

國產磁氣材料를 이용한 非對稱磁束分布 單相誘導機構

논문
21~3~4

A Study on the Performances of a Single-phase Motor with Non-quadrature Stator Windings using Domestic Magnetic Materials.

박 민 호*
(Min Ho Park)

Abstract

The requirements of a successful design for single phase induction motors with a high efficiency have, in recent years, led to the use of non-quadrature stator windings motors in which a high starting torque is a prime requisite.

The capacitor motor is one of above machines in which various possible forms of asymmetry can be occur. These forms of asymmetry in the stator phase windings, encountered in machine designs, are 1) an asymmetrical disposition in space of their magnetic axes, 2) a difference in their effective number of turns, 3) a difference in the distribution of their coil groups per pole and 4) amounts of capacitance of an auxiliary winding. In order to apply the effective performance prediction of these form to motors, making of lower quality-domestic magnetic materials, the analysis and the experimental investigations of its sample motors are described in this paper.

The utility of such a motor is demonstrated and it is shown that the effects-a good efficiency, good power factor and high starting toruqe-of the motor mechanism with non-quadrature stator phase windings can development disadvantages by using the lower quality-domestis magnetic materials.

1. 緒 言

非對稱卷線軸單相電動機의 起動特性 및 運轉特性에서 非對稱角의 效果가 특정한 α 角에서 起動토크특성의 개선, 1次力率의 개선, 高調波토크의 效果적인 확대, 平衡運轉條件의 용이성, 補助卷線 및 起動補助캐패시터의 용량질감등 特性改善效果가 상당하다는 것이 개략적으로 연구개발되고 있다. 또한 基本算式에 대하여도 Kron, Buchanan 4)에 의하여 제안되고 있어, 이러한 성과를 실용면에 적용시킬 단계에 있는 차제, 電動機定數와 관련있는 基本式의 誘導는 저자가 문헌 1)에 이미 발표한바 있거니와, 금번 이러한 基本等價回路를 이용하여, 현재 가장 많이 이용되고 있는 永久캐패시터分相電動機이 非對稱에 대해 論하고, 국산이 가능하나 아직도 저지인 磁氣材料部分의 대체를 試圖한 예가 없으므로

* 정희원: 서울대학교 공과대학 교수(공학박사) 당학회편수이사

이것을 대체한 경우의 非對稱卷線軸電動機의 활용성 을 본 연구에서 검토 분석하고자 한다.

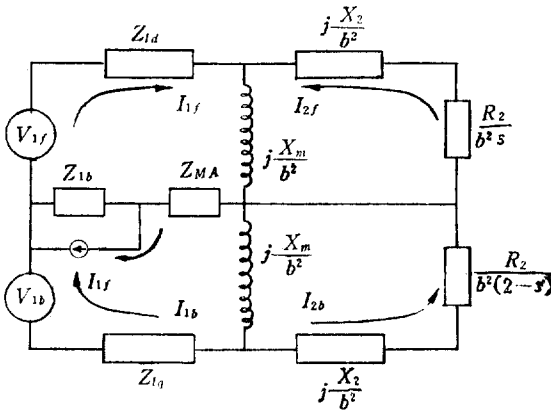
원래, 非對稱型單相電動機의 數理의 解析은 관련된 變數가 많아, 대단히 복잡하며, 더욱이 電動機의 各 기계정수를 變數로한 간략한 表現式을 얻기가 매우 어려우므로, 供試電動機를 제작하여, 이의 기계적정수를 이용한 特性解析과 實驗的方法으로 비교 해석함으로써, 低質의 國產磁氣材料의 電動機에의 이용성을 높이고자 하였으며 그 결과를 얻었으므로 다음과 같이 발표하는 바이다.

