

Metodă de calcul a forței magnetice exterioare a magnetului de comandă a comutatorului erconic.

Eugeniu CATLABUGA, Mihai ARNĂUT

Universitatea Tehnică a Moldovei
ecatlabuga@mail.md

Abstract- În lucrare se expune o metodă efectivă de calcul a forței magnetice de acționare reciprocă între elementele sistemului magnetic a comutatorului erconic al mașinei electrice de curent continuu. Metoda reduce esențial timpul la fiecare analiză a funcționării comutatorului după modificarea parametrilor magnetului de comandă.

Cuvinte Cheie- energie magnetică, schemă echivalentă, curbă de demagnetizare, permeanță, forță magnetică.

I. INTRODUCERE

La etapa actuală calculul sistemelor magnetice complicate se efectuează la calculator. Pentru aceasta se cere prealabil elaborarea programelor, care trebuie să țină cont de configurația sistemului magnetic, de tot diapazonul caracteristicilor magnetice care ființează. Baza principală de construire a astfel de programe este formularea condiției de frontieră a câmpului magnetic. În acest caz pentru calcule sunt utilizate pe larg metodele numerice.

Sistemul, compus din magneți permanenți, armatură feromagnetică și întrefier, mai frecvent se calculează prin metoda relațiilor (metoda Everșed-Picu). În acest caz circuitul magnetic se reprezintă printr-o schemă echivalentă cu două noduri cu parametri neliniari concentrați. În procesul de calcul se admite distribuția lineară a potențialului magnetic pe lungimea magnetului și se utilizează metoda grafoanalitică de calcul.

În scopul de reducere a timpului la calcularea forței magnetice a magnetului de comandă (MC) în continuare se propune metoda calculării, bazată pe utilizarea schemelor echivalente în lanț.

II. CALCULUL FORȚEI MAGNETICE A MC.

Magnetul de comandă (MC) a comutatorului erconic, utilizat în mașina de curent continuu [1], crează un câmp magnetic în circuitul magnetic exterior, în care se află contactele deschise ale erconului pentru comutarea secțiilor înfășurării indusului. Capacitatea sa utilă se caracterizează de densitatea energiei magnetice W_m pe care o transmite sistemului magnetic exterior în timpul deplasării erconului față de dânsul. Energia magnetică pentru un magnet permanent a MC se determină cu expresia cunoscută prezentată în [2]:

$$W_m = \frac{B \times H}{8\pi} \text{ erg/cm}^3, \quad (1)$$

În care: B – inducția magnetică a întrefierului, T;

H – intensitatea câmpului magnetic, A/m^2 .

Această expresie se folosește în calculele cu magneți permanenți, care utilizează curba de demagnetizare a magnetului, aprosimată la forma unei hiperbole, a unei linii sau a unei circumferințe, cea ce nu asigură rezultate precise la calcularea inducției și totodată nu duce cont de fluxul de dispersie a magnetului permanent, care în acest caz nu trebuie să fie neglijat.

Pentru calcularea forței magnetice de acțiune reciprocă între elementele circuitului magnetic exterior (MC-întrefier-contacte ercon) se propune la prima etapă de elaborat schema echivalentă în lanț a circuitului magnetic. În corespundere cu expresia (2) a fluxului util a magnetului permanent de comandă și a circuitului magnetic a comutatorului erconic schema echivalentă se prezintă în Fig.1 Fluxul util Φ_0 are expresia:

$$\Phi_0 = \frac{F - (\Phi_m + \Phi_s) \times R_m}{R_0}, \quad (2)$$

în care: F - forța magnetomotoră a MC;

Φ_m - fluxul magnetului permanent ;

Φ_s - fluxul de dispersie;

R_m - reluctanța magnetului permanent;

R_0 - reluctanța întrefierului.

