

LUCRAREA A4
REGIMUL TERMIC AL BOBINEI DE EXCITAȚIE
A UNUI CONTACTOR DE CURENT CONTINUU

1. Tematica lucrării

- 1.1. Regimul termic tranzitoriu într-un anumit punct din bobină.
- 1.2. Determinarea repartiției experimentale a câmpului termic staționar în bobina electromagnetului de acționare.
- 1.3. Calculul factorului de umplere al bobinei.
- 1.4. Calculul puterii calorice volumice medii dezvoltate în bobină.
- 1.5. Calculul conductivității termice globale a bobinei.
- 1.6. Calculul transmisivității globale a căldurii la suprafața periferică a bobinei.

2. Schema de montaj

Se va realiza montajul din figura 1, în care:

R - reostat 190 Ω ; 2A;

A - ampermetru 0 - 1 - 5 A;

V - voltmetru 0 - 12 - 120 - 600 V;

E36(A) - aparat înregistrator prevăzut cu 12 canale, pentru măsurarea temperaturii Θ în diferite puncte ale bobinei;

C - cadru izolant pe care se află contactorul cu bobina E și bornele B de la termocuple, în număr de 11.

P - pupitru de alimentare.

3. Modul de lucru

În interiorul bobinei electromagnetului sunt amplasate termocupurile conform **figurii 2**. Dimensiunile geometrice indicate în figură sunt:

$$r_1 = 19 \text{ mm} \quad r_3 = 35 \text{ mm} \quad r_5 = 52 \text{ mm} \quad r_{\text{ex}} = 53 \text{ mm}$$

$$r_2 = 27 \text{ mm} \quad r_4 = 44 \text{ mm} \quad r_0 = 29 \text{ mm} \quad h = 96 \text{ mm}$$

Termocuplurile 1 , 6 și 10 sunt plasate între bobinaj și carcasa bobinei . Termocuplurile 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 sunt plasate în înfășurare. Termocuplul 11 se află plasat pe suprafața exterioară a bobinei.

Numărul de spire este $N = 4600$. Conductorul bobinei este izolat cu email, având diametrul neizolat $d = 0,7 \text{ mm}$ și diametrul izolat $d_{\text{iz}} = 0,75 \text{ mm}$.

3.1. Regimul termic tranzitoriu este studiat experimental cu ajutorul aparatului E 36(A). Se alimentează bobina cu un curent de 0,6 A, care se menține constant timp de 120 min cât durează experimentările. Aparatul E 36(A) înregistrează evoluția în timp a temperaturii în cele 11 puncte în care sunt fixate termocupluri; al doisprezecelea canal va indica temperatura mediului ambiant.

Se măsoară rezistența bobinei prin metoda industrială, la rece (R_i la $t = 0$) și la cald (R_f la $t = 120 \text{ min}$).

Din curbele înregistrate se extrage variația supratemperaturii în punctele 2, 5 și 6. Valorile se trec în tabelul 1 și se trasează curbele $\theta = f(t)$ pentru cele trei termocuple indicate, unde

$$\theta = \Theta - \theta_{\text{ma}} .$$

Tabelul 1

t [min]		10	20	30	120
θ [C]	T2					
	T5					
	T6					

În cazul bobinei studiate, constanta de timp T fiind prea mare, nu se poate determina experimental supratemperatura θ_{max} în regim stabilizat . Se va

determina θ_{\max} și T pentru toate cele 11 puncte pornind de la datele experimentale, fie prin metoda grafo-analitică indicată în [1], fie prin rezolvarea sistemului:

$$\theta_1 = \theta_{\max}(1 - e^{-t_1/T}) \quad \theta_2 = \theta_{\max}(1 - e^{-t_2/T}) \quad (1)$$

unde θ_1 și θ_2 sunt supratemperaturile la momentele t_1 și t_2 , luate pe rând, de pe fiecare dintre curbele înregistrate cu aparatul E 36(A).

