

**TECHNOLOGY AND DESIGN OF MONOPHASIC LOW-POWER
NETWORK TRANSFORMER**

/

***TEHNOLOGIA ȘI PROIECTAREA TRANSFORMATORULUI DE REȚEA
MONOFAZIC DE MICĂ PUTERE***

Vladislav Noris – Victor

ABSTRACT

The project targets the development of a low-power ($P < 500W$) single-phase network transformer, addressing structural design and manufacturing technology. It aims to create an efficient device adaptable to temperature variations (10-80 degrees Celsius) for powering electronic equipment.

The transformer regulates voltage and current between primary and secondary circuits, ensuring galvanic isolation for safety. Components include an insulating casing, winding, and a ferromagnetic core made of silicon steel sheets. Despite switched-mode power supply (SMPS) advancements, traditional transformers remain favored for simplicity, reliability, and low electromagnetic emissions.

Applications include high-performance audio amplifiers, measuring instruments, microwave ovens, soldering stations, and mobile device chargers. The presentation emphasizes the E-I type laminated ferromagnetic core.

REZUMAT

Proiectul vizează dezvoltarea unui transformator monofazat de rețea cu mică putere ($P < 500W$), abordând aspecte precum structura constructivă și tehnologia de fabricație. Scopul este să obținem un dispozitiv eficient pentru alimentarea echipamentelor electronice, adaptabil la variațiile de temperatură ale mediului ambiant (10-80 grade Celsius).

Transformatorul monofazat de mică putere, este o componentă prezentă în multe scheme de alimentare a aparaturii electronice de tip staționar. Are rolul de a ajusta valorile tensiunii și curentului între circuitul primar și cel secundar, furnizând, de asemenea, izolare galvanică pentru electrosecuritate.

Din punct de Vedere constructiv, un transformator de rețea de mică putere, prezintă următoarele părți componente principale:

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

În prezent, transformatorul clasic de alimentare este înlocuit în multe aplicații cu sursele de alimentare în comutație (SMPS) datorită eficienței mai mari, puterii specifice crescute și greutatea redusă. Cu toate acestea, transformatorul clasic rămâne preferat pentru simplitatea și fiabilitatea sa, precum și pentru emisiile electromagnetice reduse.

Echipamentele electronice care încă folosesc transformatorul de rețea cu miez feromagnetic includ amplificatoare audio de înaltă performanță, unele instrumente de măsură, cuptoare cu microunde, stații de lipit, încărcătoare pentru dispozitive mobile și altele.

INTRODUCERE

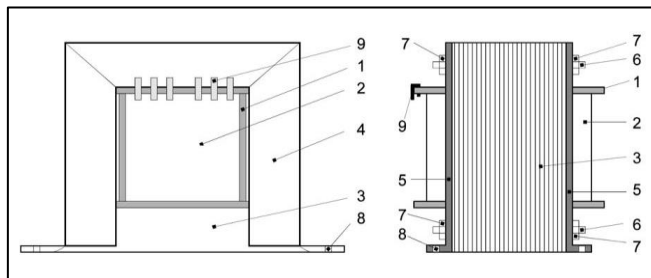
Energia joacă un rol crucial în susținerea diverselor activități umane și progrese tehnologice, iar eficiența în utilizarea acesteia devine din ce în ce mai importantă în contextul actual. În această lumină, proiectul are ca obiectiv principal optimizarea procesului de conversie a energiei electrice, oferind soluții eficiente pentru alimentarea aparatelor electronice de capacitate redusă prin dezvoltarea unui transformator monofazat de rețea de mică putere ($P < 500\text{W}$).

Energia electrică este produsă în centrale electrice, transformând diverse forme de energie precum cea chimică din combustibili, potențiala a apelor, atomică sau eoliană. De la centrale, energia este transmisă pe linii electrice către marii consumatori (orașe, platforme industriale), distribuindu-se către stații de transformare aproape de aceștia. De aici, transformatoarele reduc tensiunea (de exemplu, de la 220V) pentru a alimenta diferite echipamente casnice sau industriale. Transformatoarele pot acționa ca ridicătoare sau coborâtore de tensiune, adaptând-o la nevoile specifice ale consumatorilor.

Transformatorul electric este un dispozitiv electromagnetic format din două sau mai multe înfășurări fixe, în care are loc transferul de energie electrică, modificând parametrii puterii electromagnetice de la o rețea primară de curent alternativ la o rețea secundară, tot sub formă de curent alternativ. Ulterior, curentul alternativ este transformat în curent continuu prin redresoare electrice.

Componentele principale ale unui transformator sunt:

- o bobină, numită primar;
- o a doua bobină, numită secundar;
- un miez de fier care trece prin centrul ambelor bobine;
- o ramă metalică ce înconjoară miezul metalic și bobinele.



