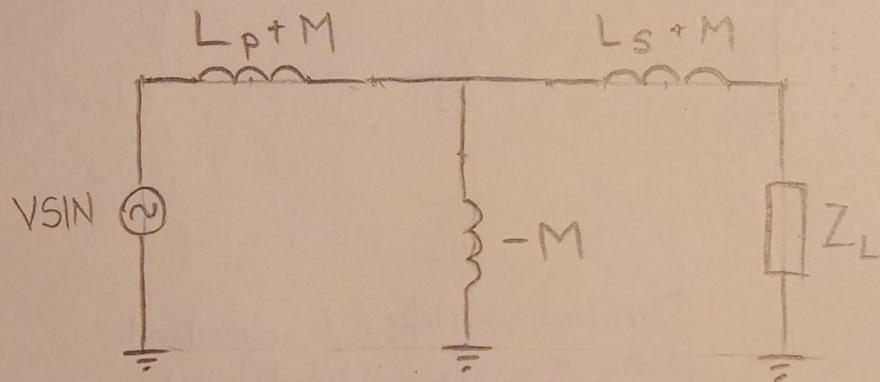
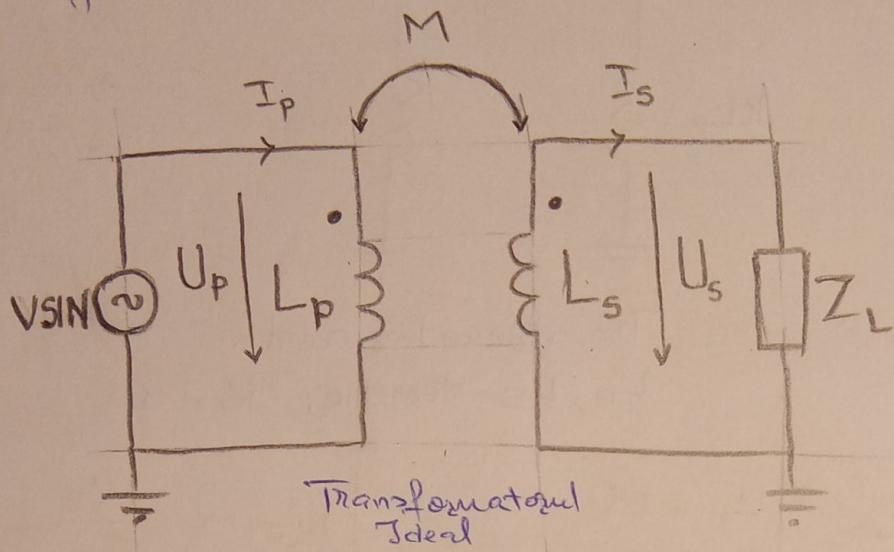
Circuital magnetic al Transformatorului



