

602 コンデンサー分相電動機の異状トルクについて

齊藤 兆古

(法政大学 工学部)

1, まえがき コンデンサー分相電動機の起磁力分布に起因する空間高調波による非同期クローリングと同期クローリングについて解析を行なつたので報告します。

2, 理論 一次が2p極のとき、一次矩形波状起磁力分布に起因して生ずる空間高調波の次数、 $\lambda_1 = 2A + 1 = 1, 3, \dots$  の持つ極数は  $2p\lambda_1$  であり、二次の凸形導体1本によつて生ずる空間高調波、 $\lambda_2 = 1, 2, \dots$  は  $2\lambda_2$  極を持ち、二次は凸形導体の各1本が1相を形成する  $M$  (二次導体数) 相星形結線とみなしうる。また一次二次間で相互インダクタンスが成り立つには一次二次の極数が一致しなければならぬから、 $2p\lambda_1 = 2\lambda_2$ 、即ち  $p\lambda_1 = \lambda_2$  の次数について相互インダクタンスが成り立つ。以上のような電動機のインピーダンス行列をその相対極座標行列で座標変換を行なつた、コンデンサー分相電動機の基本インピーダンス行列を(1)式に示す。

$$[Z] =$$

|  |  |  |
|--|--|--|
| $R_1 + \frac{d}{dt} \left\{ \sum_{\lambda_1} L_{\lambda_1} + l_1 \right\}$   |  | $\frac{d}{dt} \sqrt{\frac{2}{p}} \left\{ \sum_{\lambda_1} M_{\lambda_1} e^{j(\lambda_1 g + \delta)} + \sum_{\lambda_2} M_{\lambda_2} e^{-j(\lambda_2 g' - \delta)} \right\}$   |
|  | $R_1' + \frac{d}{dt} \left\{ \sum_{\lambda_1} L_{\lambda_1}' + l_1' \right\} + \frac{1}{C} \int dt$  | $\frac{d}{dt} \sqrt{\frac{2}{p}} \left\{ \sum_{\lambda_1} M_{\lambda_1}' e^{j(\lambda_1 g + \delta)} + \sum_{\lambda_2} M_{\lambda_2}' e^{-j(\lambda_2 g' - \delta)} \right\}$ |
|  |  |  |
| $\frac{d}{dt} \sqrt{\frac{2}{p}} \left\{ \sum_{\lambda_1} M_{\lambda_1} e^{j(\lambda_1 g + \delta)} + \sum_{\lambda_2} M_{\lambda_2} e^{-j(\lambda_2 g' - \delta)} \right\}$   | $\frac{d}{dt} \sqrt{\frac{2}{p}} \left\{ \sum_{\lambda_1} M_{\lambda_1}' e^{j(\lambda_1 g + \delta)} + \sum_{\lambda_2} M_{\lambda_2}' e^{-j(\lambda_2 g' - \delta)} \right\}$ | $R_2 + \frac{d}{dt} \left\{ \sum_{\lambda_2} L_{\lambda_2} + l_2 \right\}$   |
|  |  |  |
| $\frac{d}{dt} \sqrt{\frac{2}{p}} \left\{ \sum_{\lambda_1} M_{\lambda_1} e^{j(\lambda_1 g + \delta)} + \sum_{\lambda_2} M_{\lambda_2} e^{-j(\lambda_2 g' - \delta)} \right\}$   | $\frac{d}{dt} \sqrt{\frac{2}{p}} \left\{ \sum_{\lambda_1} M_{\lambda_1}' e^{j(\lambda_1 g + \delta)} + \sum_{\lambda_2} M_{\lambda_2}' e^{-j(\lambda_2 g' - \delta)} \right\}$ |  |
|  |  |  |
| $\frac{d}{dt} \sqrt{\frac{2}{p}} \left\{ \sum_{\lambda_1} M_{\lambda_1} e^{-j(\lambda_1 g + \delta)} + \sum_{\lambda_2} M_{\lambda_2} e^{j(\lambda_2 g' - \delta)} \right\}$   |  |  |
| $\frac{d}{dt} \sqrt{\frac{2}{p}} \left\{ \sum_{\lambda_1} M_{\lambda_1}' e^{j(\lambda_1 g + \delta)} + \sum_{\lambda_2} M_{\lambda_2}' e^{-j(\lambda_2 g' - \delta)} \right\}$ |  |  |
|  |  |  |
| $R_2 + \frac{d}{dt} \left\{ \sum_{\lambda_2} L_{\lambda_2} + l_2 \right\}$   |  |  |