前提條件

그림 1의 等價回路에서 보는바와 같이 特性調整을 위한 기계정수의 變數, 즉 主卷線과 補助卷線의 實效卷線比 a , 回轉子卷線과의 卷線比 b , 起動補助裝置 특히 起動補償캐패시터의 용량 이외에도 많은 變數를 가지고 있으나, 여기서는 위와 같은 기계정수는 일정하다고 보

고, 다만 磁氣材料를 低質國產材料를 대체시켰다고 할 때의 非對稱卷線軸角 α 에 대한 효과적인 이용성을 알아내기 위하여 종전의 單相誘導電動機와 비교하여 다음과 같은 前提條件을 설정하였다. 즉

- 1) 同一한 鐵量으로 磁氣回路의 機構學的構造는 同一한 조건을 갖는다. 다만 鐵心의 材質만 다르게 한다.
- 2) 同一한 銅量으로, 卷線比 및 卷回數와 卷線方式은 同一하게 하되, 主補卷線의 스톱트상의 配置의 相對角만을 非對稱軸角으로 한다.
- 3) 電源印加方式도 同一하게 하고, 補助캐패시턴스의



$$\begin{aligned}
 Z_{1d} &\equiv R_{IM} + j(X_{IM} + X_{MI}) + j(R_{IM} + jX_{IM}) \cot \alpha \\
 Z_{1q} &\equiv R_{IM} + j(X_{IM} + X_{MI}) - j(R_{IM} + jX_{IM}) \cot \alpha \\
 Z_{1b} &\equiv 2j(R_{IM} + jX_{IM}) \cot \alpha \\
 Z_{MA} &\equiv -\frac{(R_{IM} + jX_{IM})(1 + j\cot \alpha)^2 + jX_{MI}/\sin^2 \alpha}{2} \\
 &\quad + \frac{R_{IA} + j(X_{IA} + X_{AI})}{2a^2 \sin^2 \alpha}
 \end{aligned}$$

그림 1. 籠型回轉子를 가진 非對稱卷線軸單相電動機의 等價回路

Fig. 1. Equivalent circuit for a single-phase squirrel motor with non-quadrature stator windings.

삼입방식과 용량도 同一한 조건을 갖도록한다.

- 4) 固定子 및 回轉子의 스톱트모양과 절연간격도 同一하게 한다.

이상과 같은 前提條件에 의하여, 永久캐패시터單相誘導機에서, 다만 勵磁리액턴스 X_m , 누설리액턴스 X_{MI} 및 X_{AI} 와 X_2 만이 변화할때, 良質의 磁氣材料를 사용한 對稱卷線軸電動機와 低質의 磁氣材料를 사용한 非對稱卷線軸電動機에서 適切한 比대칭각 설정으로, 제특성을 비교검토하여, 低質의 磁氣材料의 이용성여부를 해석하는 것이 본 논문의 취지이다.

2. 動作特性의 展開

먼저 補助卷線에 補助裝置의 삼입시, 이를 단순하게 單一 回路에 삼입하도록한 문헌 1)에서 유도한 그림 1의 等價回路로부터 動作特性을 전개하기로 한다.

回轉子를 籠型으로한 그림 1의 回轉磁界型等價回路에서, 基本回轉機 matrix을 표시하면 식(1)과 같다.

$$\begin{pmatrix} V_{1f} \\ V_{1b} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_1 & Z_2 & Z_M & 0 \\ Z_3 & Z_1 & 0 & Z_M \\ Z_M & 0 & \frac{R_R + jX_R}{s} & 0 \\ 0 & Z_M & 0 & \frac{R_R + jX_R}{2-s} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{1f} \\ I_{1b} \\ I_{2f} \\ I_{2b} \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서,

$$\begin{aligned}
 Z_1 &\equiv \frac{(R_{IM} + jX_{IM}) + (R_{IA} + jX_{IA})/a^2}{2 \sin^2 \alpha} + j(X_{MI} + \frac{X_m}{b^2}) \\
 Z_2 &\equiv -\frac{(R_{IM} + jX_{IM}) + (R_{IA} + jX_{IA})/a^2}{2 \sin^2 \alpha} + (R_{IM} + jX_{IM})(1 - j\cot \alpha) \\
 Z_3 &\equiv -\frac{(R_{IM} + jX_{IM}) + (R_{IA} + jX_{IA})/a^2}{2 \sin^2 \alpha} + (R_{IM} + jX_{IM})(1 + j\cot \alpha)
 \end{aligned}$$

$$Z_M \equiv j\frac{X_m}{b^2}, \quad X_R \equiv \frac{X_2 + X_m}{b^2}, \quad R_R = \frac{R_2}{b^2}$$