$$\mathcal{Z} = NI = \Phi R$$

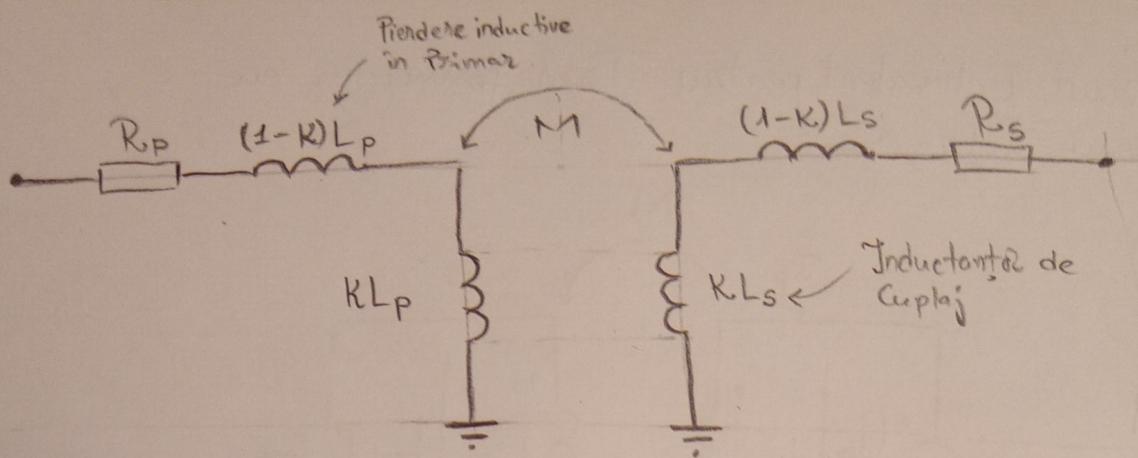
$$R = \frac{l}{\mu A}$$

Circuit Echivalent pentru Transformator cu
Două Înțășuri



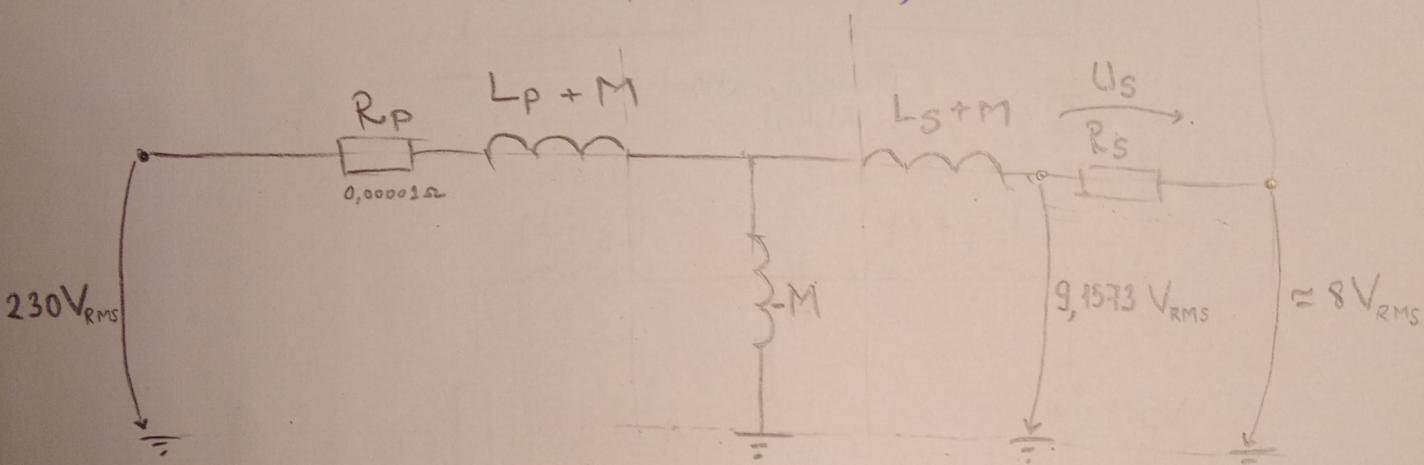
Circuit echivalent "T" pentru
Transformatorul Ideal

Trebuie luat în considerare faptul că transformatorul dimensionat de noi este unul real și va prezenta diferite pierderi inductive, resistive și capacitive.



Transformator real.

L_p, L_s - teoretic, $K < 1$



Circuitul (simplificat) echivalent pentru transformatorul real.

În simularea noastră vom lua valoarea rezistențăilor secundare
de cinci ori mai mare decât dimensiunile transformatorului și vom utiliza un
coefficient în valoarea lui 1.2 pentru a obține U_{22} conform
dim. transformatorului, adică:

$$(I_{22} = N_2 / N_1 \cdot 230 = 9,1573 [V]).$$

Deci, tensiunea obținută în simulare trebuie să fie apox.
 U_{22} calculat mai sus. Factorul de cuplaj este unitatea pentru
că fizică ca și raportul de tensiune în sarcină, pe componenta
rezistivă a inductoarelor secundare.

Simularea Proprietăților:

Nu cunoaștem încă perimetrul miezelui transformatorului, dar
ca cotația unui pic de magneziu poate simplifica-
toare o vom putea determina.

$$U_1 = \omega L_1 I_1$$

$$\mu = \frac{U_1}{\omega I_1} = \frac{\mu N_1^2 A}{l} \Rightarrow \mu = \frac{U_1}{\omega I_1} \cdot \frac{l}{N_1^2 A}$$

$$\mu_r = \frac{U_1}{\mu_0 w \frac{N_2}{N_1} I_2} \cdot \frac{l}{N_1^2 A}$$

$$\mu_r = \frac{U_1 \cdot 3a}{\mu_0 \cdot 2\pi f \cdot N_1 \times 1/2 I_2^2 a^2}$$