(1)  $R_1, R_1', l_1, l_1', l_2, L_{p\lambda_1}, L_{p\lambda_1}', L_{g_{n+r}},$  : 一次主巻線補助巻線、二次1相、それぞれのはね、流れりアークランスおよび高調波の自己インダクタンス  
 $M_{p\lambda_1}, M_{p\lambda_1}'$  : 一次主巻線と二次、一次補助巻線と二次間の各高調波に対する相互インダクタンス  
 $C$  : 補助巻線回路のコンデンサー  
 $\theta = (1 - \beta) \omega t, \theta' = \theta - \frac{\pi}{2}, \omega_m = \omega, s = \frac{\omega - \omega_m}{\omega}$   
 $g, g'$  : 零を各正の整数  
 $\delta$  :  $M$  より小さい二次側高調波の次数

$$T = \frac{p}{4 \omega_m} \left[ [I]_t^* \left\{ \frac{\partial}{\partial t} [Z] \right\} \cdot [I] \right] \dots (3)$$

今、一次に  $\sqrt{2} V \cos \omega t$  なる電圧が印加されているとしたとき、(1)式で高調波が全く独立して存在し、一次回路に高調波電流が流れないと仮定すれば、電流は(2)式のように書ける。トルクは(3)式で計算され、(2)式の電流によるトルクを計算すると(4)式の如くなる。

$$T = T_e + T_e^* \dots (4) \quad T_e = T_1 + T_1' + T_2 + T_2' + T_3 + T_3' + T_4 + T_4'$$