(a) Transformator de rețea asamblat cu manta; (b) Transformator de rețea asamblat cu prezoane; 1- carcasă, 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.

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

a) obținerea tolelor, din tablă de ferosiliciu (oțel cu conținut ridicat de siliciu) obținută conform unor standarde, prin ștanțare în matriță;

b) tratamentul termic al tolelor ștanțate (recoacere la temperatura de cca. 850°C , urmată de răcire lentă), pentru detensionare mecanică și refacerea proprietăților magnetice, afectate de procesul de prelucrare mecanică;

c) realizarea carcasei, prin injecție de material plastic în matriță sau prin montaj din elemente constitutive specifice, obținute în prealabil prin ștanțare, din prespan, textolit, pertinax, steclostratitex, etc.;

d) bobinarea înfășurărilor, pe carcasa obținută anterior, cu ajutorul unor mașini de bobinat semiautomate sau automate, utilizând conductori din cupru izolați cu email, realizați în conformitate cu anumite standarde. Vom folosi standardul românesc (STAS 685-58);

Observație:

Bobinarea transformatoarelor de rețea se poate realiza, în funcție de cerințele tehnico-economice impuse, în două tehnici:

- "fără izolație între straturi"

- "cu izolație între straturi"

e) introducerea tolelor în carcasă - operație denumită "lamelarea transformatorului".

f) strângerea miezului magnetic cu o manta sau cu scoabe, prezoane și piulițe pentru a împiedica vibrația tolelor în timpul funcționării transformatorului.

g) impregnarea transformatorului prin imersie în parafină topită sau în lac poliuretanic (de ex. 3503 Ez) care polimerizează prin încălzire în cuptor, la o temperatură de $80 \pm 1000^\circ\text{C}$, timp de cca. 1 oră.

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

Clasificarea transformatoarelor se face după mai multe criterii:

a) din punct de vedere al utilizării:

- de putere;
- de construcție specifică;
- de mare intensitate;
- cu mai multe înfășurări;
- schimbarea numărului de faze;
- autotransformatoare;
- de măsură;
- pentru sudare.

b) din punct de vedere al numărului de faze:

- monofazate;
- polifazate.

c) din punct de vedere al răcirii:

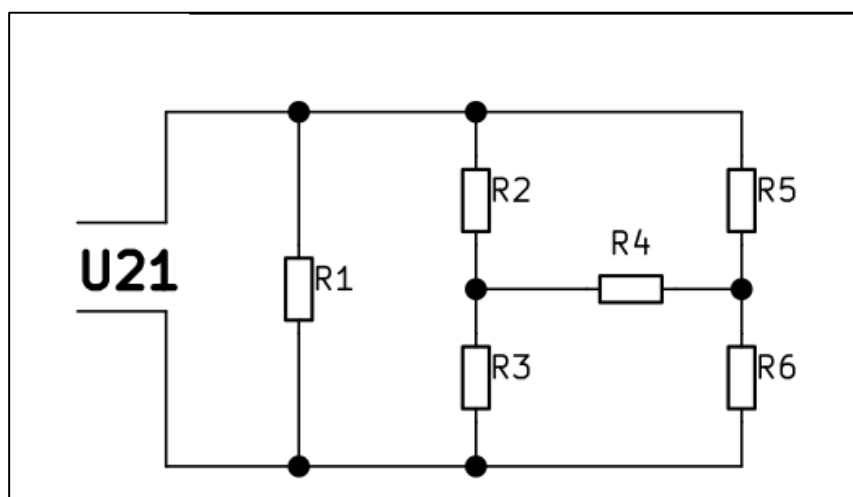
- cu aer;
- cu ulei;
- naturală;
- forțată.

Proiectarea transformatorului începe cu parametri precum $U_1[\text{V}]$ și $f[\text{Hz}]$, unde se ia în considerare și K , reprezentând numărul de înfășurări secundare, $U_2[\text{V}]$, și $BM[\text{J}]$, care reprezintă inducția maximă adusă în miezul magnetic. Scopul proiectării transformatorului de rețea constă în

determinarea, prin calcul, a datelor necesare pentru realizarea practică a acestuia, incluzând parametri precum n_1 , n_2 , K , d_1 , d_2 , a [mm], b [mm], și N .

METODOLOGIA DE PROIECTARE

Proiectul urmărește realizarea transformatorului monofazat de mică putere destinat alimentării circuitului ilustrat în imagine. Etapele ulterioare vor implica selecția rezistențelor $R_1...R_6$, astfel încât să asigure funcționarea corespunzătoare a transformatorului. Acestea vor fi ilustrate printr-un furnizor. Temperatura mediului ambiant este de 10...80 grade Celsius.