지금 식(1)을 電流式으로 逆變換하여,

$$\begin{pmatrix} I_{1f} \\ I_{1b} \\ I_{2f} \\ I_{2b} \end{pmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{pmatrix} Y_1 & Y_2 & \cdot & \cdot \\ Y_3 & Y_4 & \cdot & \cdot \\ Y_5 & Y_6 & \cdot & \cdot \\ Y_7 & Y_8 & \cdot & \cdot \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{1f} \\ V_{1b} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

여기서,

$$\begin{aligned}
 Y_1 &\equiv Z_1 \left[\frac{R_R + jX_R}{s} \right] \left[\frac{R_R + jX_R}{2-s} + jX_R \right] \\
 &\quad - Z_M^2 \left[\frac{R_R + jX_R}{s} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_4 &\equiv Z_1 \left[\frac{R_R + jX_R}{s} \right] \left[\frac{R_R + jX_R}{2-s} + jX_R \right] \\
 &\quad - Z_M^2 \left[\frac{R_R}{2-s} + jX_R \right]
 \end{aligned}$$

$$Y_2 \equiv -Z_2 \left[\frac{R_R}{s} + jX_R \right] \left[\frac{R_R}{2-s} + jX_R \right]$$

$$Y_3 \equiv -Z_3 \left[\frac{R_R}{s} + jX_R \right] \left[\frac{R_R}{2-s} + jX_R \right]$$

$$Y_6 \equiv Z_M \left[Z_M^2 - Z_1 \left(\frac{R_R}{2-s} + jX_R \right) \right]$$

$$Y_8 \equiv Z_M \left[Z_M^2 - Z_1 \left(\frac{R_R}{2-s} + jX_R \right) \right]$$

$$Y_5 \equiv Z_2 Z_M \left[\frac{R_R}{2-s} + jX_R \right]$$

$$Y_7 \equiv Z_3 Z_M \left[\frac{R_R}{2-s} + jX_R \right]$$

그리고

$$A \equiv Z_1 Y_1 - Z_2 Y_3 + Z_M Y_5$$

이다.

(1) 電流式

永久캐패시터分相型電動機에서 非對稱卷線軸의 非對稱效果가 특성개선에 있어서 가장 필요로 하며, 소형單相電動機가 점차 이러한 형의 것의 이용이 활발하게 개발되고 있음을 감안하여, 여기서도 이러한 것을 전제로 한 一般單相電動機의 特性을 해석하기로 한다. 즉 永久分相型에서는 主卷線 및 補助卷線의 印加電壓은 동일한 전원으로 하되, 補助卷線인피어던스를 主卷線에 대하여 非對稱으로 함이 실용상 가장 간편한 방식으로 되어 있다. 그러므로 여기서는 $V_M = V_A$, $I_t = I_M + I_A$ 가 되며, I_t 는

$$I_t = I_M + I_A = K_b I_{1f} + K_f I_{1b} \tag{3}$$

여기서,

$$K_f \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ 1 + j \left[\cot \alpha - \frac{1}{a \sin \alpha} \right] \right\}$$

$$K_b \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ 1 - j \left[\cot \alpha - \frac{1}{a \sin \alpha} \right] \right\}$$

이다. 식 (2)의 matrix에서

$$I_{1f} = \frac{1}{A} [Y_1 V_{1f} + Y_2 V_{1b}] \tag{4}$$

$$I_{1b} = \frac{1}{A} [Y_3 V_{1f} + Y_4 V_{1b}] \tag{5}$$

이며,

$$V_{1f} = K_f V_t, \quad V_{1b} = K_b V_t \tag{6}$$

이므로,

$$I_t = I_M + I_A = \frac{V_t}{A} \left\{ Y_3 K_f^2 + (Y_1 + Y_4) K_f K_b + Y_2 K_b^2 \right\} \tag{7}$$

여기서 K_f 는 正相分印加電壓, K_b 는 逆相分印加電壓의 電源電壓에 대한 vector 성분으로 표시되는 값이다.

