

# CHƯƠNG 4

# LỰC ĐIỆN ĐỘNG

# KHÁI NIỆM CHUNG

- ✓ Một vật rắn đặt trong trường, khi có dòng điện I chạy qua sẽ chịu tác dụng của một lực.
- ✓ Lực này có xu hướng làm biến dạng hoặc chuyển động vật rắn đặt trong trường xuyên qua nó là như một.
- ✓ Lực có gọi là lực điện từ, chiều của lực điện từ hướng xác định theo quy tắc bàn tay trái.
- ✓ Ít trạng thái làm việc bình thường, trở số của dòng điện không lớn nên Lở ở sinh ra không lớn nên có thể làm ảnh hưởng đến bình văng kết cấu của thiết bị.

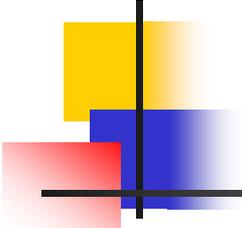
# KHÁI NIỆM CHUNG

- ✓ Những khi tích tụ năng lượng trong mạch, dòng tổng lớn rất lớn (có lúc tăng hàng chục lần  $I_{nm}$ ), lúc này công suất lớn nhất khi trở kháng của dòng điện đạt lớn nhất, và được gọi là dòng điện xung kích.
- ✓ Với dòng điện xoay chiều, dòng điện xung kích tính theo công thức như sau :

$$I_{XK} = K_{XK} \sqrt{2} I_{nm}$$

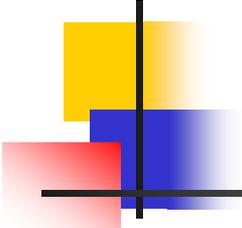
# KHÁI NIỆM CHUNG

- ✓ Trong đó:  $K_{XK}$  là hệ số xung kích của dòng điện, tính theo ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ và thông lý  $K_{XK} = 1.8$ ;  $I_{nm}$  là trị hiệu dụng của dòng ngắn mạch xác lập.
- ✓ Do vậy chúng ta phải tính toán Lở ở tác động lên thiết bị trong trường hợp này khi tính chọn thiết bị phải đảm bảo bền vững ở bền vững của thiết bị là khả năng chịu được Lở ở do dòng ngắn mạch sinh ra.