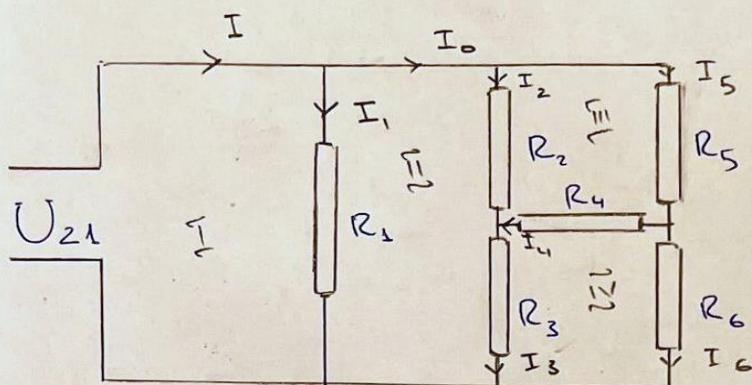
Transformatorul monofazic va fi conceput și construit cu referire la informațiile din tabelul de mai jos, reprezentând un ghid detaliat pentru specificațiile necesare. Acest tabel furnizează date esențiale precum puterea nominală, tensiunea primară și secundară, curentul nominal și alți parametri critici, constituind baza de proiectare pentru întregul proces tehnologic:

U_1, f	Tip comp.	$U_{21}[V]$	$R_1[\Omega]$	$R_2[\Omega]$	$R_3[\Omega]$	$R_4[\Omega]$	$R_5[\Omega]$	$R_6[\Omega]$
230V,50Hz	THD	13	14	15	6.8	22	10	39

Proiectarea transformatorului și selectarea rezistențelor vor fi efectuate în concordanță cu specificațiile tehnice ale circuitului asociat și cu cerințele de temperatură ale mediului ambiant. Aceasta implică nu doar optimizarea parametrilor electrice, ci și alegerea materialelor rezistente la variațiile de temperatură.

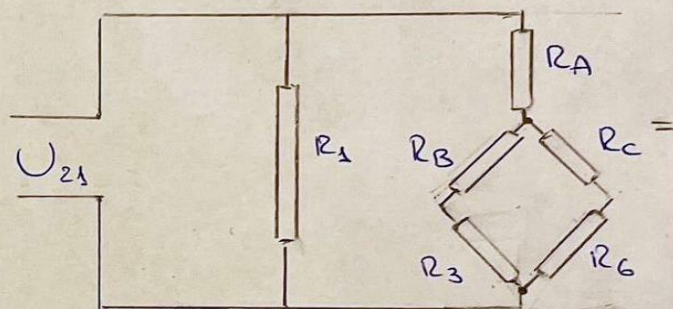
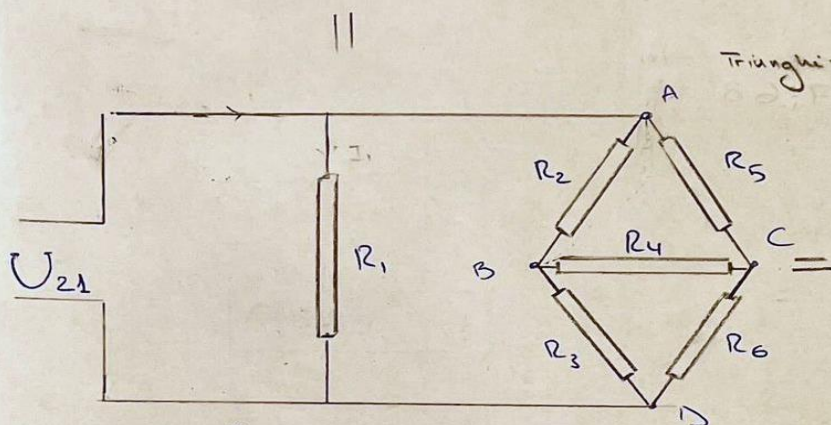
Prin abordarea atentă a acestor aspecte, proiectul vizează nu doar crearea unui transformator eficient și adaptat circuitului specific, ci și asigurarea durabilității și fiabilității în condiții termice diverse. Astfel, transformatorul rezultat va îndeplini nu doar criteriile de funcționare, ci și standardele de performanță și robustețe necesare pentru o gamă variată de aplicații.