(2) 토오크 特性式

回轉磁型等價回路에서의 토오크식은

$$T = I_{2f} I_{2f}^* \frac{R_2}{s} - I_{2b} I_{2b}^* \frac{R_2}{2-s} \tag{8}$$

이므로, 식 (2)의 matrix의 값을 대입하여 정리하면,

$$T = \frac{4V_t^2}{|A|^2} \left\{ |K_f|^2 \left[(|Y_1|^2 + |Y_2|^2) \frac{R_2}{s} - (|Y_7|^2 + |Y_8|^2) \frac{R_2}{2-s} \right] + R_2 K_f^2 \left[Y_3 \bar{Y}_6 \frac{R_2}{2-s} - Y_7 \bar{Y}_5 \frac{R_2}{2-s} \right] \right\} \text{ [synch. watt]} \tag{9}$$

그리고, 기계적 출력 P_k 는

$$P_k = (1-s) T \text{ [watt]} \tag{10}$$

이다.

여기서, 補助卷線에 직렬로 起動캐패시터를 삽입하였을 때의 기계적정수의 변화는, 다만 X_{AI} 이 $X_{AI} - X_c$ 로 변환하면 된다. 그리고 磁氣回路定數의 변화에 대하여는, X_m , X_{MI} , X_{AI} , X_2 , 및 X_{MI} 의 값을 변화시켜 대입하므로써 이루어질 수 있다. 그리고, 非對稱으로 인한 印加電壓의 正相 및 逆相分은 K_f , K_b 의 항으로 따로 표시하므로써, 電壓에 인한 非對稱效果를 非對稱으로 인한 기계적정수의 변화효과와 분리해석할 수 있도록 하였다.

3. 供試機와 實驗方法

(1) 供試機의 시방

실험적해석에 이용한 供試機는 軸出力 200 [W], 2 [극] 캐패시터分相電動機로서, 磁氣回路의 機構의 인크기: 固定子 盧徑 외경 139 [mm], 내경 71.5 [mm], 回轉子 直徑 70.9 [mm], 空際 0.3 [mm], 空際上의 길이 46 [mm], 스톱트수 固定子 24 (반페형), 回轉子 31 (농형).

電氣回路의 卷線크기와 配置: 主卷線은 重卷 1 [mm]에 나멜銅線, 30-27-24-18-11=110 [권회수], 補助卷線은 lap winding, 0.8 [mm]에 나멜銅線, 48-44-38-29-18=177 [권회수]로 하였다.

磁氣材料는 國산실리콘강판 T145 (供試 A機)와 외산실리콘강판 RM18 (供試 B機)를 사용한 2供試機에 각각 機械의 構造는 같게 하되, 다만, A기는 非對稱軸卷線으로, B기는 對稱軸卷線으로 卷線配置를 하였다. 이때, 각 電動機의 기계적정수는 표 1과 같다.