---

# CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG



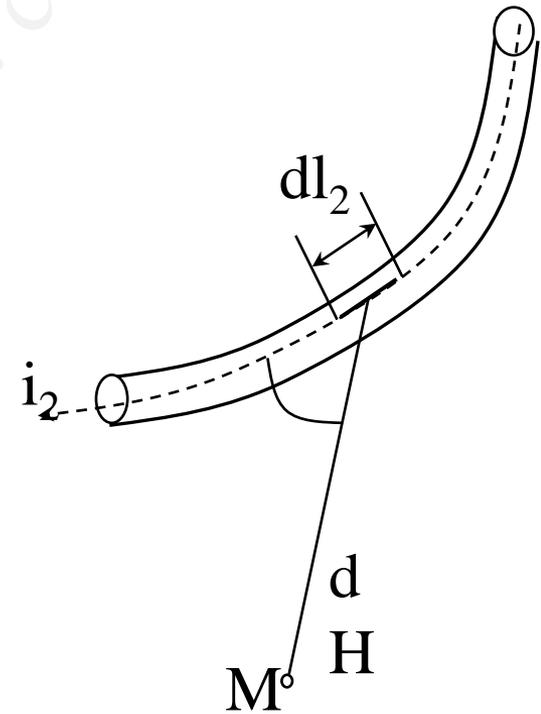
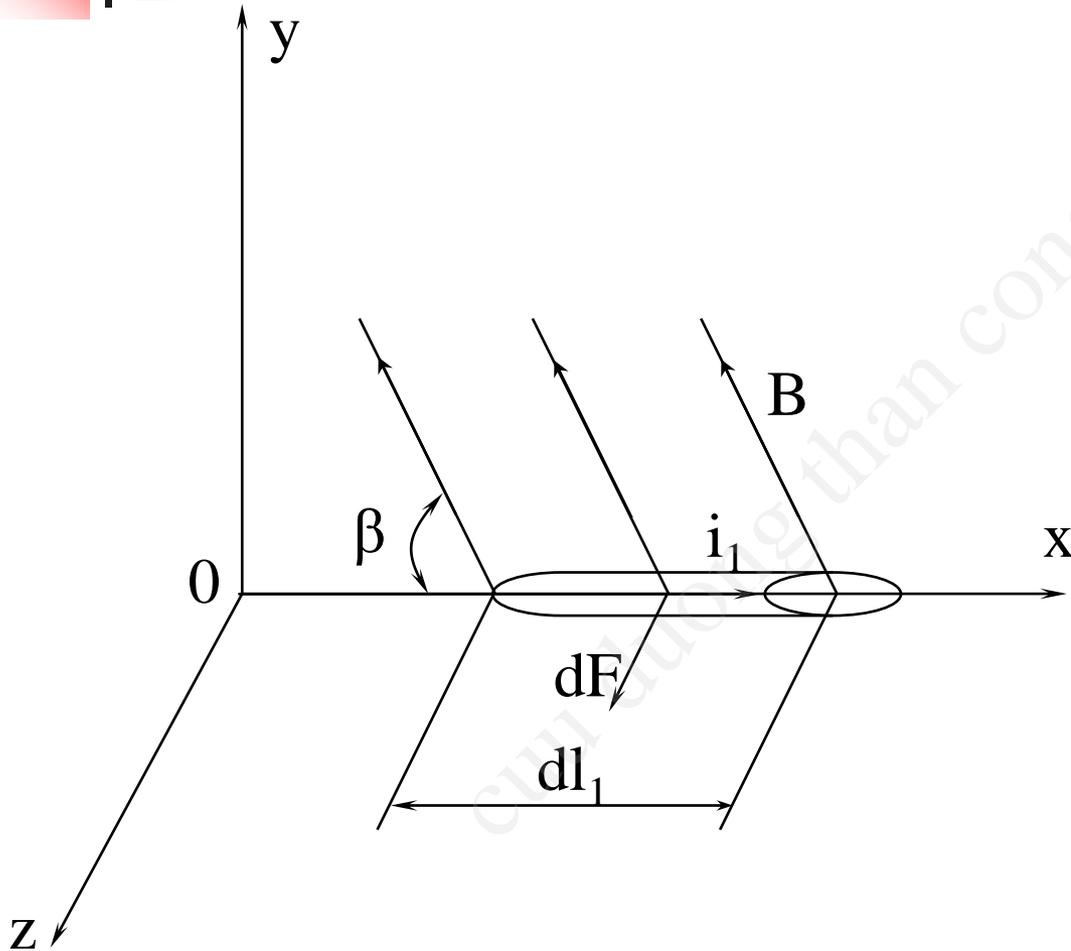
# CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG

---

Việc tính toán Lực ở thống các tình huống  
theo 2 phương pháp:

- ❖ Theo định luật Bio - Xava - Laplace
- ❖ Theo phương pháp cân bằng năng lượng.

# TÍNH TOÁN THEO ĐỊNH LUẬT BIO-XAVA-LAPLACE



# TÍNH TOÁN THEO ĐỊNH LUẬT BIO-SAVAR-LAPLACE

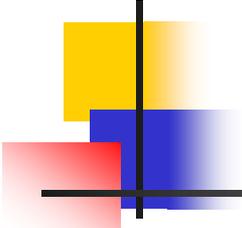
Xét một đoạn mạch vòng  $dl_1$  (m) có dòng điện  $i_1$  (A) đi qua, đặt trong trường từ đều  $B$  (T) như hình, thì sẽ có một lực  $dF$  (N) tác dụng lên  $dl_1$

$$dF = i_1 B \cdot dl_1 \sin \beta$$

Trong đó:  $\beta$  là góc giữa  $B$  và  $dl_1$ , hướng đi của  $dl_1$  theo chiều của dòng điện  $i_1$ .