Observație

Sistemul se rezolvă mai simplu dacă se alege $t_2 = 2t_1$. Se calculează:

- supratemperatura medie maximă în bobină :

$$\theta_{\max \text{ med}} = \frac{\sum_{i=1}^5 \theta_{\max i} + \theta_{\max 11}}{6} \quad [C] \quad (2)$$

- rezistența maximă a bobinei :

$$R_{\max} = R_i (1 + \alpha_R \theta_{\max \text{ med}}) \quad [\Omega] \quad (3)$$

$$\text{cu } \alpha_R = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ 1/C}$$

-supratemperatura medie la $t = 120$ min:

- prin medierea valorilor măsurate de termocupurile 1, 2, ... 5 și 11:

$$\theta'_{\text{med}} = \frac{\sum_{i=1}^5 \theta_i + \theta_{11}}{6} \quad [C] \quad (4)$$

- prin metoda industrială :

$$\theta_{\text{med}} = \frac{R_f - R_i}{R_i} \left(\frac{1}{\alpha_R} + \theta_{\text{ma}} \right) \quad [C] \quad (5)$$

- rezistența bobinei la $t = 120$ min :

$$R_f' = R_i (1 + \alpha_R \theta'_{\text{med}}) \quad [\Omega] \quad (6)$$

Să se explice diferența între valorile θ_{med} , θ'_{med} și R_f , R'_f .

3.2. Cu valorile supratemperaturii înregistrate la $t = 120$ min să se traseze variația supratemperaturii în bobină pe direcția radială și longitudinală

$\theta = f(r)$ și $\theta = f(h)$. Valorile se trec în tabelul 2.

Tabelul 2

r	mm	$r_1 = 19$	$r_1 = 27$	$r_1 = 35$	$r_1 = 44$	$r_1 = 52$	$r_1 = 53$
θ	[°C]						
h	mm	0	$h/4 = 24$	$h/2 = 48$	$3h/4 = 27$	$h = 96$	
θ	[°C]						

Rezultatele obținute se vor compara cu limitele de încălzire stabilite pentru bobinele izolate în aer sau în ulei de către publicația CEI 60947, date în tabelul următor:

Tabelul 3

Clasa de izolație	Limitele încălzirii (valori det. din variația rezistenței)	
	Bobina în aer	Bobina în ulei
A	85	60
E	100	60
B	110	60
F	135	-
H	160	-

3.3. Factorul de umplere experimental se determină cu dimensiunile date și, eventual, pe baza bobinei selecționate:

$$f_u = \frac{N \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}}{h(r_5 - r_1)} \quad (7)$$

3.4. Puterea calorică volumică medie, dezvoltată în bobină:

$$p_1 = \frac{R_f \cdot I^2}{\pi \cdot (r_5^2 - r_1^2) \cdot h} \quad [\text{W/m}^3] \quad (8)$$

3.5. În ipoteza că fluxul termic s-ar transmite numai pe suprafața periferică exterioară, conductivitatea termică globală (ținând cont de toate mediile care intră în structura heterogenă a bobinei) este:

$$\lambda_g = \frac{p_1}{2 \cdot (\theta_m - \theta_{ex})} \cdot \left(\frac{r_{ex}^2 - r_m^2}{2} - r_m^2 \cdot l_n \frac{r_{ex}}{r_m} \right) \quad [\text{W/m grad}] \quad (9)$$

în care:

θ_m - supratemperatura maximă în interiorul bobinei;

r_m - raza corespunzătoare încălzirii maxime (valoarea stabilită experimental).

3.6. Transmisivitatea globală a căldurii, în ipoteza simplificatoare că fluxul se cedează numai pe suprafața periferică, este:

$$\alpha = \frac{P}{S \cdot \theta_{11}} \quad [\text{W/m}^2 \text{ grad}] \quad (10)$$

$$\text{unde :} \quad P = R_2 I^2 \quad [\text{W}] \quad (11)$$

$$S = 2 \pi r_{ex} h [\text{m}^2]$$

θ_{11} - supratemperatura stabilizată la periferia bobinei.

Se vor face observații asupra transmisiei căldurii în regim staționar în acest caz.

4. Întrebări

1. Să se deseneze o secțiune prin bobina studiată.
2. Cum se stabilește bilanțul energetic al unei bobine parcurse de curent electric; discuția se face pe baza modelului secționat.
3. Să se deseneze calitativ diagrama câmpului de temperatură a unui cablu.
4. Să se deseneze calitativ diagrama câmpului de temperatură a unei bobine.
5. Cum depinde câmpul de temperatură în bobină de geometria și construcția acesteia?
6. Să se justifice relația pentru supratemperatura medie θ_{med} prin metoda variației de rezistență.
7. Care este ordinul de mărime al temperaturilor admisibile la conductoarele izolate de tip cablu și la bobine.
8. Să se explice semnificațiile conductivității termice globale în cazul unei bobine.
9. Ce se înțelege prin transmisivitatea globală a căldurii, notată cu α ?