$$I_2 = 2,224 \text{ A}, a = 12,5 \text{ mm}, N_2 = 60, N_1 = 1507$$

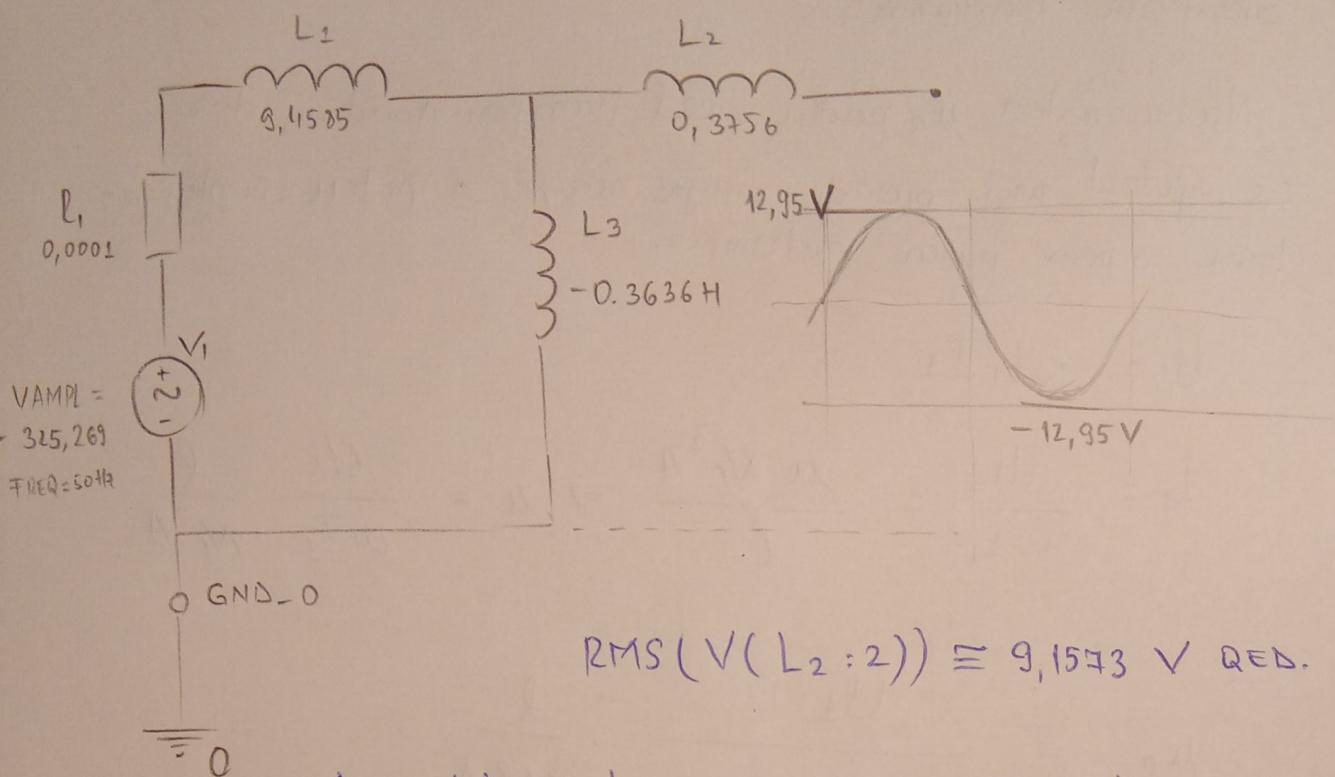
$$\mu_r = 8,6914 \cdot 10^3$$

$$L_1 = 1,1 * U_1 / (2 * \pi * f * x/2 * N_1 * I_2)$$

$$L_2 = 1,1 * (\mu_{air} * \mu_r * x/2 * 4 * a^2) / (3 * a)$$

$$M = 1,1 + \sqrt{L_1 + L_2} = 0,3636 \text{ H}$$

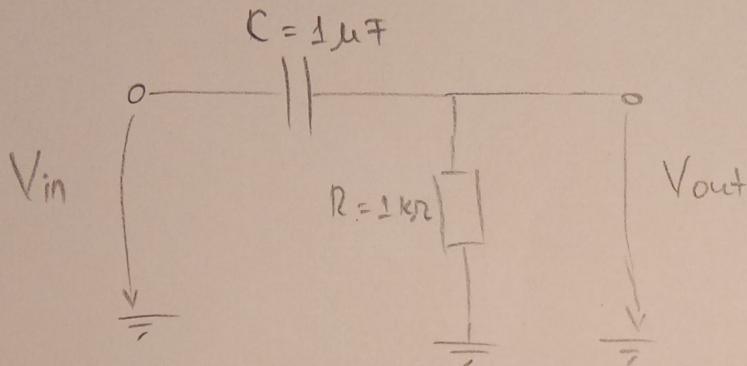
$$L_a = L_1 + M = 9,4535 \text{ H}; L_b = L_2 + M = 0,3756 \text{ H}$$



Am arătat că tensiunea este la ieșirea din ansamblul inductor de mai sus $9,1573 \text{ VRMS}$, valoare care prin prezentarea unei rezistențe R_s se poate reduce la 8 VRMS .

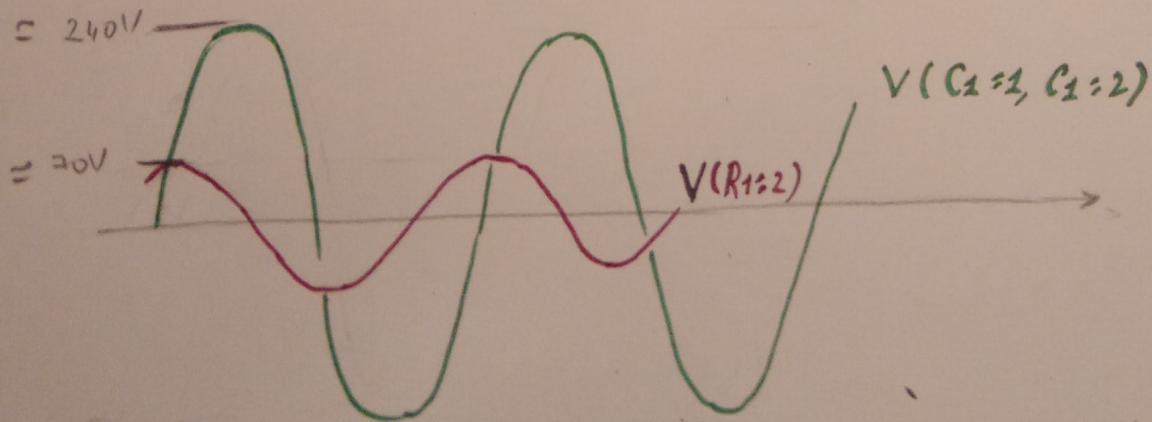
ANEXĂ: Simularea Circuitului Secundarului 3.