Lực điện từ tổng tác dụng lên toàn mạch vòng với chiều dài  $l_1$  (m) bằng tổng các lực thành phần.

$$F = \int_0^{l_1} dF = \int_0^{l_1} i_1 B \sin \beta \cdot dl_1$$



# TÍNH TOÁN THEO ĐỊNH LUẬT BIO-XAVA-LAPLACE

Nếu mạch vòng nằm trong môi trường có  
độ thấm cằng nhau  $\mu = \text{const}$ , thì trong ch  
không học không khí, việc xác định t  
tính thu h tinh khi sử dụng định luật Bio -  
Xava - Laplace.

# TÍNH TOÁN THEO ĐỊNH LUẬT BIO-SAVAR-LAPLACE

Theo định luật này chúng ta tìm được trường  $dH$  tại điểm  $M$  bất kỳ cách dây dẫn  $dl_2$  có dòng điện  $i_2$  chạy qua một khoảng  $r$ , ta xác định theo công thức:

$$dH = \frac{i_2 \cdot dl_2 \sin \alpha}{4\pi \cdot r^2}$$

Trong đó  $\alpha$  là góc giữa vectơ  $dl_2$  và bán kính  $r$ .

# TÍNH TOÁN THEO ĐỊNH LUẬT BIO-SAVAR-LAPLACE

Tính cảm ứng từ  $M$  của:

$$dB = \mu_0 dH = \frac{\mu_0 i_2 \sin \alpha \cdot dl_2}{4\pi \cdot r^2}$$

Thay  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  (H/m) và tích phân hai vế của ta có:

$$B = \int_0^{l_2} 10^{-7} \cdot \frac{i_2 \sin \alpha}{r^2} dl_2$$

Thay tích cảm  $B$  vào ta có:

$$F = 10^{-7} \cdot i_1 \cdot i_2 \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} \frac{\sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot dl_1 \cdot dl_2}{r^2}$$

# TÍNH TOÁN THEO ĐỊNH LUẬT BIO-SAVAR-LAPLACE

Ở vòng  $\int_0^0 \int_0^0 \frac{\sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot dl_1 \cdot dl_2}{r^2} = K_C : \text{Hằng số từ trường của mạch}$

$$F = 10^{-7} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot K_C$$

Vậy:

Hướng của lực  $F$  xác định theo tích vectơ của  $i$  và  $B$ . Trong trường hợp 2 chiều, hướng của vectơ tích xác định theo quy tắc vñn nưchai, còn hướng lực xác định theo quy tắc bàn tay trái.

Lực xác định bằng phương pháp này nếu đang tính hằng số từ trường  $K_C$ .

# TÍNH TOÁN THEO PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG

Năng lượng tích tụ của mạch vòng gồm 2 dây dẫn có dòng điện đi qua các cuộn dây của mạch vòng  
phương trình

$$W = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M . i_1 i_2$$

Trong đó:  $L_1, L_2$  là hệ số cảm của 2 mạch vòng (H)  
 $i_1, i_2$  là dòng điện trong 2 mạch vòng (A)  
 $M$  là hệ số cảm của 2 mạch vòng (H).

# TÍNH TOÁN THEO PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG

Nếu cho mạch vòng với cuộn cảm  $L$  và dòng điện  $i$  thì ở tác dụng lên mạch vòng (do dòng điện chạy trong nó sinh ra) thì tính theo công thức:

$$F = \frac{\partial W}{\partial x} = \frac{1}{2} i^2 \frac{\partial L}{\partial x}$$

Thay  $Li = \Phi = W \cdot \phi$  vào ta có:

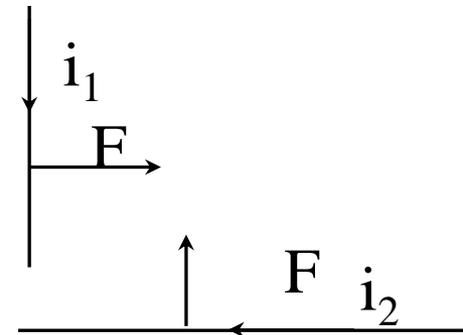
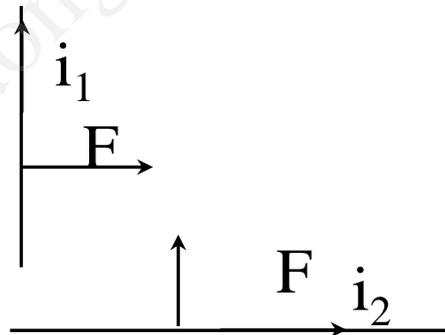
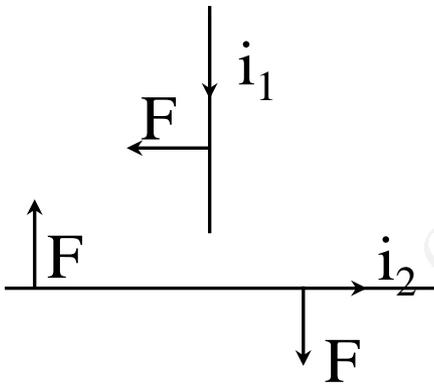
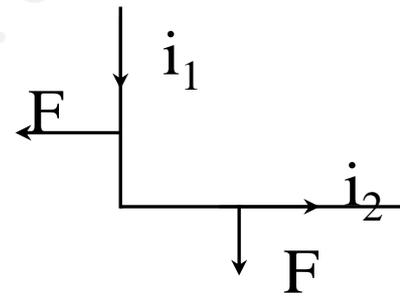
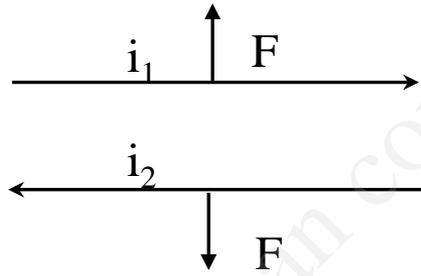
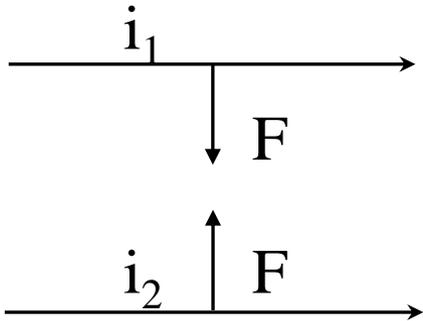
$$F = \frac{\partial W}{\partial x} = \frac{1}{2} i W \frac{\partial \Phi}{\partial x}$$

Trong đó:  $\Phi$  là từ thông mạch vòng,  $\phi$  từ thông,  $w$  số vòng dây.

Với hai cuộn cảm  $M$ , lúc thì công tác giữa hai mạch vòng sẽ là:

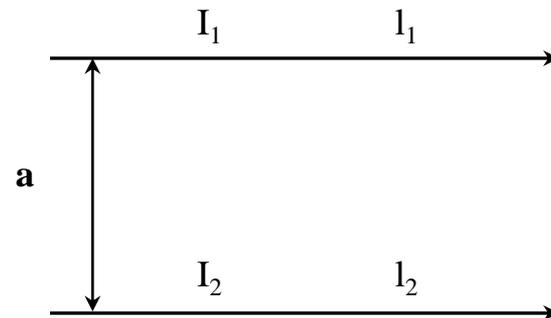
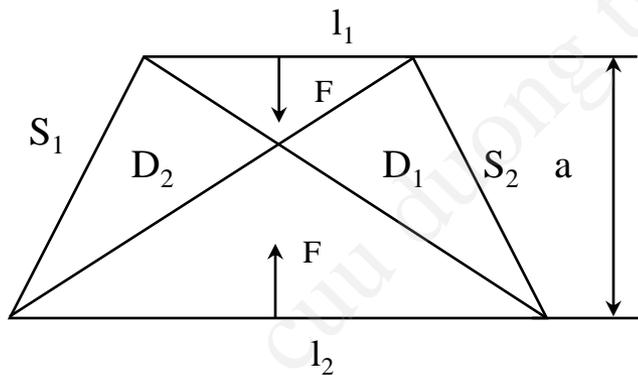
$$F = \frac{\partial W}{\partial x} = i_1 i_2 \frac{\partial M}{\partial x}$$

# HƯỚNG CỦA LỰC ĐIỆN ĐỘNG



# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG GIỮA 2 THANH DẪN SONG SONG CÓ DÒNG ĐIỆN

Xét hai dây dẫn song song có bán kính  $r$  bề ngoài và chiều dài của chúng và có dòng điện  $i_1, i_2$ , chiều dài tính bằng  $l_1, l_2$  :



# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG GIỮA 2 THANH DẪN SONG SONG CÓ DÒNG ĐIỆN

Trình hợp  $l_1 = l_2 = l$ :

Thích ứng tình tác dụng

lên hai dây dẫn là:

Hay :

Trong đó:

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 K_c$$

$$K_c = \frac{2l}{a} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l} \right]$$

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 \frac{2l}{a} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2} - \frac{a}{l} \right]$$

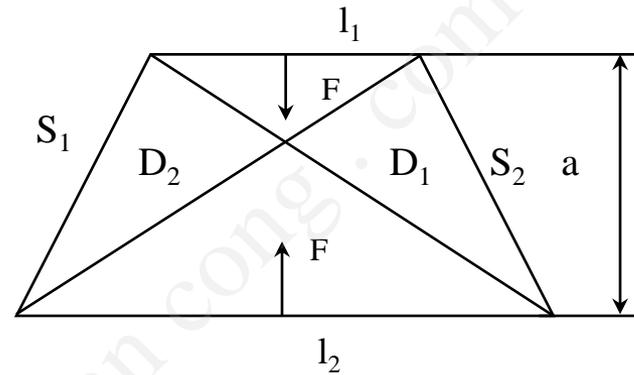
Nếu  $\frac{a}{l} \ll 1$  nghĩa là chiều dài của dây dẫn rất lớn so với khoảng cách của chúng thì  $K_c = \frac{2l}{a}$ , thích ứng lực là:

:

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 \frac{2l}{a}$$

# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG GIỮA 2 THANH DẪN SONG SONG CÓ DÒNG ĐIỆN

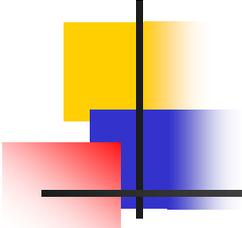
Trường hợp  $l_1 \neq l_2$  :



Ta có:

$$F = 10^{-7} i_1 i_2 K_c$$

$$K_c = \frac{D_1 + D_2 - S_1 - S_2}{a}$$



---

# LỰC ĐIỆN ĐỘNG XOAY CHIỀU

# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG XOAY CHIỀU 1 PHA

Để tính toán lực điện động, dòng điện cho thành phần chu kỳ theo quy luật:  $i = \sqrt{2} I \sin \omega .t = I_m \sin \omega .t$

thì Lực ở giữa hai dây dẫn có dạng :

$$F = 10^{-7} K_c I_m^2 \sin^2 \omega .t = \frac{1}{2} F_m (1 - \cos 2\omega .t)$$

trong đó  $F_m = 10^{-7} K_c I_m^2$  là trị biên của Lực ở,  $I_m$  là trị biên của dòng điện.

Ta nhận thấy rằng, Lực ở có hai thành phần, thành phần không đổi  $F_1$  và thành phần biến đổi  $F_2$  :

$$F = F_1 + F_2 = \frac{F_m}{2} - \frac{F_m}{2} \cos 2\omega .t$$

# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG XOAY CHIỀU 1 PHA

Trong thành phần biến thiên của  $F_2$  có thành phần công suất của dòng điện. Trong một chu kỳ, trung bình của  $L$  ở

$$F_{tb} = \frac{1}{2} \int_0^T F \cdot dt = \frac{F_m}{2} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-7} K_c I_m^2 = 10^{-7} K_c I^2$$

ở thời của  $L$  ở và dòng điện theo thời gian cho hình.

Ích qua, dòng điện gồm 2 thành phần: chu kỳ và không chu kỳ  $i = I_m (e^{-t/T} - \cos \omega \cdot t)$

trong đó:  $T = L/R$  : là hằng số thời gian của mạch;  $R$ ,  $L$  : là điện trở, điện cảm của mạch.

# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG XOAY CHIỀU 1 PHA

Sau thời gian  $t = \frac{\pi}{\omega}$ , dòng điện trong mạch đạt trạng thái ổn định, còn là trục xung kích của dòng điện:

$$i_{XK} = I_m (1 + e^{-\pi / \omega \cdot T}) = K_{XK} I_m$$

trong biểu thức xung kích:  $K_{XK} = 1 + e^{-\pi / \omega \cdot T}$

ta nhận thấy rằng, khi tần số không đổi,  $K_{XK}$  phụ thuộc vào  $T$ ; nếu  $T$  lớn (L lớn, R bé) thì  $K_{XK}$  lớn.