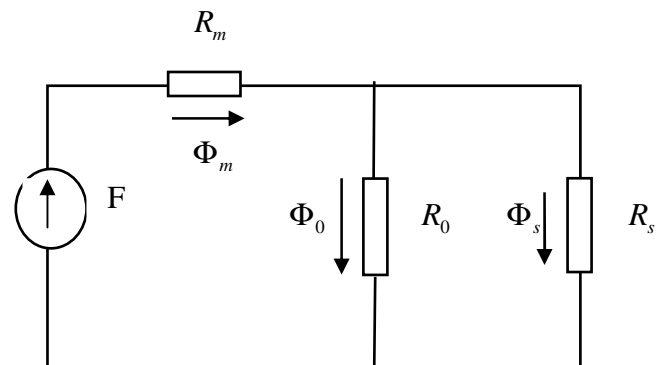


Fig.1 Schema echivalentă a circuitului magnetic.

Se observă că în schema echivalentă a circuitului magnetic a fost inclusă și rezistența paralelă R_s , care exprimă reluctanța de dispersie a circuitului magnetic exterior.

Forța magnetică de acțiune, notată R , este egală cu derivata energiei magnetice în raport cu coordonată generalizată, elementul de lungime a întrefierului, luată cu semnul minus, ce arată că forța este îndreptată în sensul descreșterii distanței dintre contactele erconului în timpul comutației secțiilor indusului la rotirea comutatorului. Forța pentru cazul în studiu se determină cu expresia:

$$R = -\frac{dW}{dR_0} \quad (3)$$

Reluctanța echivalentă a circuitului magnetic a MC se determină din schema echivalentă (Fig.1) și este egală:

$$R_{me} = R_m + \frac{R_0 \cdot R_s}{R_0 + R_s} \quad (4)$$

Ca urmare schema echivalentă din Fig.1 se aduce la o formă mai simplă (Fig.2), ea va conține numai două elemente: forța magnetomotore F și reluctanța echivalentă R_{me} :

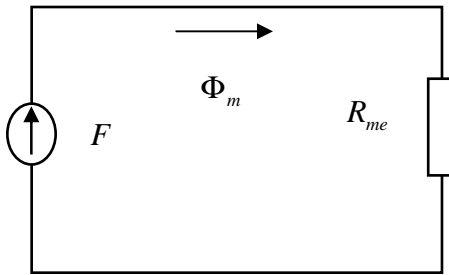


Fig.2 Schema echivalentă modificată.

Ecuția pentru determinarea forței magnetomotore în corespundere cu schema din Fig.2, va avea expresia:

$$F = \Phi_m \cdot R_{me} \quad (5)$$

Pentru a exprima energia magnetică din (3) prin relația (5), din curba de demagnetizare (Fig.3) a magnetului de comandă, se deduce că energia magnetică a câmpului este proporțională cu aria dreptunghiului $bdcf$, rezultă expresia:

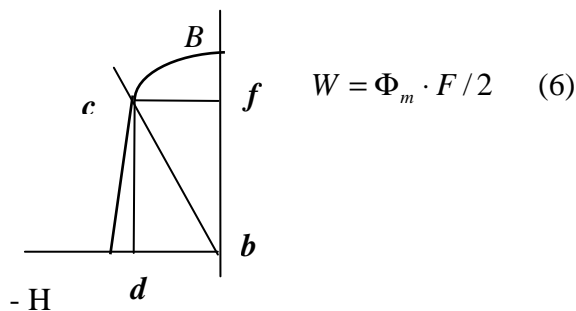


Fig.3. Curba de demagnetizare a MC.

Substituind expresiile (4) și (5) în (6), rezultă expresia energiei magnetice pentru MC a comutatorului, transmisă circuitului magnetic exterior:

$$W = 0,5F^2 / [(R_0 + R_s) / (R_m(R_0 + R_s) + R_0R_s)] \quad (7)$$

Pentru a calcula forța magnetică de acțiune, conform expresiei (3), se va lua în considerație că reluctanțele R_m și R_s din (7) în timpul funcționării comutatorului magnetic nu se vor modifica iar reluctanța R_0 , dintre magnet și contactele erconului va fi variabilă, astfel, rezultă expresia:

$$R = -\frac{d}{dR_0} \times (0,5F^2 / [(R_0 + R_s) / (R_m(R_0 + R_s) + R_0R_s)]) \quad (8)$$

