

# 電気工作物設備技術探究

R6. 7. 1 DATE

(同期発電機の突極型について)

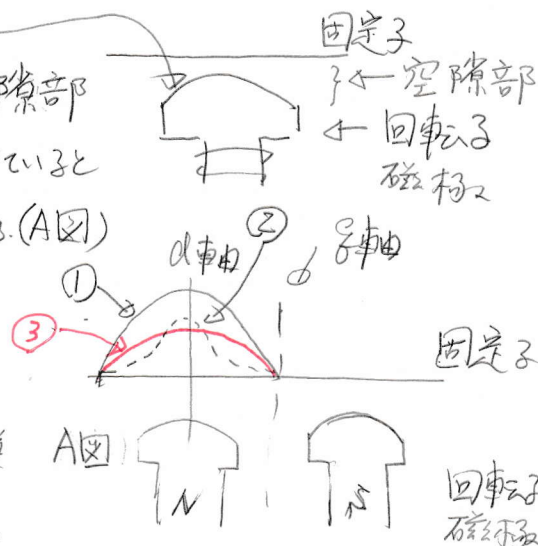
山下電気保安管理事務所

突極機による電機子反作用による電機子電流(負荷電流)の位相によって異なる。

その理由は回転子の磁極の形状が、突極で、内部誘起起電力を正弦波に近づける為に右図の形状となっている。

しかし固定子巻線に電機子電流が流れ、空隙部に磁束が生じると、電流最大値とd軸が一致していると空隙の長さが短く、空隙の磁束密度が大である(A図)

逆に電流最大値がq軸と一致していると空隙の磁束密度分布は小となる。(B図)



A図およびB図とも磁極の形状を内部誘起起電力を正弦波に近づける為の形状である為、逆に電機子反作用はひずみ波となる。

②および③の点線。

このひずみ波を考慮、基本波のみは③と③'となる

① 直軸電機子反作用

② 空隙磁束密度(ひずみ波)

③ は②の基本波分

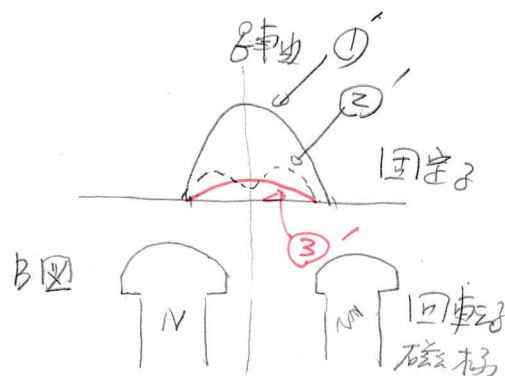
A図

①' 横軸電機子反作用

②' は①'の空隙磁束密度(ひずみ波)

③' は②'の基本波分

B図



したがって突極機では電機子電流は任意の位相であれば、電流位相をd軸とq軸に分け、直軸回路と横軸回路の2つに分けて考える。

②③へ対応してベクトルと回路図を示す。

突極機では  $x_d > x_q$  となり  $x_d = x_{ad} + x_{aq}$  (C図参照)

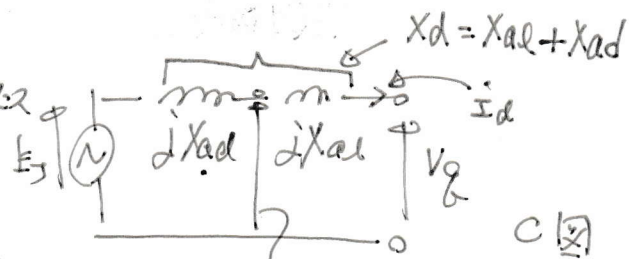
$x_{ad} > x_{aq}$   $x_q = x_{aq} + x_{ag}$  (D図参照)

NO2. [2]  
R6.7.1

$X_d$ : 直軸同期リアクタンス

$X_{ad}$ : 直軸電機子反作用リアクタンス

$X_{al}$ : 漏れリアクタンス



図C 直軸回路

突極機の複素電力 ( $P+jQ$ ) は次式 (下式単位法)