Circuitul conectat la cel de-al treilea condensator al transformatorului de retea este un filtru trece-sus (FTS) format dintr-un $C = 1\mu F$ și $\omega R = 1 \text{ k}\Omega$.

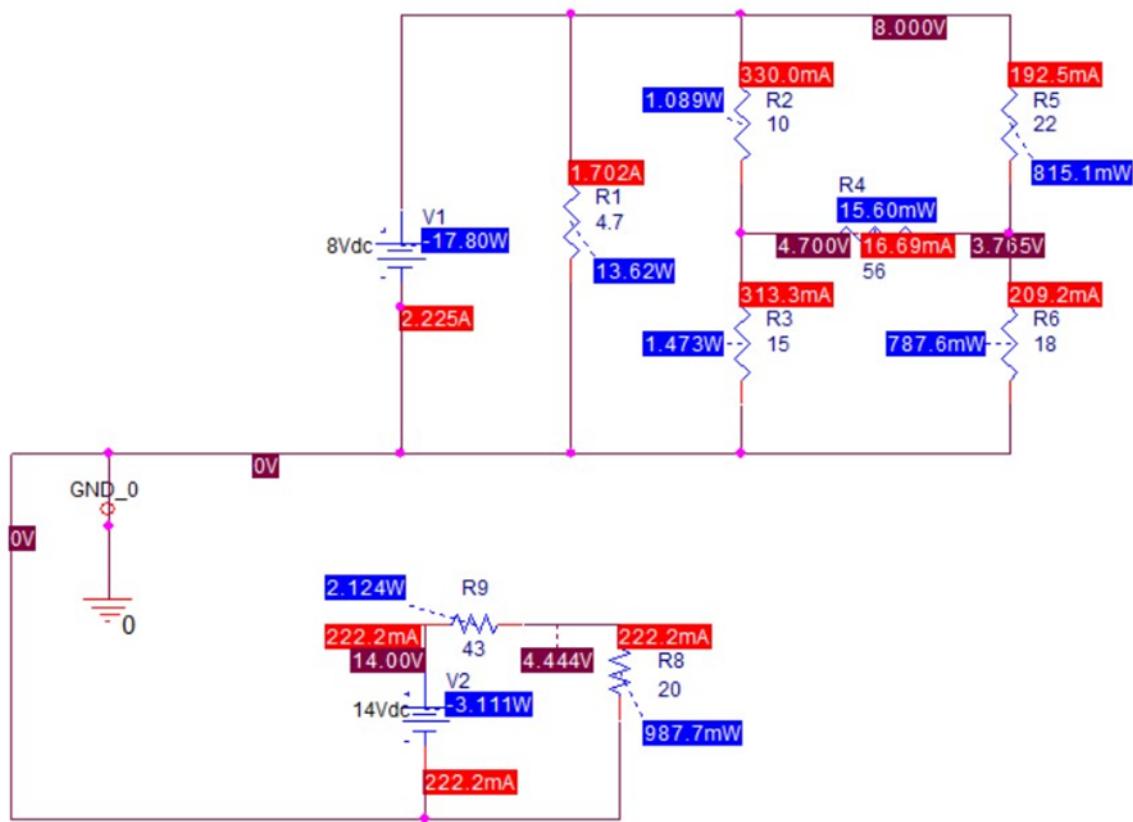


$$H(\omega) = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \quad f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi RC}$$

