

PROCESUL TEHNOLOGIC DE CONFEȚIONARE A BOBINELOR INDUCTIVE LA ÎNȚEPRINDERE

Nicolai CATAN, student, *Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului, Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți*
Conducător științific: **Natalia PÎNZARU**, dr., lect. univ.

Abstract: *In this paper is represented the technical parameters of a inductive coil, their types and how they are projecting and made step by step obtaining a good product.*

Keywords: *Inductive coil, inductance, resistance, amperage, voltage, kernell, cooper wire.*

Potrivit sursei [1], bobina inductivă este un tip de transformator electric care produce pulsații de înaltă tensiune de la o sursă de curent continuu. Bobina care este străbătută de curent electric formează în jurul spirelor sale un câmp magnetic, iar proprietățile sale magnetice sunt multiplicare. Câmpul magnetic are proprietăți importante și stă la baza funcționării dispozitivelor electrice, de exemplu, motoare, transformatoare, contactoare. Pentru a evalua câmpul magnetic apărut se utilizează diferite mărimi fizice:

- Fluxul magnetic: reprezintă partea din câmpul magnetic care traversează o linie închisă. Se măsoară în Weber.
- Inducția (densitatea) câmpului magnetic: este densitatea fluxului pe unitatea de suprafață, măsurată în Tesla.
- Excitația câmpului: o bobină cu N spire prin care trece curentul I , dând excitația $H=N*I$. (1), sursa [2].
- Forța magnetomotoare: reprezintă densitatea de excitație pe unitatea de lungime $F=N*I/L$. (2), sursa [2].

Bobinele inductive prezintă un șir de proprietăți:

- Inductanță: Fluxul magnetic produs de o bobină este direct proporțional cu curentul care circulă prin ea (se înseamnă prin L). $\varphi=L*I$. (3), sursa [2].
- Unitatea sa de măsură este Henry, care se notează cu H .
- Tensiunea: O bobină care se alimentează de la un generator de tensiune produce câmp magnetic. La apariția în interiorul bobinei a unui câmp magnetic nu se întâmplă nimic, doar dacă apropiem sau îndepărtăm magnetul de bobină. În acel moment, la bornele bobinei apare o tensiune. O bobină cu un anumit număr de spire supusă unui flux magnetic variabil produce o tensiune. Tensiunea este proporțională cu rata de variație a fluxului.

- Energia stocată în bobină: Dacă analizăm cazul când avem o inductanță fără rezistență, adică fără sarcină, coeficientul de auto-inductanță este constant și străbătut de curentul de intensitate I în timp ce prezintă la bornele sale o tensiune electromotoare. Inițial, intensitatea I_0 care trece prin bobină este egală cu 0, care ulterior trece în intensitatea I_1 . Cantitățile de energie sunt orientate conform convenției generatorului. Dacă calculele efectuate dau o valoare negativă, atunci bobina primește energie. Cantitatea de energie se determină cu relația: $dW=e*I*dt$. (5), sursa [2].

Bobina are diferite domenii de utilizare:

- Inginerie electrică:
 - Filtre pentru realizarea convertoarelor
 - Releu și contactor
 - Motorul pas cu pas
 - Transformatorul de putere
- Electronică
 - Transformatorul de impulsuri
 - Filtrarea pentru difuzoare
 - Circuite oscilante

După cum am menționat anterior parametrul tehnic principal al bobinelor inductive este inductanța electrică.

Potrivit sursei [3], inductanța electrică este capacitatea unei bobine de a acumula energie pentru curentul din circuit.

Inductanța electrică poate fi prezentată în două moduri:

- în funcție de tipul materialului din care este confecționată bobina

$$L=\mu*\frac{N^2*S}{l}$$

$$\mu=\mu_r*\mu_0;$$

μ – permeabilitatea absolută a materialului miezului bobinei;

μ_0 – permeabilitatea vidului;

μ_r – permeabilitatea relativă (pentru aer);

N – numărul de înfășurări;

S – aria secțiunii bobinei;

L – lungimea bobinei.

- în funcție de valorile mărimilor electrice

$$L=\frac{\Phi}{I}, \text{ unde}$$

Φ – fluxul câmpului magnetic; I – curentul electric care trece prin bobină.

Un henry este inducția unei spire prin a cărei suprafață fluxul magnetic este 1 Wb, atunci când spira e parcursă de un curent de 1 A, sursa [2].

Inductanța electrică se măsoară în Henry(H).