Thường thì khi tính toán lấy  $K_{XK} = 1,8$ . Vậy vậy vậy trục dòng xung kích, Lở ở

$$F_m = 10^{-7} K_C (K_{XK} I_m)^2 = 3,24 \cdot 10^{-7} K_C I_m^2 (**)$$

# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG XOAY CHIỀU 1 PHA

Quan hệ giữa dòng điện, Lực ở theo thời gian trình bày như hình khi kết thúc thành phần không chu kỳ của dòng điện.

Từ (\*\*\*) ta nhận thấy rằng, Lực ở khi có các thành phần không chu kỳ tăng lên 3,24 lần so với Lực ở có thành phần chu kỳ.

Sau khi thành phần không chu kỳ (sau khoảng 4 đến 5 chu kỳ), Lực ở chỉ còn do dòng điện chu kỳ tạo nên.

# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG XOAY CHIỀU 3 PHA

Xét ba dây dẫn của ba pha nằm trong cùng một mặt phẳng có các dòng  $i_A, i_B, i_C$  và  $I_A = I_B = I_C$ .

Nếu không kể đến thành phần không chu kỳ thì dòng  $i$  của các pha lệch một góc  $2\pi/3$ :

$$i_A = I_m \sin \omega.t \quad i_B = I_m \sin\left(\omega.t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad i_C = I_m \sin\left(\omega.t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

Lực  $i$  có tác dụng lên từng dây dẫn có thể tính như sau:

$$F_A = F_{AB} + F_{AC}; \quad F_B = F_{BA} + F_{BC}; \quad F_C = F_{CA} + F_{CB}$$

Trong đó:  $F_{pq} = F_{qp}$  là giá trị của các dây dẫn pha  $q$  và pha  $p$ .

# TÍNH TOÁN LỰC ĐIỆN ĐỘNG XOAY CHIỀU 3 PHA

$$F_{AB} = F_{BA} = C_1 I_m^2 \sin \omega .t \sin\left(\omega .t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$F_{AC} = F_{CA} = \frac{1}{2} C_1 I_m^2 \sin \omega .t \sin\left(\omega .t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

$$F_{BC} = F_{CB} = C_1 I_m^2 \sin\left(\omega .t - \frac{2\pi}{3}\right) \sin\left(\omega .t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

trong đó:  $C_1 = 10^{-7} \frac{2l}{a}$ ,  $v$  là chiều dài của dây dẫn;  $a$  là khoảng cách giữa hai pha cạnh nhau.

$$F_{AmD} = -0,805 C_1 I_m^2; \quad F_{AmK} = 0,055 C_1 I_m^2$$

$$F_{CmD} = -0,805 C_1 I_m^2; \quad F_{CmK} = -0,055 C_1 I_m^2$$

$$F_{AmD} = F_{AmK} = 0,870 C_1 I_m^2$$

Trong đó D" chổi quét dây và K" chổi quét keo.

# ĐỘ BỀN ĐIỆN ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ

Khi bộ phận mạch, Lở ở do dòng ngắn mạch sinh ra khả năng, có thể gây ra hỏng hóc các thiết bị điện. Khả năng chịu Lở ở lớn nhất của thiết bị điện chính là khả năng ngắn mạch của thiết bị điện:

$$F_{TBD} \geq F_{LDDm\grave{a}i}$$

$F_{TB\phi}$  : khả năng chịu lực (ngắn mạch) của thiết bị điện.

$F_{L\phi\max}$  : giá trị lớn nhất của Lở ở do dòng ngắn mạch sinh ra khi đi qua thiết bị

# ĐỘ BỀN ĐIỆN ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ

Vậy độ bền điện động của thiết bị điện cho dòng động mạch xung kích.

Khi chọn thiết bị điện công suất, phải kiểm tra xem dòng mạch đi qua thiết bị có vượt quá định mức cho phép hay không, nếu không thì phải chọn thiết bị có dòng xung kích lớn hơn.