Primul pas în proiectarea unui transformator monofazic implică calculul curenților și al puterilor disipate în rezistoarele rețelei:



$$U_1 = 230 \text{ V} \quad | \quad U_{21} = 13 \text{ V}$$

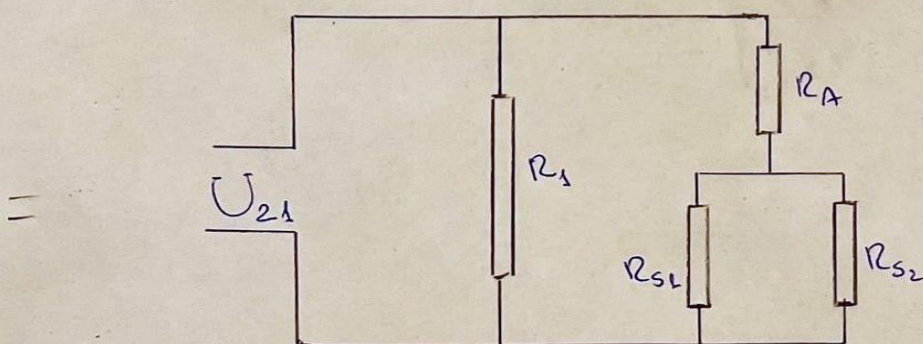
$$\begin{cases} R_1 = 14 \, \Omega \\ R_2 = 15 \, \Omega \\ R_3 = 6,8 \, \Omega \\ R_4 = 22 \, \Omega \\ R_5 = 10 \, \Omega \\ R_6 = 39 \, \Omega \end{cases}$$



Calcul R_e :

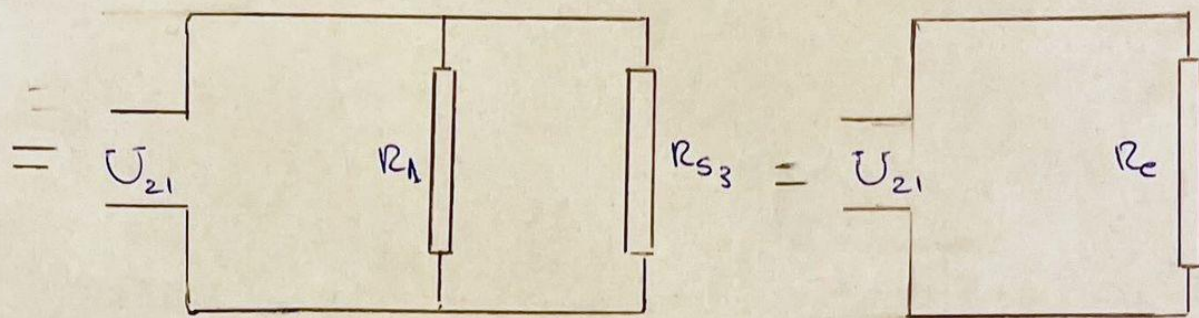
$$\begin{cases} R_A = \frac{R_2 \cdot R_5}{R_2 + R_4 + R_5} = \frac{15 \cdot 10}{15 + 22 + 10} \approx 3,19 \, \Omega \\ R_B = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4 + R_5} = \frac{15 \cdot 22}{15 + 22 + 10} \approx 7,02 \, \Omega \\ R_C = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_2 + R_4 + R_5} = \frac{22 \cdot 10}{15 + 22 + 10} \approx 4,68 \, \Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_B \text{ și } R_3 \text{ sunt în serie} \Rightarrow R_{S1} = R_B + R_3 = 13,82 \, \Omega \\ R_C \text{ și } R_6 \text{ sunt în serie} \Rightarrow R_{S2} = R_C + R_6 = 43,68 \, \Omega \end{cases}$$



$$R_{s1} \text{ și } R_{s2} \text{ sunt în paralel} \Rightarrow R_p = \frac{R_{s1} \cdot R_{s2}}{R_{s1} + R_{s2}} \approx 10,49 \Omega$$

$$R_A \text{ și } R_p \text{ sunt în serie} \Rightarrow R_{s3} = R_A + R_p = 13,68 \Omega$$



$$R_e = \frac{R_1 \cdot R_{s3}}{R_1 + R_{s3}} \Rightarrow \boxed{R_e = 6,91 \Omega}$$