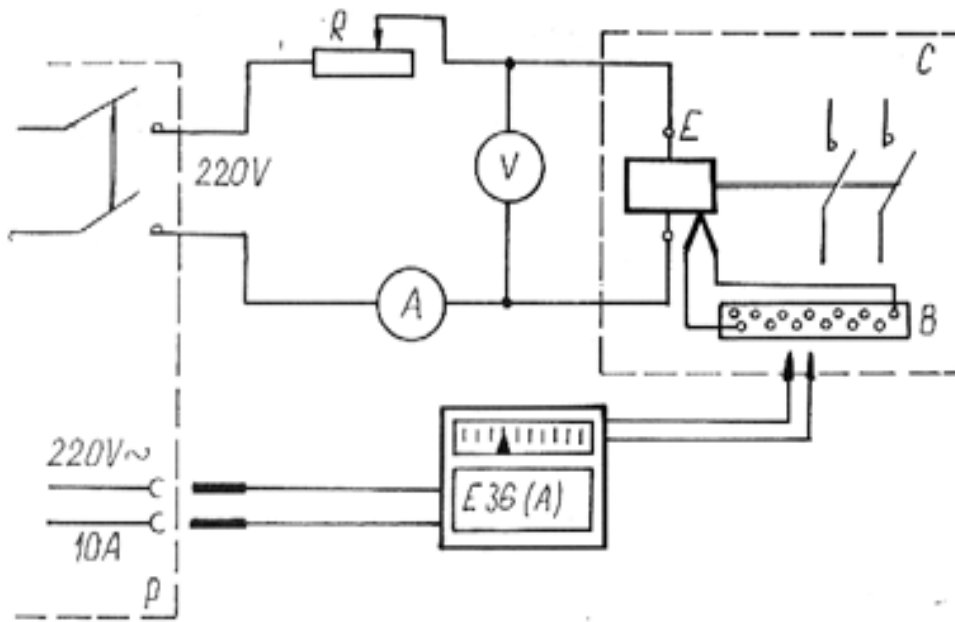


Fig 1. Schema electrică a circuitului de încercare

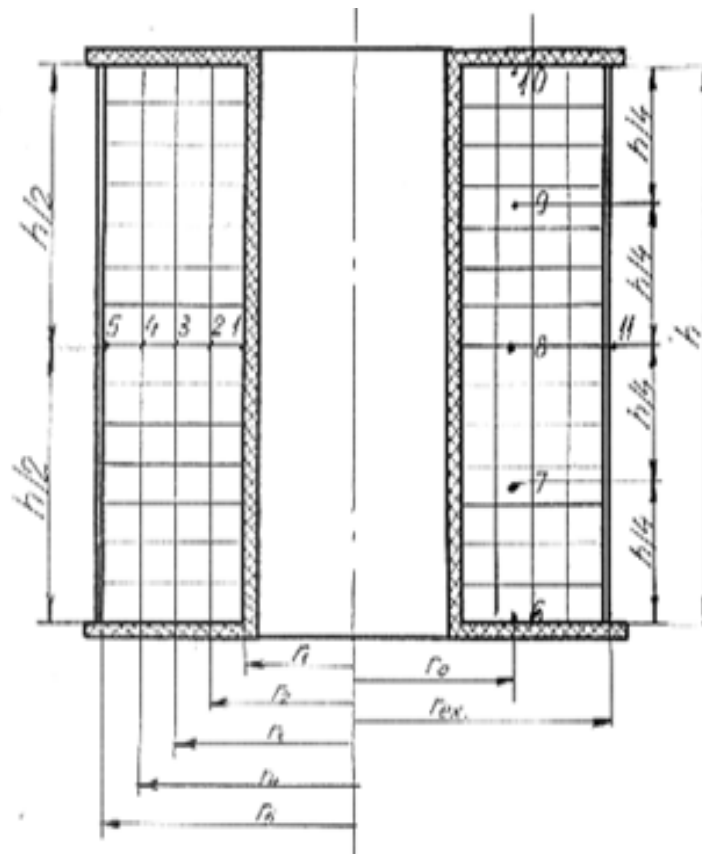


Fig. 2. Secțiune în bobină, cu indicarea amplasării termocuplelor