În rezultatul derivării expresiei (8), rezultă expresia finală a forței magnetice exterioare a magnetului de comandă a comutatorului erconic:

$$R = -0,5 \cdot F^2 \cdot \frac{R_s^2}{(R_0 + R_s)^2} = -0,5 \cdot F^2 \cdot \frac{g_o^2}{(g_o + g_s)^2} \quad (9)$$

în care: g_0 - permeanța întrefierului;

g_s - permeanța de dispersie.

Permeanțele g_0, g_s se determină prealabil cu expresiile [3]:

$$g_0 = \mu_0 \frac{\pi D_m}{4\delta}, \quad (10)$$

în care: $\mu_0 = 1,25610 \cdot 10^{-8} H / m$ -permeabilitatea absolută a vidului;

δ - mărimea întrefierului, cm ;

D_m - diametrul polului magnetic a magnetului permanent a MC, cm .

$$g_s = g_0 \cdot (1 + \frac{4\delta}{D_m} \cdot g_{ss}), \quad (11)$$

în care g_{ss} este permeanța specifică de dispersie, se determină cu raportul D_m / δ din [3, Fig.8].

III. REZULTATE PRACTICE.

Comutatorul electronic a fost montat la mașina de curent continuu de tip ДПК-1 cu următoarele date tehnice:tensiunea de alimentare $U_n = 220V$, frecvența de rotație $n_N = 980rot / min$, puterea utilă $P_n = 750W$, curentul nominal $I_n = 3,42A$. Pentru comutator s-au utilizat ercoane de tip MKA-52202 cu contacte deschise. Parametrii tehnici a erconului: curentul maximal de comutație $I_{e\max} = 4A$, tensiunea maximală de comutație

$U_{e\max} = 220V$, forța magnetomotoră pentru închiderea contactelor ercoanelor $F_{e\max} = 300A$

În Tabelul 1 sunt prezentate rezultatele calculului forței magnetice R în dependență de permeanța întrefierului pentru mărirea întrefierului $\delta_1 = 0,2cm$. Pentru comparare s-au luat trei forțe magnetomotore: $F_1 = 65A$, $F_2 = 110A$, $F_3 = 300A$.

Tabelul 1. Calculul forței magnetice pentru diferite diametre ale polului magnetic a MC și $\delta_1 = 0,2cm$.

Dm,cm	0,4	0,6	0,8	1
δ_1, cm	0,2	0,2	0,2	0,2
g_0, H	7,89E-09	1,77E-08	3,16E-08	4,93E-08
g_s, H	1,5019E-08	2,8255E-08	4,4962E-08	6,2946E-08
g_{ss}	0,452	0,444	0,425	0,346
Dm/ δ	2	3	4	5
F1,A	65	65	65	65
F2,A	110	110	110	110
F3,A	300	300	300	300
R1,N	-3,85E+00	4,84E+00	-5,53E+00	-6,27E+00
R2,N	-6,52E+0	-8,19E+0	-9,35E+0	1,06E+01
R3,N	-1,78E+01	2,23E+01	-2,55E+01	2,89E+01

Analizând rezultatele din Tabelul 1, rezultă că mărirea forței R (R_1, R_2, R_3) magnetice de acționare asupra contactelor erconului depinde direct de forța magnetomotoră F (F_1, F_2, F_3) a circuitului magnetic și de mărirea diametrului D_m a polului magnetic la aceeași mărime a întrefierului $\delta_1 = 0,2cm$. Aceeași se observă și din graficele prezentate în Fig.4.