Calcul curenți:

$$\text{I: } U_{21} = I_1 \cdot R_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U_{21}}{R_1} = \frac{13}{14} \Rightarrow \boxed{I_1 \approx 0,92 \text{ A}}$$

$$U_{21} = I \cdot R_{ech} \Rightarrow I = \frac{U_{21}}{R_e} = \frac{13}{6,91} \Rightarrow \boxed{I \approx 1,88 \text{ A}}$$

$$I = I_1 + I_0 \Rightarrow I_0 = 1,88 - 0,92 \Rightarrow \boxed{I_0 = 0,96 \text{ A}}$$

$$\begin{cases} I_2 + I_5 = I_0 \\ I_3 + I_6 = I_0 \end{cases}$$

Kirchhoff:

$$\text{II: } I_2 R_2 + I_3 R_3 - I_1 R_1 = 0$$

$$\text{III: } I_5 R_5 + I_4 R_4 - I_2 R_2 = 0$$

$$\text{IV: } I_6 R_6 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = 0$$

$$I_0 = I_2 + I_5$$

$$I_5 = I_4 + I_6$$

$$I_3 = I_2 + I_4$$

Avem:

$$\begin{cases} U_{21} = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 \\ U_{21} = I_5 \cdot R_5 + I_6 \cdot R_6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{21} = (0,96 - I_5) R_2 + (0,96 - I_6) R_3 = \\ U_{21} = I_5 \cdot R_5 + I_6 \cdot R_6 = \end{cases}$$

$$\Rightarrow 13 = (0,96 - I_5) \cdot 15 + (0,96 - I_6) \cdot 6,8 =$$

$$\Rightarrow 13 = 14,4 - 15 I_5 + 6,528 - 6,8 I_6 =$$

$$\Rightarrow 15 I_5 + 6,8 I_6 = 7,928 =$$

$$\Rightarrow I_6 = \frac{7,928 - 15 I_5}{6,8}$$

$$\Rightarrow U_{21} = I_5 \cdot R_5 + I_6 \cdot R_6 =$$

$$\Rightarrow U_{21} = 10 I_5 + 39 \cdot \frac{7,928 - 15 I_5}{6,8} =$$

$$\boxed{I_5 \approx 0,42 \text{ A}}$$

$$I_6 = \frac{7,928 - 15 I_5}{6,8} \Rightarrow \boxed{I_6 \approx 0,239 \text{ A}}$$

$$\text{Dar } I_2 + I_5 = I_0 \Rightarrow I_2 = I_0 - I_5 \Rightarrow \boxed{I_2 = 0,54 \text{ A}}$$

$$I_3 + I_6 = I_0 \Rightarrow I_3 = I_0 - I_6 \Rightarrow \boxed{I_3 = 0,721 \text{ A}}$$

$$\text{II} \Rightarrow I_4 R_4 = I_2 R_2 - I_5 R_5 \Rightarrow I_4 = \frac{I_2 R_2 - I_5 R_5}{R_4} =$$

$$\Rightarrow I_4 = I_3 - I_2 \Rightarrow \boxed{I_4 = 0,181 \text{ A}}$$

\Rightarrow Curenții :

$$\left\{ \begin{array}{l} I = 1,88 \text{ A} \\ I_0 = 0,96 \text{ A} \\ I_1 = 0,92 \text{ A} \\ I_2 = 0,54 \text{ A} \\ I_3 = 0,721 \text{ A} \\ I_4 = 0,181 \text{ A} \\ I_5 = 0,42 \text{ A} \\ I_6 = 0,239 \text{ A} \end{array} \right.$$

și

$$R_e = 6,91 \Omega$$

Ca ajutorul curenților calculați, putem determina puterea disipată de fiecare rezistor și puterea totală:

- Puterea totală:

$$P_t = R_{ech} \cdot I^2 = 6,91 \cdot (1,88)^2 = 24,44 \text{ W}$$

- Puterea disipată pe rezistorul R_1 :

$$P_{R_1} = R_1 \cdot I_1^2 = 14 \cdot (0,92)^2 = 11,849 \text{ W}$$

- Puterea disipată pe rezistorul R_2 :

$$P_{R_2} = R_2 \cdot I_2^2 = 15 \cdot (0,54)^2 = 4,374 \text{ W}$$

- Puterea disipată pe rezistorul R_3 :

$$P_{R_3} = R_3 \cdot I_3^2 = 6,8 \cdot (0,721)^2 = 3,534 \text{ W}$$

- Puterea disipată pe rezistorul R_4 :

$$P_{R_4} = R_4 \cdot I_4^2 = 22 \cdot (0,181)^2 = 0,72 \text{ W}$$

- Puterea disipată pe rezistorul R_5 :

$$P_{R_5} = R_5 \cdot I_5^2 = 10 \cdot (0,42)^2 = 1,764 \text{ W}$$

- Puterea disipată pe rezistorul R_6 :

$$P_{R_6} = R_6 \cdot I_6^2 = 39 \cdot (0,239)^2 = 2,227 \text{ W}$$

Următorul pas pentru proiectarea transformatorului este alegerea unor rezistoare corespunzătoare de tip THT:

- Pentru rezistența $R_2 = 15 \Omega$ și $P_{R_2} = 4.37 W$ am ales un rezistor de tip THT cu rezistența de 15Ω , $P_N > P_{R_2}$, puterea nominală fiind egală cu $P_N = 5 W$:



**EP5WS15RJ - Through Hole Resistor,
15 ohm, EP, 5 W, $\pm 5\%$, Axial Leaded,
500 V**

Producător: NEOHM - TE
CONNECTIVITY

- Pentru rezistența $R_3 = 6.8 \Omega$ și $P_{R_2} = 3.53 W$ am ales un rezistor de tip THT cu rezistența de 6.8Ω , $P_N > P_{R_3}$, puterea nominală fiind egală cu $P_N = 4 W$:



**EP4WSS6R8J - Through Hole
Resistor, 6.8 ohm, EP Series, 4 W, \pm
5%, Axial Leaded, 500 V**

Producător: NEOHM - TE
CONNECTIVITY

- Pentru rezistența $R_4 = 22 \Omega$ și $P_{R_2} = 0.72 W$ am ales un rezistor de tip THT cu rezistența de 22Ω , $P_N > P_{R_4}$, puterea nominală fiind egală cu $P_N = 1 W$:



**EP1W22RJ - Through Hole Resistor,
22 ohm, EP, 1 W, $\pm 5\%$, Axial Leaded,
500 V**

Producător: NEOHM - TE
CONNECTIVITY

- Pentru rezistența $R_5 = 10 \Omega$ și $P_{R_2} = 1.76 W$ am ales un rezistor de tip THT cu rezistența de 10Ω , $P_N > P_{R_5}$, puterea nominală fiind egală cu $P_N = 2 W$:



**ROX2SJ10R - Through Hole Resistor,
10 ohm, ROX, 2 W, $\pm 5\%$, Axial
Leaded, 350 V**

Producător: NEOHM - TE
CONNECTIVITY

- Pentru rezistența $R_6 = 39 \Omega$ și $P_{R_2} = 2.22 W$ am ales un rezistor de tip THT cu rezistența de 39Ω , $P_N > P_{R_6}$, puterea nominală fiind egală cu $P_N = 3 W$:



**ROX3SJ39R - Through Hole Resistor,
39 ohm, ROX, 3 W, $\pm 5\%$, Axial
Leaded, 350 V**

Producător: NEOHM - TE
CONNECTIVITY

- Pentru rezistența $R_1 = 14 \Omega$ și $P_{R2} = 11.84 W$ am ales să leg doua rezistoare de tip THT cu rezistența de 2Ω , $P_N > P_{R1}$, puterea nominală fiind egală cu $P_N = 10 W$, respectiv de rezistentă 12Ω , $P_N > P_{R1}$, puterea nominală fiind egală cu $P_N = 3 W$. Am făcut acest lucru, deoarece nu am găsit un rezistor, la nici un furnizor care să îndeplinească condițiile:



**ROX3SJ12R - Through Hole Resistor,
12 ohm, ROX, 3 W, $\pm 5\%$, Axial
Leaded, 350 V**

Producător: NEOHM - TE
CONNECTIVITY



**EP10WSS2R0JBB - Through Hole
Resistor, 2 ohm, EP Series, 10 W, \pm
5%, Axial Leaded, 500 V**

Producător: NEOHM - TE
CONNECTIVITY

*Componentele au fost alese de pe site-ul www.ro.farnell.com
Furnizor - Farnell® România

REZULTATE

Proiectarea unui transformator de rețea cuprinde următoarele etape de calcul:

a) se evaluează puterea totală absorbită din secundar, P_2 [W] astfel:

$$P_2 \text{ [W]} = \sum_k P_{2k} = \sum_k U_{2k} \cdot I_{2k} = 13 \cdot 1,88 = 24,44 \text{ W}$$

b) se calculează puterea absorbită în primar, P_1 [W], pentru un randament estimat al transformatorului, $\eta = 0,85$.

$$P_1 \text{ [W]} = \frac{P_2 \text{ [W]}}{\eta} = \frac{24,44}{0,85} = 28,752 \text{ W}$$

c) se dimensionează secțiunea în fier, S_{Fe} [cm²] a miezului magnetic, cu relația:

$$S_{Fe} \text{ [cm}^2\text{]} = 1,2 \cdot \sqrt{P_1 \text{ [W]}} = 1,2 \cdot 5,362 = 6,434 \text{ cm}^2$$

d) Se calculează numărul de spire pe volt cu relația:

$$n_0 = \frac{45 \div 48}{S_{Fe}}$$

dedusă din legea inducției electromagnetice, pt. $f = 50 \text{ Hz}$ și $B_M = 1,2 \text{ T}$.