표 1 A 및 B공시기의 기계정수

Table 1. Machine constants of A and B sample machine

	R_{IM} [Ω]	X_{IM} [Ω]	R_{IA} [Ω]	X_{IA} [Ω]	X_m [Ω]	X_{MI} [Ω]	X_A [Ω]
A기	1.86	1.37	5.12	3.54	33	3.5	5.2
B기	1.86	1.21	5.12	3.33	27	2.8	4.2
	R_2 [Ω]	X_2 [Ω]	a	b	α	R_2, X_2 의 값은 1차측에 측정환산한 값이고, 곱으로 $N_R = N_M$ 인	
A기	3.65	1.36	1.6	1	105°		
B기	3.65	1.36	1.6	1	90°		

(2) 實驗方法

토오크특성측정에 있어서, 起動토오크가 起動과정에서의 過渡토오크特性은 스트레인게이지방법을 채용하였다. 즉 그림 2에서와 같이 eddy current dynamometer에

따로 저울대신에 鋼片에다가 스트레인게이지를 부쳐 여
기서 생기는 스트레인이 印加應力 즉 토오크에 비례하
는 값이라고 보고, 이를 브릿지回路에서 토오크에 비례
하는 스트레인을 검출하여, 스트레인增幅器를 거쳐,
photocorder 에서 이를 기록측정하되, 이의 비례정수는
定常運轉시 저울지침에 의하여 이를 조정확정시킨다.
속도는 phototachometer 에서의 회전수에 비례하는
pulse 를 검출하여 이를 直流增幅器에 의하여 증폭하여
photocorder 에서 기록산정한다. 그리고, 電力 및 電流
는 power unit 에서 그 크기를 검출하여 photocorder
에서 기록측정한다.

定常運轉特性은 기동완료후, eddy current 형 dyna-
mometer 및 제 특성측정기구에 의하여 실측하였다.

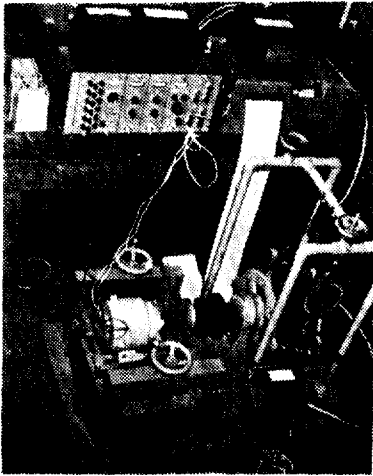


그림 2. 供試機 및 實驗裝置圖
Fig. 2. Sample machine and experimental apparatus

4. 解析 및 實驗結果

(1) 解析 結果와 實驗結果와의 비교

앞서 말한바와 같이 다른 機械定數는 일정하게 하여
놓고 다만 磁氣材料만을 低質의 것을 이용하여 제작한
供試機에서, 卷線配置를 非對稱으로 한 경우, 補助캐패
시턴스 40[μ F]에서, 토오크特性은 A기 105°, B기 90°
하였을때 거의 같은 특성을 갖게 됨을 알 수 있으며 그
림 3에서 보는 바와 같이 加速特性이 A기가 B기만 못
하나, 그대신 高調波토오크라고 예상되는 부분적인 脈
動토오크가 α 각의 非對稱으로 인하여 加速범위에서 효
과적으로 작용하므로, 이를 보완시킬 수 있게 되었다.
실험과정에서 알 수 있었지만 이러한 토오크발생범위
에서는 전원측 전압의 값이 $\alpha=75^\circ$ 에서는 170[%], $\alpha=$
105°에서는 130[%]정도 상승함을 볼 수 있는데, 이는
高調波逆起電力에 의한 결과로 밖에 해석할 수 없으며,
加速범위에서의 토오크값의 저하의 원인이 된다고 볼수
있다. 특성해석결과에서는 이러한 高調波토오크에 대하