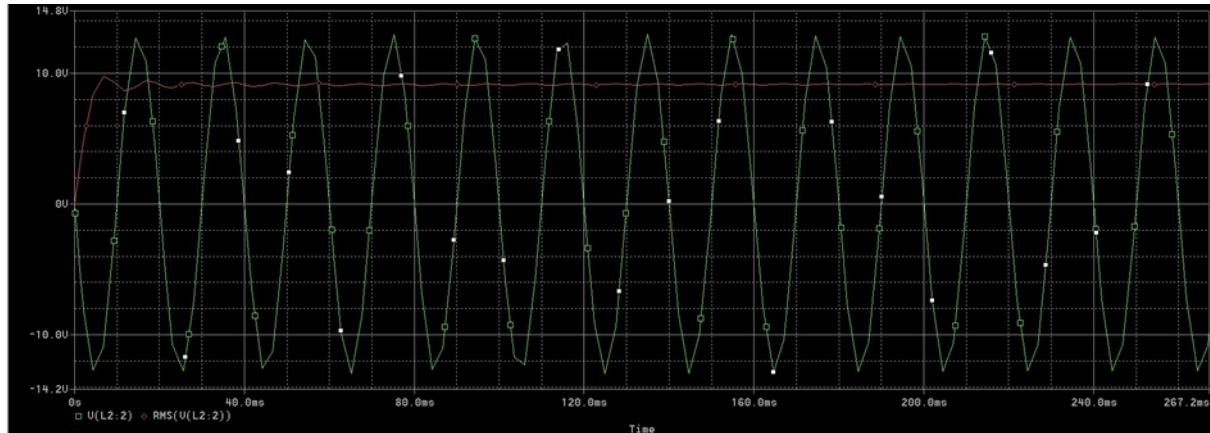
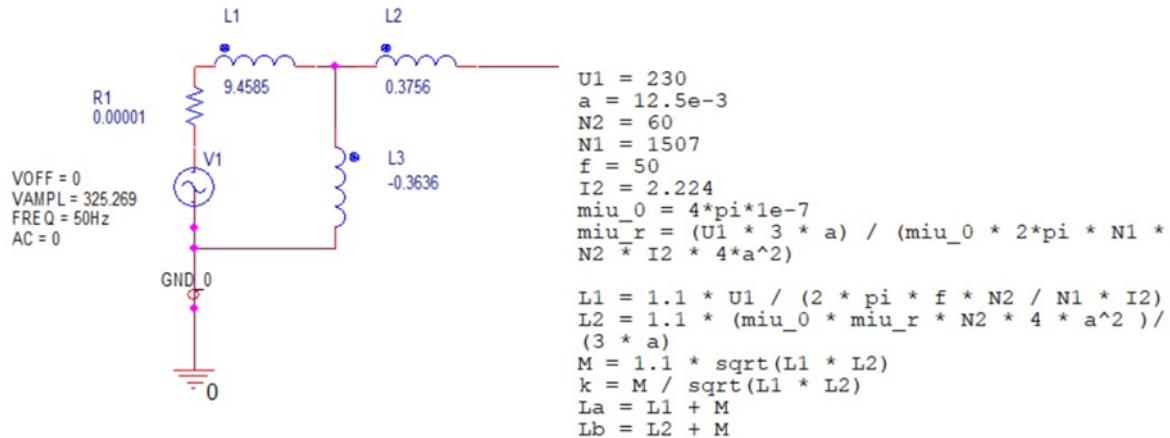
În cazul noastră frecvență de 50 de Hz a semnalului V_{in} se va afla sub frecvență de tăiere $f_{-3dB}^{călc.} = 159,154 \text{ Hz}$, deci intensitatea semnalului să fie diminuată cu $H(\omega) = 0,29997$, deci în simulare vom observa că amplitudinea semnalului V_{out} să fie aprox. o treime din amplitudinea semnalului V_{in} .



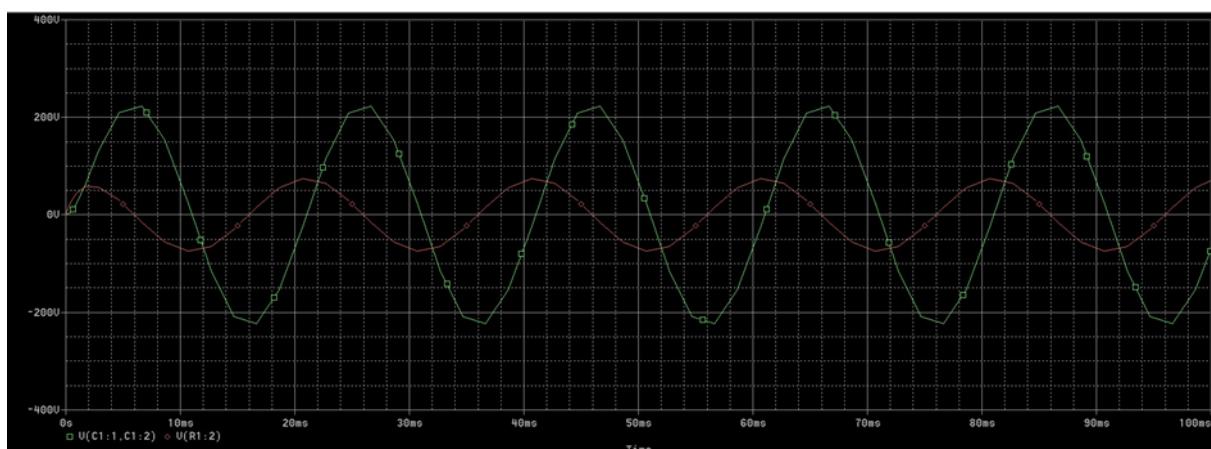
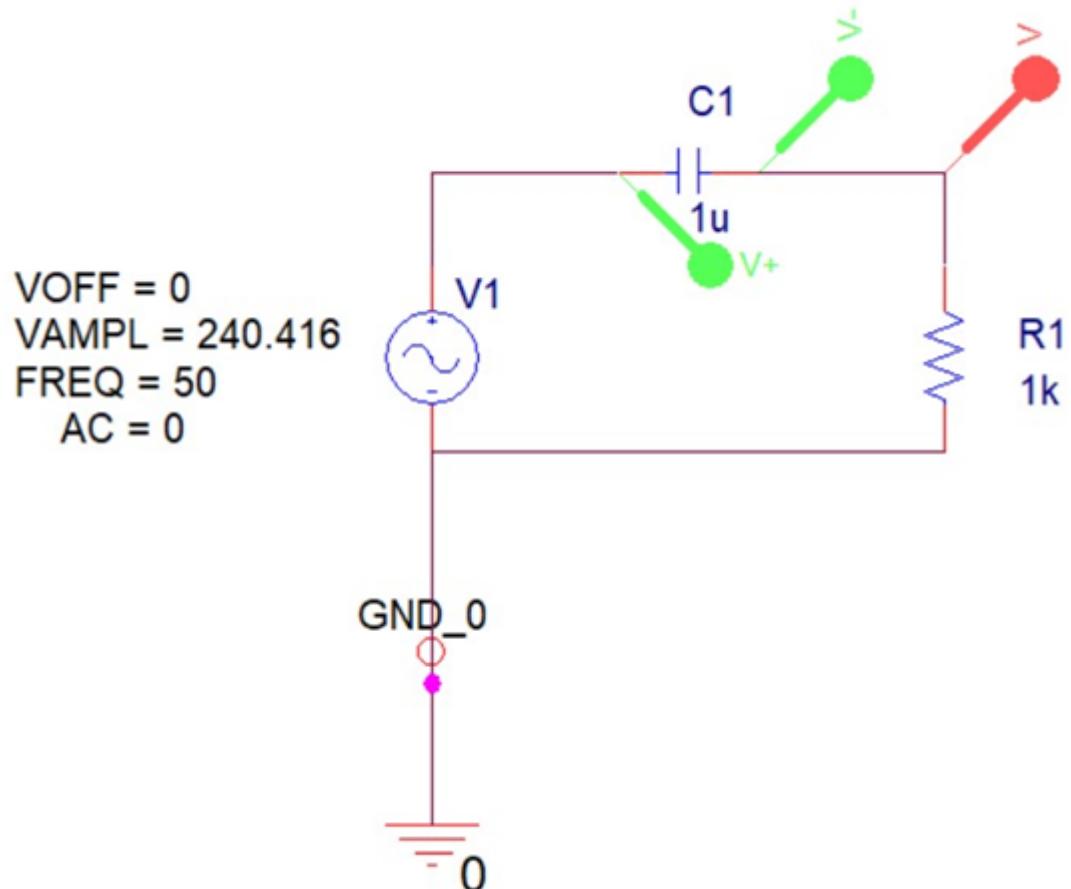
SIMULARE RETELE REZISTIVE