$X_{aq}$ : 横軸電機子反作用リアクタンス

$X_{al}$ : 漏れリアクタンス

$P+jQ = \vec{V} \vec{I}$  (1)  $\vec{V}$ : 端子電圧  
 $\vec{I}$ : 電機子電流 (負荷電流)

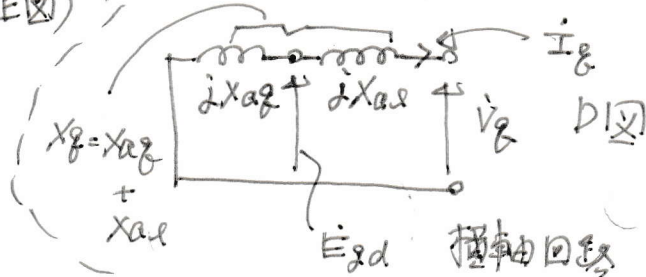
ベクトル図と各等価回路図 (C図, D図, E図)

$\vec{I} = \vec{I}_g + \vec{I}_d = I_g - j I_d$  より  $\vec{I} = I_g + j I_d$

$\vec{V} = \vec{V}_g + \vec{V}_d = V_g - j V_d$

$P+jQ = (V_g - j V_d)(I_g + j I_d)$

$P+jQ = (V_g I_g + V_d I_d) + j(V_g I_d - V_d I_g)$  (2)



(2) 式より  $P, Q$  はそれぞれ次式。

$P = V_g I_g + V_d I_d = \frac{V^2 \sin \delta \cos \delta}{X_g} + \frac{V E_s}{X_d} \sin \delta - \frac{V^2 \sin \delta \cos \delta}{X_d}$

$P = \frac{V E_s}{X_d} \sin \delta + V^2 \sin \delta \cos \delta \left( \frac{1}{X_g} - \frac{1}{X_d} \right)$

$P = \frac{V E_s}{X_d} \sin \delta + V^2 \cdot \frac{1}{2} \left( \frac{X_d - X_g}{X_g X_d} \right) \sin 2\delta$  (3)

(3) 式は突極機の有効電力。

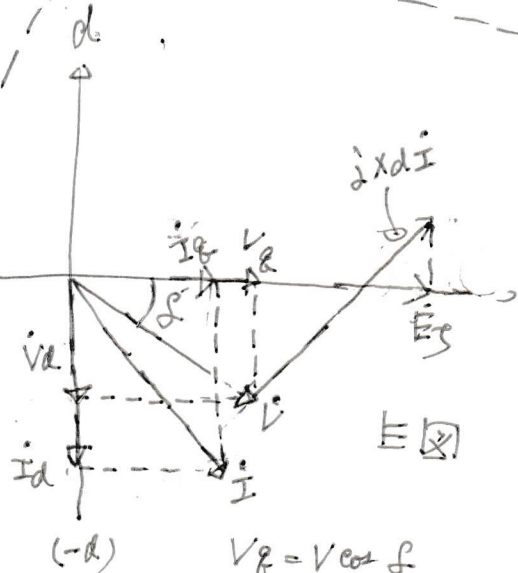
$Q = V_g I_d - V_d I_g = \frac{V E_s \cos \delta}{X_d} - \frac{V^2 \cos^2 \delta}{X_g} - \frac{V^2 \sin^2 \delta}{X_g}$

$Q = \frac{V E_s \cos \delta}{X_d} - \left( \frac{\cos^2 \delta}{X_d} + \frac{\sin^2 \delta}{X_g} \right) V^2$  式変形終了

$Q = \frac{V E_s \cos \delta}{X_d} - \left\{ \left( \frac{\cos^2 \delta}{X_d} + \frac{\sin^2 \delta}{X_d} \right) + \left( \frac{\sin^2 \delta}{X_g} - \frac{\sin^2 \delta}{X_d} \right) \right\} V^2$

$Q = \frac{V E_s \cos \delta - V^2}{X_d} - \frac{X_d - X_g}{X_g X_d} \sin^2 \delta \cdot V^2$

$Q = \frac{V E_s \cos \delta - V^2}{X_d} - \frac{X_d - X_g}{2 X_g X_d} (1 - \cos 2\delta)$  (4)