여는 그 대상으로 하지 아니하였는데 그림 4에서와같이
加速범위에서의 토오크값이 저하, 정상운전토오크값의

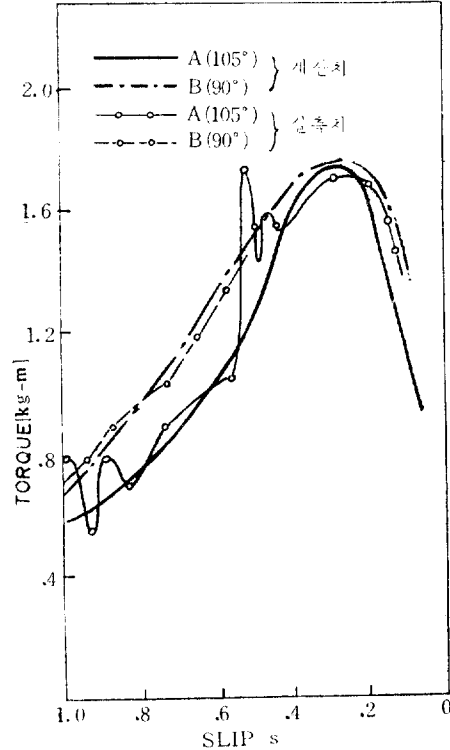


그림 3. A기(국산재료 T145)와 B기(RM18)의 torque-
speed 특성 비교. 축출력 200[W], 100[V],
 $C_{AUX}=40[\mu F]$

Fig. 3. Torque-speed characteristics of motor A
(T145) to B(RM18); mech output 200[W],
100[V], $C_{AUX}=40[\mu F]$

동기속도점에서 편기는, shaded pole motor 特性에서
나타나는 현상으로, 일반전동기에서는, 補助卷線임피
던스의 비대칭의 효과에서도 흔히 검토되는 바와 같이 純
單相特性외에 shaded pole 효과에 의한 平衡運轉點의 편
기를 야기시키는 결과라고 볼 수 있다. 그리고 측정결
과와 수치해석결과의 오차는 定常運轉特性에서는 거이
적은 범위에 속하고, 加速토오크特性에서는 그범위 가
약간 큰 것은 定常運轉범위에서는 공극의 磁界分布가
平衡상태에 있게 되므로, 비교적 高調波成分의 영향을
덜 받게 되는 때문이라고 생각한다. A기에서 $\alpha=75^\circ$
(補助卷線의 極性を 반대로 하며)때는 起動토오크도 낮
아 加速速度가 느릴 뿐만 아니라 第2高調波成分이 負
値가 되는 속도범위에 다다르며, 發電機作用과 같은 특
성을 갖어, 더 加速되지 아니하여, 定常運轉점까지 도
달하지 못하고 만다. 그림 5, 6의 값은 외부에서 加速
토오크를 가하여 강제기동시킨후의 특성측정치이다.

(2) 起動 및 加速토오크特性

그림 4에서 보면, $\alpha=90^\circ+(15^\circ\sim 30^\circ)$ 범위의 起動토오

크 및 最大토크特性은 對稱(90°)인 특성과 거의 같은 특성을 갖는다. 다만 加速特性만이 90°때 보다 못하다. 그러나 90°보다 적은 각도에서는 起動토크特性뿐만아니라 加速特性도 상당히 나빠져서 오히려 실용특성범위를 벗어난다. 그리고 高調波特性도 90°보다 큰 각도에서는 加速特性을 보완해 주는 방향으로, 90°보다 적은 각도에서는 加速特性을 나쁘게하는 방향으로, 즉 75°에서는 負值토크값을 갖게 하며, 이로 말미암아, 高調波의 높은 電壓에 의하여, 절연파괴를 가져올 우려마져 있다. 여기서는 40[μF]의 起動補償캐패시터를 사용한 경우만을 취급하였으나, 캐패시터의 값을 증가시키면, 平衡運轉條件이 加速度범위로 확대되어 와서, 非對稱卷線軸配置를 한 효과가 줄어드는 경향을 나타낸다. 한편하면 供試機와 같은 규모의 電動機에서는 60[μF] 이상의 캐패시터에서 벌써 平衡條件확대의 효과가 가속도범위에 나타나는데, 이때 起動토크의 값은 40[μF]에 비하여 120[%]정도 증가하는데 대하여, 定常運轉시의 固

定子電流는 180[%] 증가하여, 力率特性만 나쁘게 한다. 非對稱卷線軸配置의 電動機에서는 이러한 점으로 보아 高調波電壓에 의하 絶緣度만 조금 높이는 정도로 平衡運轉조건이 加速범위에 나타나기 시작하는 범위에서의 補助캐패시터를 선정함이 효과적일 것이다. 실험과정에서 α=75°일때, 캐패시터를 증가시켜도 負值토크를 나타내는 속도가 달라질 뿐이었다.