SIMULARE CUPLAJ PRIMAR - PRIMUL SECUNDAR



SIMULARE FILTRU FTS RC



DETALII TEHNOLOGICE DE EXECUȚIE

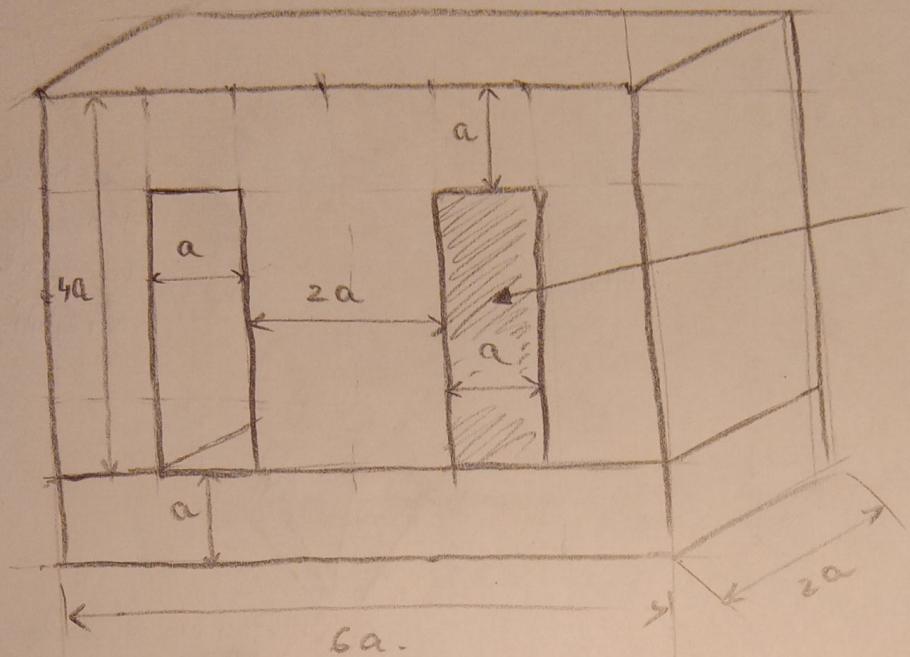
Realizarea unui transformator de rețea monofazic, de mică putere, în producție de serie, implică următoarele etape tehnologice:

- a) obținerea telelor, din tabla de ferosiliciu prin stăriile în matrice.
- b) tratamentul termic al telelor stăriate pentru detensionare mecanică și refacerea proprietăților magnetice, afectate de procesul de prelucrare mecanică
- c) realizarea carcsei prin injecție de material plastic în matrice sau prin montaj din elemente constitutive specifice
- d) bobinarea în fâșuriile pe carcasa obținută anterior utilizând conductă din cupru izolați cu email
- e) introducerea telelor în carcasa - operație denumită lamelarea transformatorului
- f) stângerea miezului magnetic cu o mantă sau cu scoabe, prețioane și puțite pentru a

impiedica vibratia tolelor in timpul functionarii transformatorului.