$V_g = V \cos \delta$   
 $V_d = V \sin \delta$   
 $I_g = \frac{V_d}{X_g} = \frac{V \sin \delta}{X_g}$   
 $I_d = \frac{E_s - V \cos \delta}{X_d}$

(4) 式は突極機の無効電力

(1) 式より (4) 式より  $P+jQ$  は直軸電機子反作用電力と横軸電機子反作用電力である。

補足 (F図)

空路電圧  $E_g$  は  $E_g = E_{g\theta} + E_{gd}$

C図、D図

ND: 漏れリアクタンス  $X_l$

電圧降下  $jX_l i$

$\phi_s$ : 電機子巻線と異磁磁束との  
鎖交磁束数

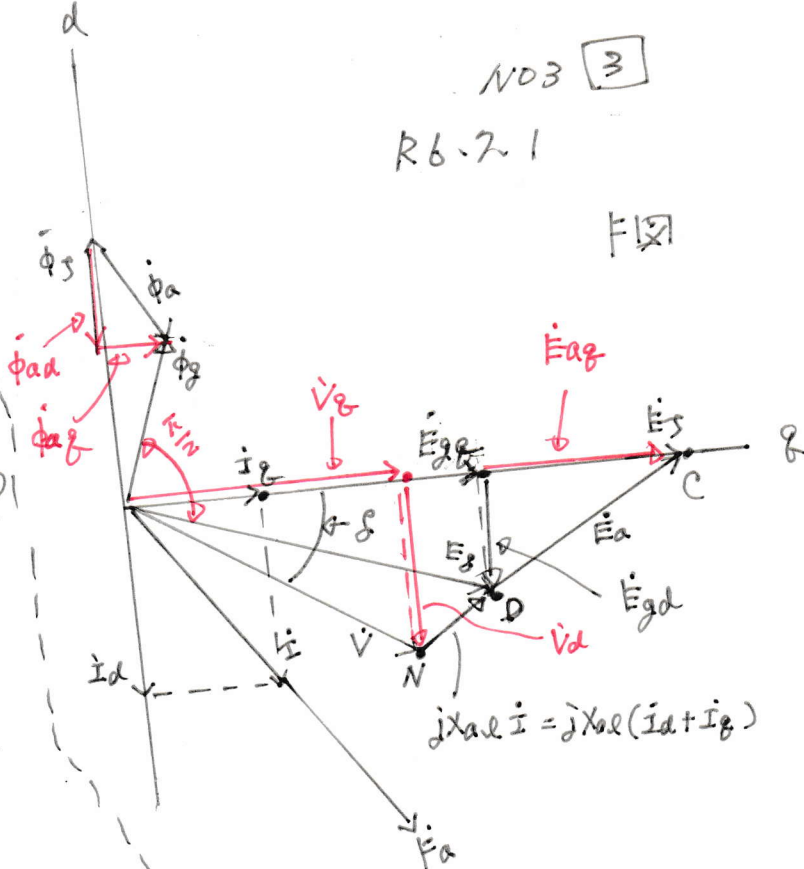
$\phi_a$ : 空路磁束と電機子巻線との  
鎖交(対)電機子反作用鎖交  
磁束数  $\phi_{ad}$  と  $\phi_{a\theta} \in \pm \pi/2$

$\phi_a = \phi_{ad} + \phi_{a\theta}$  (合成)

$F_a$ : 合成電機子反作用起磁電圧  
の矢印 (i と同相)

NO3 [3]  
R6.2.1

F図



全体  $\Sigma$  として

$p + jQ$  であるとき  $p + jQ = V I$  で  $E_s$  と  $V$  の相角  $\delta$  (より) 複素電圧計算で

$\theta = \delta - \alpha$  である。

なお (3), (4) 式で 円筒形磁路の  $p + jQ$  での下式である。定極磁路では (3), (4) 式

$$(5) p = \frac{V E_s}{X_d} \sin \delta$$

$$(6) Q = \frac{V E_s \cos \delta - V^2}{V_d}$$

と  $\theta$  である。出力  $P$  は円筒形と定極磁路とで異なる。G図より最大の  $\delta_{max}$  は円筒形磁路の  $\delta_{max0} = 90^\circ$  に対し定極磁路では  $70 \sim 80 < 90$  と小さい。

※次回以降単磁路定極(基)