右トルクの項は(5)式に示されている。

$$\begin{aligned}
 & I_1 \varepsilon^{j\omega t} + I_1^* \varepsilon^{-j\omega t} \\
 & I_1' \varepsilon^{j\omega t} + I_1'^* \varepsilon^{-j\omega t} \\
 [I] = & \frac{\sum_{g'} \left\{ I_{g'n+r} \varepsilon^{j\left\{ \omega t - (g'n+r) \frac{\theta}{p} \right\}} + I_{g'n+r}^* \varepsilon^{-j\left\{ \omega t - (g'n+r) \frac{\theta}{p} \right\}} \right\} + \sum_{g'} \left\{ I_{g'n-r} \varepsilon^{j\left\{ \omega t + (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} + I_{g'n-r}^* \varepsilon^{-j\left\{ \omega t + (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} \right\}}{\sum_{g'} \left\{ I_{g'n+r} \varepsilon^{j\left\{ \omega t + (g'n+r) \frac{\theta}{p} \right\}} + I_{g'n+r}^* \varepsilon^{-j\left\{ \omega t + (g'n+r) \frac{\theta}{p} \right\}} \right\} + \sum_{g'} \left\{ I_{g'n-r} \varepsilon^{j\left\{ \omega t - (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} + I_{g'n-r}^* \varepsilon^{-j\left\{ \omega t - (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} \right\}} \dots (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_1 = & j \frac{\sqrt{n}(g'n+r)}{4} M_{g'n+r} \left\{ I_{g'n+r}^* I_{g'n+r} + I_{g'n+r} I_{g'n+r}^* \right\} + j \frac{\sqrt{n}(g'n+r)}{4} M'_{g'n+r} \left\{ I_{g'n+r}^* I_{g'n+r} + I_{g'n+r} I_{g'n+r}^* \right\} \varepsilon^{j(g'n+r) \frac{\pi}{2p}}, C_1' = j \frac{\sqrt{n}(1+g')n-r}{4} \\
 & \times M_{1+g'n-r} \left\{ I_{1+g'n-r}^* I_{1+g'n-r} + I_{1+g'n-r} I_{1+g'n-r}^* \right\} + j \frac{\sqrt{n}(1+g')n-r}{4} M'_{1+g'n-r} \left\{ I_{1+g'n-r}^* I_{1+g'n-r} + I_{1+g'n-r} I_{1+g'n-r}^* \right\} \varepsilon^{j(1+g')n-r \frac{\pi}{2p}}, C_2 = j \frac{\sqrt{n}(g'n+r)}{4} \\
 & \times M_{g'n+r} \left\{ I_{g'n+r} \varepsilon^{j\left\{ 2\omega t + (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} + I_{g'n+r}^* \varepsilon^{-j\left\{ 2\omega t - (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} \right\} + j \frac{\sqrt{n}(g'n+r)}{4} M'_{g'n+r} \left\{ I_{g'n+r} \varepsilon^{j\left\{ 2\omega t + (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} \right. \\
 & \left. + I_{g'n+r}^* \varepsilon^{-j\left\{ 2\omega t - (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} \right\} \varepsilon^{j(g'n+r) \frac{\pi}{2p}}, C_2' = j \frac{\sqrt{n}(1+g')n-r}{4} M_{1+g'n-r} \left\{ I_{1+g'n-r} \varepsilon^{j\left\{ 2\omega t + (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} + I_{1+g'n-r}^* \varepsilon^{-j\left\{ 2\omega t - (1+g')n-r \right\} \frac{\theta}{p}} \right\} \\
 & \times \varepsilon^{-j(1+g')n-r \frac{\pi}{2p}}, C_3 = j \frac{\sqrt{n}(g'n+r)}{4} M_{g'n+r} \left\{ I_{g'n+r}^* I_{g'n+r} + I_{g'n+r} I_{g'n+r}^* \right\} \varepsilon^{j(1+g')n-r \frac{\theta}{p}} + j \frac{\sqrt{n}(g'n+r)}{4} M'_{g'n+r} \left\{ I_{g'n+r}^* I_{g'n+r} \right. \\
 & \left. + I_{g'n+r} I_{g'n+r}^* \right\} \varepsilon^{j(1+g')n-r \frac{\theta}{p}}, C_3' = j \frac{\sqrt{n}(1+g')n-r}{4} M_{1+g'n-r} \left\{ I_{1+g'n-r}^* I_{1+g'n-r} + I_{1+g'n-r} I_{1+g'n-r}^* \right\} \varepsilon^{j(1+g')n-r \frac{\theta}{p}} + j \frac{\sqrt{n}(1+g')n-r}{4} \\
 & \times M'_{1+g'n-r} \left\{ I_{1+g'n-r}^* I_{1+g'n-r} + I_{1+g'n-r} I_{1+g'n-r}^* \right\} \varepsilon^{j(1+g')n-r \frac{\theta}{p}}, C_4 = j \frac{\sqrt{n}(g'n+r)}{4} M_{g'n+r} \left\{ I_{g'n+r}^* I_{g'n+r} \varepsilon^{-j2\omega t} + I_{g'n+r} I_{g'n+r}^* \varepsilon^{j2\omega t} \right\} + j \frac{\sqrt{n}(g'n+r)}{4} \\
 & \times M'_{g'n+r} \left\{ I_{g'n+r}^* I_{g'n+r} \varepsilon^{-j2\omega t} + I_{g'n+r} I_{g'n+r}^* \varepsilon^{j2\omega t} \right\} \varepsilon^{j(g'n+r) \frac{\pi}{2p}}, C_4' = j \frac{\sqrt{n}(1+g')n-r}{4} M_{1+g'n-r} \left\{ I_{1+g'n-r}^* I_{1+g'n-r} \varepsilon^{-j2\omega t} + I_{1+g'n-r} I_{1+g'n-r}^* \varepsilon^{j2\omega t} \right\} \\
 & + j \frac{\sqrt{n}(1+g')n-r}{4} M'_{1+g'n-r} \left\{ I_{1+g'n-r}^* I_{1+g'n-r} \varepsilon^{-j2\omega t} + I_{1+g'n-r} I_{1+g'n-r}^* \varepsilon^{j2\omega t} \right\} \varepsilon^{j(1+g')n-r \frac{\pi}{2p}} \dots (5)
 \end{aligned}$$

ここで、 $C_1, C_1'$ は非同期ローリング、 $C_2, C_2'$ は $p=1+2p/(m(1+g+g'))$ の $n$ で同期速度に達する同期ローリング、 $C_3, C_3'$ の項は静止時同期ローリング、 $C_4, C_4'$ の項は電源の2倍の角速度を持つ振動トルクである。

3. 実験 実験値との比較を右図に示す。供試電動機は $2p=2, m=22$ である、計算値は、1, 3, 17, 21次の高調波を考慮して算出する。計算値は機械換、鉄損を各々でいなりこむか、実験値と比較的よく一致している。

4. 結言 本理論の妥当性を実験によって証明し、充分に実用性のあることを示した。文献：齊藤、単相誘導電動機の同期ローリングおよび固定子棒の振動について、電学誌投稿中