加速速度범위에서의 토크特性에 관계되는 shaded pde 효과²⁾는 α=90°±60°범위가 가장 좋은 효과를 갖는다고 보고 있는데, 최대토크값등을 고려하여, 1~2 스롯트범위가 가장좋은 효과를 갖는 非對稱軸角이라 볼 수 있다. 여기서는 24스롯트 2극이므로 스롯트당 15°이다.

(3) 定常運轉시의 諸特性

供試機의 定常運轉時特性을 살펴보면, 다음과 같다.

i) 1次電源電流와 力率特性

실리콘규소강판이 저질의 것을 사용하되, 기구적구조는 변경하지 아니하였으므로, 같은 對稱角에 대하여는 1次入力電流가 전체적으로 증가할것이나, 非對稱角으로 하면 일반적으로, 無負荷電流 및 定格負荷電流의 차이가 커지고, 무부하전류가 적어져서, 平衡境界의 勵

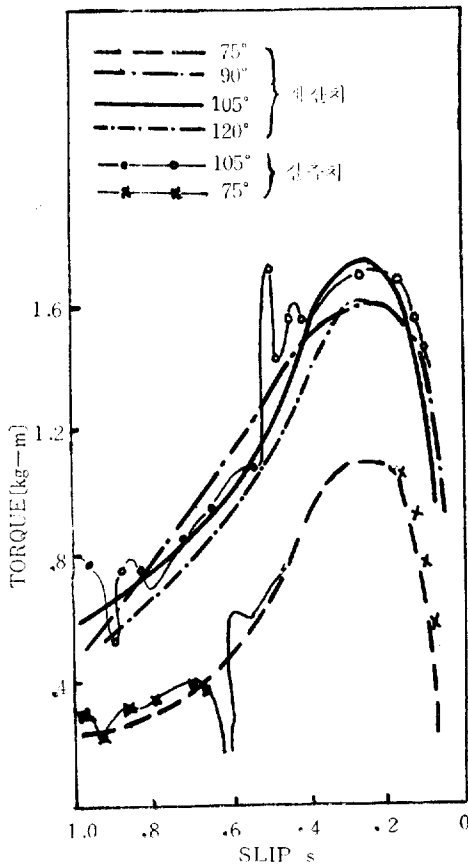


그림 4. 국산규소강판(T145)를 사용한 非對稱卷線軸캐패시터전동기의 torque-speed 특성: 軸출력 200[W] 2극, 100[V], CAUX=40[μF]

Fig. 4. Torque-speed curve for single-phase induction motor with non-quadrature stator windings made of domestic magnetic materials; mech. output 200[W], 100[V] CAUX=40[μF].

