



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",  
SEBEȘ, 2011

## PROTECȚIA ELEMENTELOR INDUCTIVE ÎMPOTRIVA TENSIUNILOR INVERSE LA DECONECTARE (I)

Titu-Florin COCIAN, Gheorghe SCHEAU, Mircea TELESCU

### THE PROTECTION OF INDUCTIV ELEMENTS TO INVERSE TENSIONS AT TO DISCONNECT (I)

The paper presents the protection methods of inductive elements counter to inverse tensions at to disconnect

Keywords: release voltage, the diode protection by varistors and Zener diodes

Cuvinte cheie: tensiune inversă, protecție prin diode, prin varistoare și diode Zener

#### 1. Generalități

Procesul transformărilor energetice care au loc într-un electromagnet de curent continuu în momentul conectării la sursa de tensiune, în faza în care armătura este încă imobilă, poate fi studiat pornind de la ecuația circuitului electric al bobinei [1]:

$$U = iR + \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

Înmulțind ambii membri ai ecuației cu „i” și „dt”, se obține ecuația balanței energetice:

$$U_i \cdot dt = i^2 R \cdot dt + i \cdot d\Phi, \quad (2)$$

în care partea stângă reprezintă energia electrică absorbită din rețea în intervalul de timp „dt”, primul termen din partea dreaptă reprezintă pierderile de energie în rezistența electrică a înfășurărilor, iar ultimul termen – energia electrică transformată în energia magnetică în acest interval de timp.

## 2. Balanța transformărilor energetice

Valoarea totală a energiei transformată în energie magnetică în perioada creșterii intensității curentului electric până la valoarea stabilizată, va fi dată de relația:

$$W_m = \int_0^{\Phi_n} i \cdot d\Phi \quad (3)$$

Dacă se consideră curba de magnetizare a unui electromagnet cu armătura imobilă, atunci energia magnetică  $W_m$  exprimată prin relația (3), va putea fi reprezentată grafic, prin suprafața hașurată cuprinsă între curba  $\Phi = f(i)$  și axa ordonatelor, așa cum rezultă din figura 1.

Atunci când ne referim la energia înmagazinată în câmpul magnetic al unui electromagnet de curent continuu, trebuie să avem în vedere energia corespunzătoare fluxului util care trece prin întrefier, cât și energia fluxului de dispersie. În consecință, se poate considera cu aproximație că, energia corespunzătoare fluxului util, este direct proporțională cu numărul de amperspice care revine întrefierului și poate fi reprezentată grafic prin suprafața hașurată cuprinsă între axa ordonatelor și prelungirea porțiunii drepte a curbei de magnetizare.

În acest caz, pornind de la relația (3) și așa cum rezultă grafic din figura 1, această energie va putea fi exprimată prin relația:

$$W_{m_1} = \frac{1}{2} I \Phi \quad (4)$$

Cu totul altfel se prezintă balanța transformărilor energetice dintr-un electromagnet, în cazul în care armătura acestuia este în mișcare.

Vom examina cazul în care armătura se deplasează de la întrefierul inițial  $\delta_i$ , la cel final  $\delta_k$ , reprezentat în figura 2.

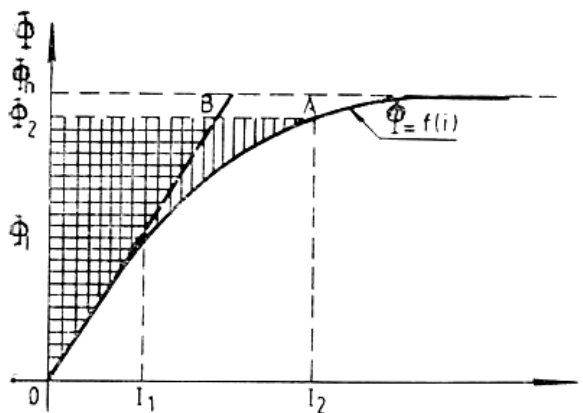


Fig.1 Reprezentarea grafică a energiei înmagazinate în câmpul magnetic al unui electromagnet de c.c. cu armătura imobilă [1]

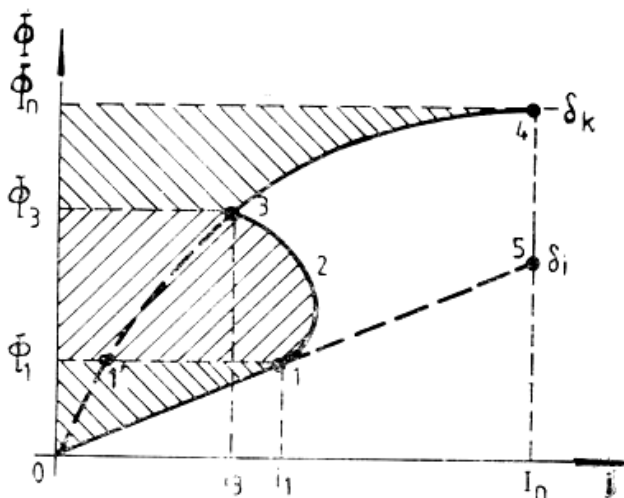


Fig. 2 Reprezentarea grafică a energiei înmagazinate în câmpul magnetic al unui electromagnet de c.c. când armătura se deplasează de la întrefier  $\delta_i$  la întrefierul  $\delta_k$  [1]

După conectarea bobinei electromagnetului la rețea, fluxul magnetic va crește treptat la valoarea  $\Phi_1$ , după curba de magnetizare caracteristică poziției întrefierului inițial  $\delta_i$ .