Deoarece 1 Henry reprezintă o valoare foarte mare, se folosesc valori simplificate:

1 mH(milihenry) = 10^{-3} H

1 μ H(microhenry) = 10^{-3} mH = 10^{-6} H

1 nH(nanohenry) = 10^{-3} μ H = 10^{-6} mH = 10^{-9} H

Parametrii electrice specifice bobinelor

La construcția bobinelor sunt prezenți 4 factori care influențează asupra valorii inductanței:

1. Materialul miezului bobinei

Inductanță mai mică



Figura 1. Bobină fără miez
miez de aer
permeabilitatea este egală cu 1

Inductanță mai mare

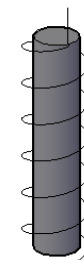


Figura 2. Bobină cu miez
bobină cu miez de fier moale
permeabilitatea este egală cu 6

2. Numărul de spire din înfășurare

Inductanță mai mică



Figura 3. Bobină cu un
număr mic de spire

Inductanță mai mare



Figura 4. Bobină cu un număr mai
mare de spire

3. Aria înfășurărilor

Inductanță mai mică



Figura 5. Bobină cu aria secțiunii înfășurărilor mai mică

Inductanță mai mare

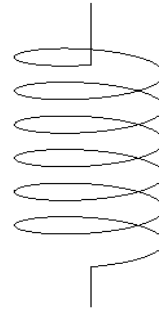


Figura 6. Bobină cu aria secțiunii înfășurărilor mai mare

4. Lungimea înfășurărilor

Inductanță mai mică

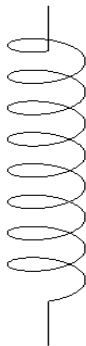


Figura 7. Bobină cu lungimea mare

Inductanță mai mare

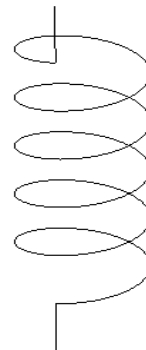


Figura 8. Bobină cu lungimea mică

Pentru a proiecta o bobină inductivă, inițial este nevoie de cunoscut inductanța „L”, diametrul firului „D” și intervalul de frecvență la care va lucra bobina „ ω_0 ”.

Diametrul firului de înfășurare este o mărime standard, deci, avem doar 2 necunoscute de aflat.

Elementele constructive ale unei bobine sunt:

- spirele sau înfășurările;
- carcasa;
- materialul de impregnare;
- miezul.

Tipuri constructive ale bobinelor

- Toroidale



Figura 9. Bobine toroidale

- Cilindrice



Figura 10. Bobină cilindrică

- Încapsulate



Figura 11. Bobine încapsulate

- Reglabile



Figura 12. Bobine reglabile

Pentru a construi bobina vom avea nevoie de unii parametri care sunt ceruți de către client.

Denumire parametru	D_e	D_i	H	μ (permeabilitatea) H/m	l (cm)	S (mm ²)
Valoare	22	14	6	$1,26 \cdot 10^{-2}$	45,39	1

Tensiunea nominală a bobinei o alegem de 24 V, deci avem nevoie de aflat rezistența pentru a determina ce curent va trece prin bobină.

Conform formulei $R = \rho \frac{l}{S}$ și astfel obținem că $R = 8,96 \cdot \frac{45,39}{0,01} = 40,66 \Omega \approx 41 \Omega$.
 $\rho_{Cu} = 8,96 \text{ g/cm}^3$.

Cu ajutorul legii lui Ohm aflăm valoarea intensității: $I = \frac{24}{41} = 0,58 \text{ A} \approx 580 \text{ mA}$.

Analizând rezultatele calculelor vedem că firul nu va rezista la un curent mare deci are nevoie de un miez feromagnetic.

Numărul de înfășurări îl alegem de 40 spire.

Conform formulei $L = \mu \frac{N^2 \cdot S}{l}$, deci $L = 1,26 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{40^2 \cdot 0,01}{45,39} = 0,0044 \text{ H}$ sau $4400 \mu\text{H}$.

Bobina va avea o formă toroidală.

După formula dată unde $L = 0,001 \cdot \frac{N^2 \cdot d}{0,44 + \frac{d}{2}}$, aflăm care este inductanța bobinei fără miez.

$$L = 0,001 \cdot \frac{40^2 \cdot 0,01}{0,44 + \frac{0,01}{0,01}} = 0,001 \cdot \frac{16}{4589,44} = 3,48 \mu\text{H}.$$

Deci miezul bobinei mărește inductanța de 1264 ori.