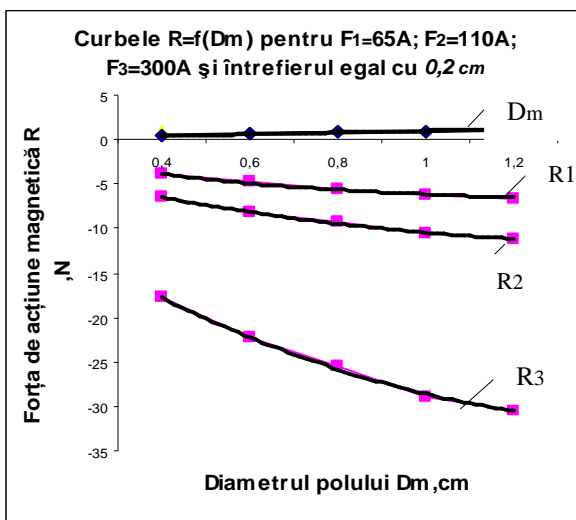


Fig.4. Graficele dependențelor $R(D_m)$ pentru $\delta_1 = 0,2cm$.

Calculul forței magnetice de atracție au fost efectuate și pentru mărirea întrefierului $\delta_2 = 0,3cm$, care sunt prezentate în Tabelul 2, și Fig.5, totodată s-au păstrat aceleași mărimi ale forțelor magnetomotore, dar pentru trei variante au fost modificate diametrele polului MC.

Tabelul 2. Calculul forței magnetice pentru diferite diametre ale polului magnetic a MC și $\delta_2 = 0,3cm$.

Dm,cm	0,6	0,9	1,2	1,6
δ_2, cm	0,3	0,3	0,3	0,3
g_0, H	1,18E-08	2,66E-08	4,73E-08	8,41E-08
g_s, H	2,2836E-08	4,2382E-08	6,7442E-08	1,0597E-07
g_{ss}	0,465	0,444	0,425	0,346
Dm/ δ	2	3	4	5
F1,A	65	65	65	65
F2,A	110	110	110	110
F3,A	300	300	300	300
R1,N	-3,79E+00	-4,84E+00	-5,53E+00	-6,37E+00
R2,N	-6,41E+00	-8,19E+00	-9,35E+00	-1,08E+01
R3,N	-1,75E+01	-2,23E+01	-2,55E+01	-2,94E+01

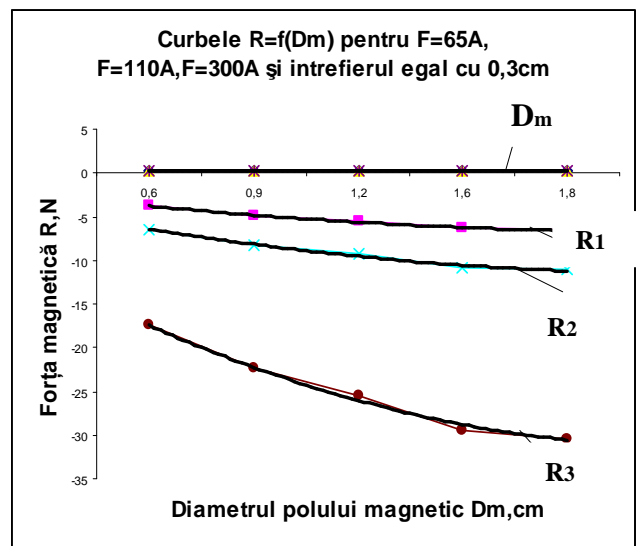


Fig.5. Graficele $R(D_m)$ pentru $\delta_2 = 0,3cm$.

III. CONCLUZII.

La proiectarea comutatorului erconic se va lua în considerație, conform calculului, nu numai parametrii erconului, dar și forța magnetică pe care o excită MC, care depinde de dimensiunile polului și de depărtarea sa față de contactele erconului.

IV. REFERINȚE.

- [1] Catlabuga Eugen. Brevet MD 1332 G2. 1997.11.06.
- [2] Д.А.Завалишин, и др., Электрические машины малой мощности. ГЭИ, Москва, Ленинград, 1963.
- [3] Б.К. Буль. Расчет магнитных проводимостей и воздушных зазоров. МЭИ, 1961.