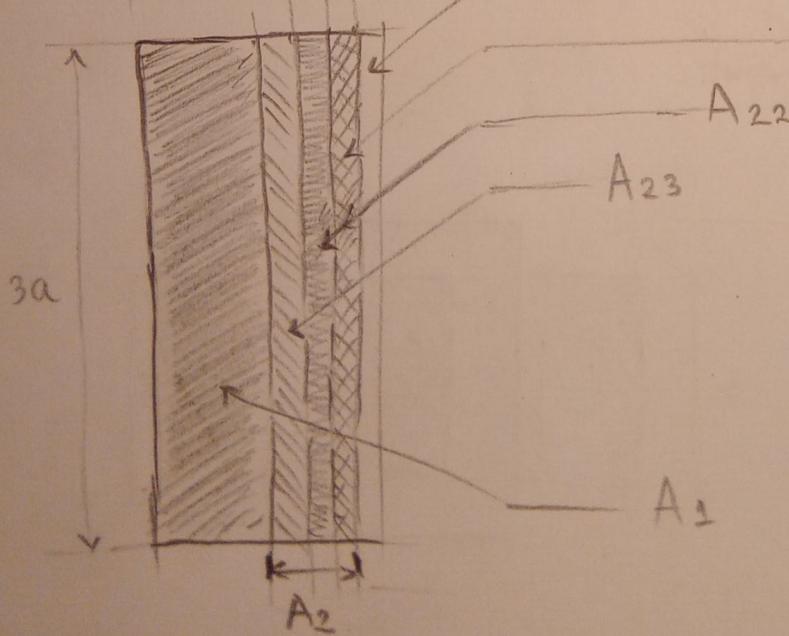
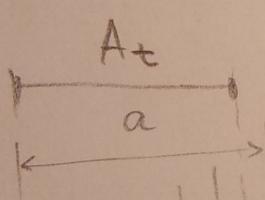
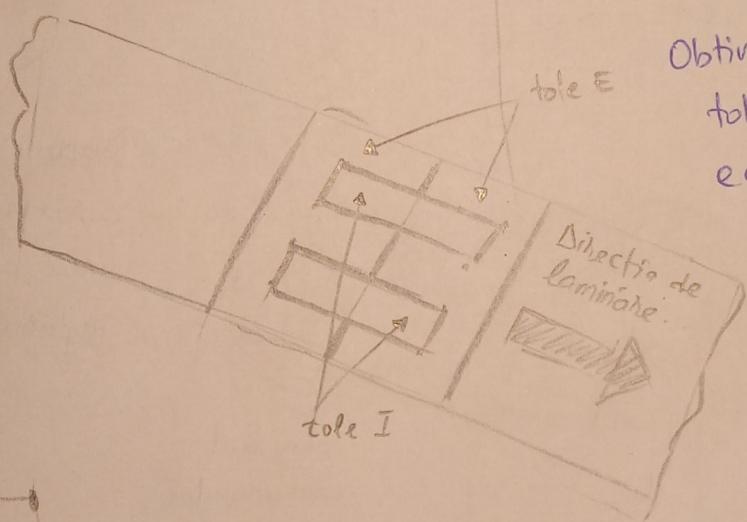
g) impregnarea transformatorului prin imersie in parafina topita sau in lac poliuretanic, care polimerizeaza prin incalzire in cuptor.

h) controlul tehnic de calitate in cadrul caruia se verifică parametrii electrici (tensiunea sau tensiunile din secundar, rezistență, infășurările, raportul de transformare, rezistență de izolare între infășurări, respectiv între primar și miezul magnetic) și mecanici ai produsului