Verificăm dacă lungimea firului corespunde după formula de mai jos.

$$l = D_m^n \quad (23), \text{ unde } D_m = \frac{D_i + D_e}{2}$$

$$D_m = \frac{22 + 14}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ mm}^2.$$

$$l = 18^4 \cdot 10^{-4} = 104,9 \text{ cm}.$$

Lungimea firului ales este de 45,39 cm, deci nu este de ajuns pentru construcția acestei bobine. Luând în considerare că lungimea firului este de 105 cm, valoarea inductanței își va modifica valoarea:

$$L = 1,26 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{40^2 \cdot 0,01}{105} = 0,0019 \text{ H sau } 1900 \mu\text{H}.$$

Inductanța bobinei se va micșora de 2 ori.

De aici reiese că se va modifica și curentul care va trece prin această bobină.

$$R = 8,96 \cdot \frac{105}{0,01} = 94,08 \Omega \approx 94 \Omega.$$

$$I = \frac{24}{94} = 0,25 \text{ A} \approx 250 \text{ mA}.$$

Din formula care urmează putem determina care va fi intensitatea maximă a curentului care va putea trece prin bobină în timpul când va fi magnetizată.

$$\varphi = L \cdot I, \text{ de unde}$$

$$I = \frac{\varphi}{L} = \frac{1,26 \cdot 10^{-2}}{1900 \cdot 10^{-6}} = 6,63 \text{ A} = 6630 \text{ mA}.$$

După formula de mai jos calculăm care va fi reactanța inductivă a bobinei

$$X_L = \omega L$$
$$X_L = 345 * 0,0019 = 0,65 \Omega.$$

Din formula ce urmează putem afla impedanța pentru a afla pierderile în rezistență.

$$Z_L = r_m(R_p) + \omega L_m(X_L)$$

În mod analog această formula poate fi scrisă ca: $Z_L = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8836 + 0,4225} = \sqrt{8836,4225} = 94,0022 \Omega \approx 94 \Omega.$

De aici reiese că $R_p = 0,0022 \Omega.$

Conform formulei unde $W_m = \frac{1}{2} LI^2$, $W_m = \frac{0,0019 * 6,63^2}{2} = 0,04 J = 40 mJ$

Parametrii bobinei vor fi:

$U = 24 V;$

$I = 6630 mA;$

$L = 1900 \mu H;$

$N = 40$ spire;

$R = 94 \Omega;$

$X_L = 0,65 \Omega;$

$Z_L = 94 \Omega;$

$W_m = 40 mJ.$

Potrivit sursei [10] etapele de producție a unei bobine cu carcasă sunt următoarele:

- debitarea firului;
- înfășurarea pe miez a conductorului;
- dezizolarea conductorului;
- cositorirea firelor;
- tăierea firelor;
- montarea carcasei de protecție;
- măsurarea înălțimii
- înclieirea firelor de placa carcasei;
- verificarea finală.

Pasul 1: Debitarea firului

Firul se taie cu ajutorul mașinii de debitat *MTF-100*.



Figura 13. Mașina de debitat *MTF-100*

Pentru a confecționa bobina avem nevoie de 105 cm de fir. Pe panoul de comandă setăm lungimea firului în mm (1050 mm) și apăsăm comanda CUT.

Pasul 2: Bobinarea firului pe miez

Firul debitat se îndoaie la un capăt cu circa 4 cm pentru a efectua prima înfășurare. Se efectuează 40 înfășurări împrejurul miezului astfel încât înfășurările să ocupe 5/6 din totalitatea miezului. Prima și ultima înfășurare se efectuează separat.

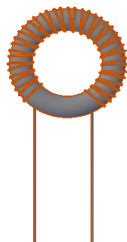


Figura 14. *Înfășurările bobinei*

Pasul 3: Dezizolarea firului

Procedura de dezizolare se efectuează pentru a înlătura stratul izolator de vopsea emailată de pe conductor. Aceasta este o operațiune pre-cositorire.

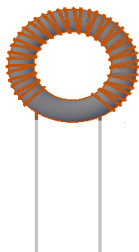


Figura 15. *Fire dezizolate*

Pasul 4: Cositorirea firelor

Firele bobinei se cositoresc pentru a cerea contact la ambele capete ale firului. Mai întâi firele dezizolate se înmoaie în flux, apoi se țin 2-3 secunde în baia de cositor.