$$n_0 = \frac{48}{6,434} = 7,46 \text{ [sp/V]}$$

e) Se calculează numărul de spire din înfășurarea primară n_1 , cu relația:

$$n_1 = n_0 \cdot U_1 \quad \Rightarrow \quad n_1 = 1715,8 \approx 1716 \text{ [sp]}$$

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

$$n_{2k} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{2k} = n_{21} = 1,1 \cdot n_0 \cdot U_{21} = \\ \Rightarrow n_{21} = 106,678 \approx 107 \text{ sp}$$

g) Se determină mărimea curentului din primar, I_1 , cu relația:

$$I_1 [\text{A}] = \frac{P_1 [\text{W}]}{U_1 [\text{V}]} = \frac{28,752}{230} = 0,125 \text{ A}$$

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

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

$$d_1 = 0,65 \cdot \sqrt{0,125} = 0,122 \text{ mm}$$

$$d_{21} = 0,65 \cdot \sqrt{1,88} = 0,89 \text{ mm} \approx 0,9 \text{ mm}$$

i) Se calculează ariile ocupate de înfășurarea primară, A_1 [cm²], respectiv de înfășurarea secundară, A_2 [cm²], în fereastra toleu, utilizându-se coeficienții de umplere c_1 sau c_2 indicați în tabel în funcție de procedeu de bobinare adoptat, conform relațiilor:

$$A_1 [\text{cm}^2] = \frac{n_1}{c_{1;2}} \quad \bigg| \quad A_2 [\text{cm}^2] = \sum_k A_{2k} = \sum \frac{n_{2k}}{c_{1;2}}$$

$$\text{Pentru } d_1 = 0,22 \text{ mm} \Rightarrow \begin{cases} C_1 = 1210 \text{ [sp/cm}^2\text{]} \\ C_2 = 1460 \text{ [sp/cm}^2\text{]} \end{cases}$$

$$\text{Pentru } d_{21} = 0,9 \text{ mm} \Rightarrow \begin{cases} C_1 = 78 \text{ [sp/cm}^2\text{]} \\ C_2 = 93 \text{ [sp/cm}^2\text{]} \end{cases}$$

Cazul I: Cu izolație între straturi

$$\left\{ \begin{array}{l} A_1 = \frac{n_1}{C_1} \quad \text{și} \quad A_2 = \sum_k \frac{n_{2k}}{C_1} \\ \Rightarrow A_1 = \frac{1716}{1210} = 1,41 \text{ cm}^2 \quad \Bigg| \quad A_2 = \frac{n_{21}}{C_1} = \frac{107}{78} = 1,37 \text{ cm}^2 \end{array} \right.$$

Cazul II: Fără izolație între straturi

$$\left\{ \begin{array}{l} A'_1 = \frac{n_1}{C_2} \quad \text{și} \quad A'_2 = \sum_k \frac{n_{2k}}{C_2} \\ \Rightarrow A'_1 = \frac{1716}{1460} = 1,17 \text{ cm}^2 \quad \Bigg| \quad A'_2 = \frac{107}{93} = 1,15 \text{ cm}^2 \end{array} \right.$$

88

se calculează aria totală ocupată de înfășuratori $A_+ [\text{cm}^2]$ cu relația:

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

Cazul I: Cu izolație între straturi

$$A_+ = A_1 + A_2 = 1,41 + 1,37 = 2,78 \text{ cm}^2$$

Cazul II: Fără izolație între straturi

$$A'_+ = A'_1 + A'_2 = 2,32 \text{ cm}^2$$

K) se dimensionează tola necesară, respectiv se determină mărimea parametrului a [mm], pentru un factor de umplere optim $f_0 = 0,7$, cu relația:

$$a \text{ [mm]} = \sqrt{\frac{A_1 \text{ [cm}^2\text{]}}{0,03 \cdot 0,7}} = 6,9 \cdot \sqrt{A_1 \text{ [cm}^2\text{]}}$$

Cazul I : cu izolație între straturi

$$a \text{ [mm]} = 6,9 \cdot \sqrt{2,78} = 11,504 \text{ mm}$$

Cazul II : fără izolație între straturi

$$a' \text{ [mm]} = 6,9 \cdot \sqrt{2,32} = 10,509 \text{ mm}$$

Se aleg tolele standardizate E12,5 și E10 și se verifică factorul de umplere cu tola standardizată, f' standard:

$$f'_{\text{standard}} = \frac{A_1}{0,03 \cdot (12,5)^2} = 0,59$$

$$f'_{\text{standard}} = \frac{A_1'}{0,03 \cdot 10^2} = 0,76 \in [0,64 \div 0,76]$$

→ Nu îndeplinește condiția $f' \in [0,64 \div 0,76]$:

⇒ Alegem tola E10 :

$$f'_{\text{standard}} = \frac{A_1}{0,03 \cdot 10^2} = 0,92$$

Observăm că valoarea cea mai apropiată de intervalul $f' \in [0,64 \div 0,76]$ este pentru tola E12,5

el) se calculează grosimea pachetului de tole b [mm] cu tola standardizată, folosind relația:

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

Cazul I: Cu izolație între straturi

$$b \text{ [mm]} = \frac{6,434}{0,02 \cdot 12,5} = 25,736 \text{ mm}$$

Cazul II: Fără izolație între straturi

$$b' \text{ [mm]} = \frac{6,434}{0,02 \cdot 10} = 32,17 \text{ mm}$$

m) se evaluează numărul de tole necesar, N funcție de grosimea acestora $g_{1,2}$ ($g_1 = 0,35 \text{ mm}$; $g_2 = 0,5 \text{ mm}$).

$$N \text{ [tole]} = \frac{b \text{ [mm]}}{g_{1,2} \text{ [mm]}}$$

Cazul I: Cu izolație între straturi

$$\text{pt. } g_1: N = \frac{25,736}{0,35} = 73,53 \text{ tole} \xrightarrow{\text{rotunjire}} N = 74 \text{ tole}$$

$$\text{pt. } g_2: N = \frac{25,736}{0,5} = 51,472 \text{ tole} \xrightarrow{\text{rotunjire}} N = 52 \text{ tole}$$

Cazul II: Fără izolație între straturi

$$\text{pt. } g_1: N' = \frac{32,17}{0,35} = 91,91 \text{ tole} \xrightarrow{\text{rotunjire}} N = 92 \text{ tole}$$

$$\text{pt. } g_2: N' = \frac{32,17}{0,5} = 64,34 \text{ tole} \xrightarrow{\text{rotunjire}} N = 65 \text{ tole}$$

CONCLUZII

În concluzie, realizarea proiectului dedicat transformatorului monofazic reprezintă un efort complex și detaliat, implicând numeroase etape tehnologice esențiale. De la achiziționarea și tratarea termică a tolelor, până la construcția carcasei, bobinarea înfășurărilor și controlul tehnic de calitate, fiecare pas este crucial pentru obținerea unui transformator monofazic cu performanțe superioare și caracteristici conforme standardelor tehnice și de calitate.

Abordarea metodică a procesului de proiectare și construcție, având în vedere variabile precum puterea absorbită, secțiunea în fier a miezului magnetic, numărul de spire, dimensiunile conductorilor și grosimea tolelor, asigură obținerea unui produs final fiabil și eficient. Acest demers nu doar îndeplinește standardele tehnice, ci contribuie și la furnizarea unei soluții inovatoare și viabile pentru necesitățile dinamice ale aplicațiilor de alimentare cu energie electrică.

Prin urmare, proiectul nu se rezumă doar la realizarea unui transformator monofazic, ci reprezintă un angajament în furnizarea unei soluții de calitate, cu potențialul de a răspunde cerințelor în continuă evoluție ale industriei energetice.

BIBLIOGRAFIE

1. AEXA A6 - TEHNOLOGIA ȘI PROIECTAREA TRANSFORMATORULUI DE REȚEA MONOFAZIC DE MICĂ PUTERE

https://curs.upb.ro/2023/pluginfile.php/211801/mod_folder/content/0/Tehnologia%20si%20proiectarea%20transformatorului.pdf

2. Curs mașini electrice (Mircea Gogu) - TRANSFORMATOARE ELECTRICE

https://mircea-gogu.ro/pdf/Curs%20Masini%20electrice/capitolul_II.pdf

3. Farnell

<https://ro.farnell.com/>

4. Illustrationprize - Transformator Eficiență

<https://illustrationprize.com/ro/694-transformer-efficiency.html>

5. Scribd (Claudia Condurache) - PROIECTAREA TEHNOLOGIEI DE FABRICAȚIE A TRANSFORMATORULUI DE MICĂ PUTERE

<https://www.scribd.com/doc/58454244/Proiectarea-Transformatorului-de-Mica-Putere>

6. ScriGroup - Proiectarea transformatorului de rețea de mică putere

<https://www.scrigroup.com/tehnologie/electronica-electricitate/Proiectarea-transformatorului-21353.php>

7. Slide serve - Tranformatorul electric

<https://www.slideserve.com/ulmer/transformatorul-electric>

8. Tactile images - Transformator electric

<https://tactileimages.org/ro/libraria-aplicatiei/transformator-electric/>

9. TEM – Electronic components

https://www.tme.eu/ro/katalog/rezistente-tht_112312/?params=38:1436585;36:1436913_rezistenta:2o;putere:3w