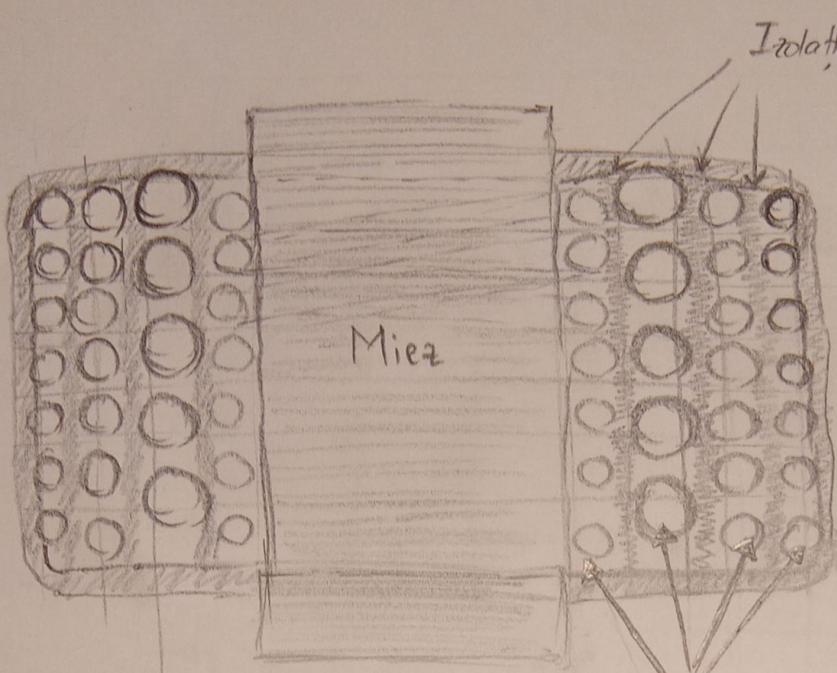
Dimensiunile
Transformatorului

A_f



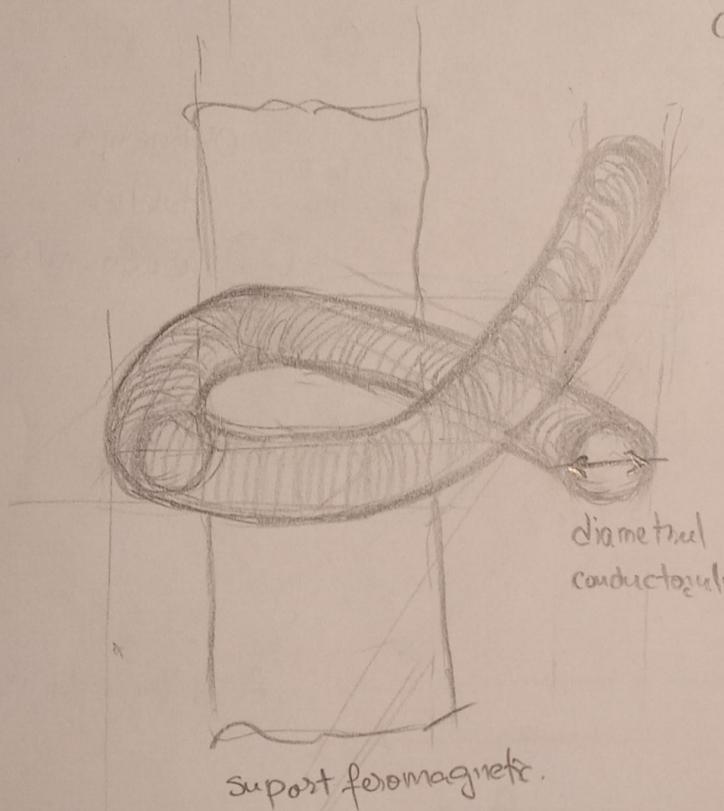
Aria ferestrei și
componentele acenteia

A_f (spatiu liber)



Sectione plin
transformator.
conductoare
vizibili

Conductoare de diferite
diametre



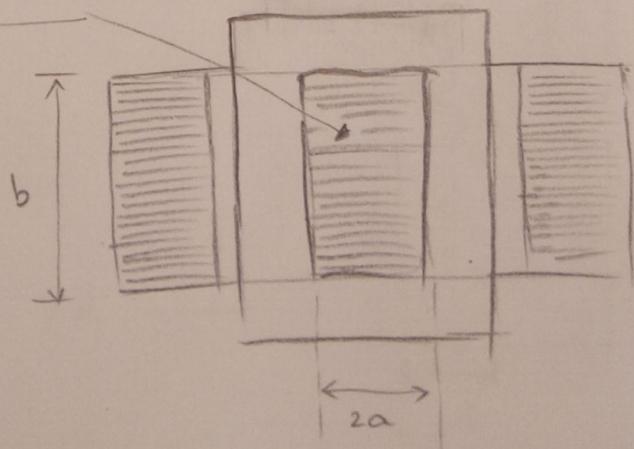
Dispunerea spațială
aproximativă a
unui segment al
înfășurării inductorului

diametru
conductoarelor

suport feromagnetic.

Secțiunea transversală
pînă în transformator

S_{Fe}



BIBLIOGRAPHIE :

<https://www.electronics-tutorials.ws>.

<https://www.electrical.com>

<https://mitocw.ups.edu.ac>

<https://www.princeton.edu>

<https://cc.ee.ntu.edu.tw>

TesZ Electronics

<https://www.ikes.16mb.com/pict/transformer/transformer.htm>

Induktivitäten in der Leistungselektronik,

Manfred Albach

SOFTWARE :

ORCAD Capture Lite

PSpice

LtSpice XVII

MATLAB R2022a

CONCLUZII:

În urma realizării acestui proiect am constat că de
puțin înțeleg cu adevarat modul de funcționare al
dispozitivelor electrice care se găsesc în jurul meu.

Cu toate artele, sunt recunoscător că am avut oportunitatea
mult așteptată de a simula diferitele noțiuni înțelnică
în studiile noastre.

În opinia mea abilitatea de a lăua diferite procese
fizice, măslini fizice etc. și a le studia, estimă, determina
pe baza unor banale formule matematice.

Sunt absolut sigur că aș putea simula mai bine
funcționarea transformatorului cu patru rășinieri
dacă aș putea utiliza un model echivalent rezonabil
pentru acesta.

Complexitatea care deriva din intersecția unor
principii/legi fizice simple este absolut fantastica,
nu mă voi mai uita la transformatoarele
din fabriilelor și ac. actiile de
acum peste.