Figura 16. *Fire cositorite*

Pasul 5: Tăierea firelor

Firele se taie conform dimensiunilor desenului tehnic. Conductoarele se așează în șablon pentru a regla dimensiunea nominală a pinilor.

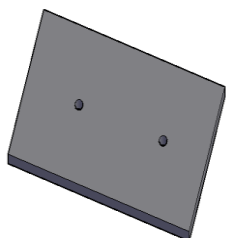


Figura 17. Șablon pentru tăiere

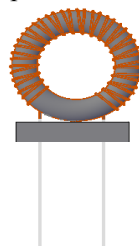


Figura 18. Montarea șablonului

Pasul 6: Montarea carcasi de protecție

Carcasa de protecție servește ca suport pentru bobină și menține fix poziția pinilor pentru ca să fie mai ușor inserarea bobinei pe placă.

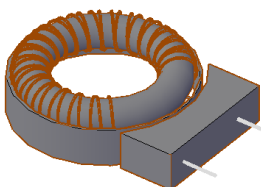


Figura 19. Bobină în carcasă

Pasul 7: Măsurarea înălțimii

După montarea carcasi măsurăm cu ajutorul altimetrului (grosimetrului) înălțimea bobinei.



Figura 20. Altimetru

Pasul 8: Încleierea pinilor de carcasă

Dacă piesa a trecut testul cu altimetru, atunci pinii de contact se încleie de carcasă pentru ca piesa să fie rigidă. După încleiere piesa se depozitează în dulapul de uscare pentru 4 ore la o temperatură de 70° C sau uscare la temperatura camerei pentru 24 ore.

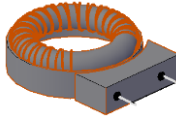


Figura 21. *Lipirea pinilor de contact*

Pasul 9: Verificarea finală

După ce cleiul s-a uscat piesele pot fi supuse unei testări electrice pentru a verifica parametrii tehnici ai bobinei. Testarea se efectuează la stația de măsurat cu ajutorul dispozitivului de măsurare Wayne Kerr.



Figura 22. *Aparat de măsurat Wayne Kerr*

Cu ajutorul dispozitivului de măsurare putem verifica așa parametri tehnici a bobinei ca: inductanța, reactanța, impedanța, rezistența, factorul de calitate, dar și numărul de înfășurări.

Bibliografie:

1. Bobine inductive [online] Disponibil pe: [https://ro.wikipedia.org/wiki/Bobina %C4%83_de_induc%C8%9Bie](https://ro.wikipedia.org/wiki/Bobina_de_inductivitate) (citată la 16.03.23)
2. Parametrii tehnici bobine [online] Disponibil pe: https://www.les-electroniciens.com/sites/default/files/cours/la_bobine.pdf (citată la 16.03.23)
3. Bobine inductive [online] Disponibil pe: <https://ru.scribd.com/doc/170802806/bobine-generalitati-pdf#> (citată la 16.03.23)
4. Proiectarea bobinelor inductive [online] Disponibil pe: <https://ro.dw-inductionheater.com/modul-de-proiectare-a-bobinei-de-%C3%AEnc%C4%83lizire-prin-induc%C8%9Bie.html> (citată la 16.03.23)
5. Bobine inductive. Generalități [online] Disponibil pe: <https://www.slideshare.net/tudorbarosanu/curs-10bobine-2> (citată la 16.03.23)
6. Bobine toroidale [online]- Disponibil pe: <https://www.coilmaster.com.tw/fr/product-372890/Selfs-de-ligne-d-alimentation-en-mode-commun-CMT2207B-27-94x23-62x33-02-mm.html> (citată la 24.04.23)
7. Bobine cilindrice [online] Disponibil pe: <https://www.vicma.ro/bobina-alimentare-yamaha-yfs-blaste-200cc-fabr-88-00-p-15017.html> (citată la 24.03.23)
8. Bobine încapsulate [online] Disponibil pe: <https://italmagneti.it/ITA/product/bobina.aspx> (citată la 24.04.23)
9. Bobine reglabile [online] Disponibil pe: <http://ro.x-fullstar.com/inductor/ift-coil.html> (citată la 24.03.23)
10. Pași necesari pentru confecționarea bobinelor [online] Disponibil pe: <https://www.referatele.com/referate/fizica/online7/BOBINELE---MATERIALE-NECESARE-PENTRU-EXECUTAREA-BOBINELOR-Materiale-electroconductoare-electroizolan.php> (citată la 16.03.23)