În acest interval de timp se va transforma în energie magnetică, energia corespunzătoare suprafeței  $0-1-\Phi_1$ .

La atingerea intensității de curent  $i_1$ , începe deplasarea armăturii, perioadă în care fluxul magnetic variază de la valoarea  $\Phi_1$  la  $\Phi_3$ , după curba de trecere  $1-2-3$ , curentul modificându-și și el valoarea corespunzătoare, de la  $i_1$ , la  $i_3$ . În timpul acestui interval, se transformă în energie magnetică o cantitate de energie primită din rețea și echivalentă cu suprafața  $\Phi_1-1-2-3-\Phi_3$ , energie care se transformă în energie mecanică consumată pentru deplasarea armăturii, din poziția  $\delta_i$ , în poziția  $\delta_k$ .

În punctul 3, de pe curba de magnetizare caracteristică, întrefierul final  $\delta_k$ , mișcarea armăturii se termină, însă fluxul magnetic continuă să crească după noua curbă de magnetizare până la valoarea  $\Phi_n$ , corespunzătoare curentului stabilizat  $I_n$ , perioadă în care se mai transformă în energie magnetică o cantitate de energie corespunzătoare suprafeței  $\Phi_3-3-4-\Phi_n$ .

În consecință, întreaga energie transformată în energie magnetică va fi reprezentată de suprafața  $0-1-2-3-4-\Phi_n-0$ , în timp ce energia magnetică corespunzătoare poziției finale a armăturii va fi dată de suprafața  $0-1'-3-4-\Phi_n-0$ .

La decuplarea circuitului bobinei, această cantitate de energie magnetică se transformă din nou în energie electrică și se întoarce în rețea, consumându-se aproape integral în arcul electric ce se produce la desfacerea contactelor întrerupătorului.

Deoarece întreruperea circuitului se face cu o viteză mare, în bobina cuplajului se va induce o tensiune electromotoare de inducție proprie – tensiune inversă, a cărei valoare va fi cu atât mai mare cu cât variația fluxului magnetic de la valoarea stabilizată până la zero, se face mai rapid:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (5)$$

Pentru a putea aprecia mai exact influența vitezei de întrerupere a circuitului electric asupra valorii tensiunii induse în bobină, vom arăta că, în cazul unui cuplaj electromagnetic neștrăbătut de flux, de 10 daNm, alimentat la o tensiune nominală de 24 V, decuplarea printr-un releu electromagnetic obișnuit a determinat apariția unei tensiuni inverse de circa 160 V.

Aplicând aceluiași aparat o metodă de decuplare rapidă cu un releu în vid, la bornele bobinei s-au măsurat, de data aceasta, tensiuni inverse variind între 3500 – 6000 V [1].

Apariția unor asemenea vârfuri de tensiune, devine la un moment dat periculoasă, atât pentru bobina cuplajului electromagnetic căruia îi poate străpunge izolația, cât și pentru contactele dispozitivului de declanșare, deoarece în asemenea situații tensiunea inversă depășind tensiunea de aprindere a arcului electric, duce la uzarea și distrugerea contactelor prin efectul termic al acestuia.

Pentru a preveni acest fenomen periculos, atât pentru cuplajele electromagnetice în sine, cât și pentru aparatajul de comandă din circuitul de alimentare, au fost elaborate o serie de procedee pentru reducerea valorii tensiunilor inverse, dintre care cele mai des folosite în practică sunt prezentate în continuare.

### 3. Protecția prin diode

Circuitul de protecție cel mai des folosit în special în cazul cuplajelor și frânelor electromagnetice de puteri mai mari (>50 W), constă dintr-o rezistență  $R_p$  și o diodă  $D$ , conectate în serie ca în figura 3.

Rostul diodei la deconectare este de a permite descărcarea tensiunii inverse, energia magnetică a bobinei disipându-se în rezistențele  $R_p$  și  $R_D$ .

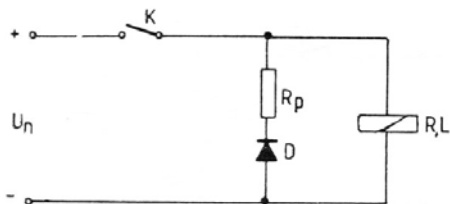


Fig. 3 Protecția prin diodă a bobinei cuplajului electromagnetic la deconectare [1]

### BIBLIOGRAFIE

[1] Cașin, C., *Cuplaje electromagnetice în construcția de mașini*. I.P. Sibiu, 1990.

Ing. Titu Florin COCIAN  
 Fabrica de Arme Cugir  
 Ing. Gheorghe SCHEAU  
 S.C. Uzina Mecanică Cugir, membru AGIR  
 Ing. Mircea TELESCU  
 S.C. Uzina Mecanică Cugir, membru AGIR