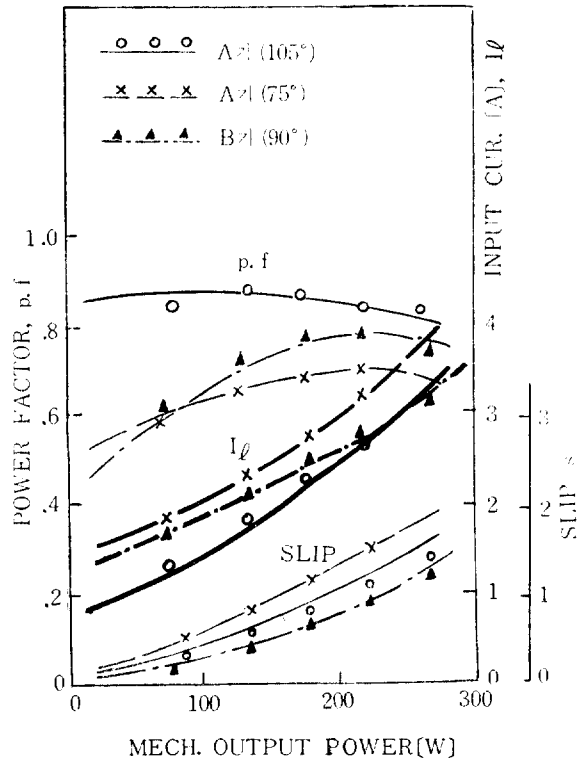


그림 5. 供試機의 機械의 出力에 대한 定常運轉시의 力率과 入力電流 및 軸출력 특성

Fig. 5. Power factor, line current and slip curve to mech. output power of sample machines on steady state running.

磁電流특성에 가까워지는 경향이 있다. 그리하여 1次力率도, 부하의 전범위에 대하여 일반적으로 높고 평할한특성을 갖는데, 이는 shaded pole 電動機에서의 일반적인 특성이다. shaded pole 전동기에서 보면 실효전선비 a 가 $aa > 1.2$ 이면은 위와 같은 특성을 갖게 되며, $a < 1.1$ 이던은 純單相機와 같은 특성을 갖는다.

여기서는 $a=1.6$ 으로 하였으므로 그림 5와같이, 저질의 磁氣材料를 사용하였다라도 力率은 0.8 이상으로 좋은 값을 갖게 된다. 그러므로 永久캐패시터分相電動機에 이러한 비대칭원리를 이용할때는 반드시 $a > 1.2$ 가 되도록 實効卷線比를 선정하여야 할 것이다.

ii) 速度變動率, slip 特性

부하에 대한 속도변동율은 아직도 對稱卷線軸機에 미달한다. 이는 平衡運轉점이 非對稱軸角에 의하여, 동기 속도범위에서 멀어지므로 나타나는 형상이다.

iii) 入力과 効률特性

非對稱卷線軸電動機械에서의 하나의 특이한 현상은 그림 6에서 보는 바와 같이 効률이 負荷變動에 대하여 넓은 범위에 걸쳐, 개선된다는 점이다. 여기서도, 50 [%]全負荷에서 150 [%]全負荷에 걸쳐 58~60 [%]의 効率特性을 갖어 왔다. 그러나, 이러한 특성도 $a=105^\circ$ 주위에서의 값이고, α 가 90° 이하인 값에서는 대칭축 90°

인 때에 비하여, 그 값도 낮으며, 그 변동율도 심하다. 그리하여 저질의 磁氣材料에 의하여도 輕負荷에서는 도리어 効률이 좋아지는 결과를 갖어왔다.

5. 考 察

(1) 문헌 5) 6) 7)과 본 해석 및 실험결과에 따르면, 非對稱軸卷線配置의 경우가, 對稱配置의 경우보다 a 및 補助卷線삽입캐패시터의 조정에 의한 특성변화에의 寄與도가 커서, 磁氣材料의 변화에 따른 영향을 적게 받게 되므로 設計餘裕도가 크다.

(2) 非對稱角으로서는 $90^\circ + (10^\circ \sim 30^\circ)$ 범위가 특성의 종합적인 검토에서 적당한 값이라고 볼수 있으며, 補助卷線에 直列로 삽입하는 캐패시터의 용량의 크기는 力率, 効率, 角범위에서의 토오크특성을 감안할때, 가장 주안점을 두는 특성이고 따라서 상당히 효과적인 變數가 될 수있을 것이다. 즉

(4) 定常運轉의 効率을 개선시킬려면 卷回數比 a 는 1.2~2.0으로 하고, 1次力率が 가장 좋은 범위에 달하는 정도의 캐패시터용량을 삽입하여야 하며,

(5) 加速特性을 개선시킬려면, (4)의 경우보다 더 큰 캐패시터용량을 갖게 하면 된다. 이때 起動토오크特性은 약간 개선되나, 定常運轉時의 諸特性은 저하한다.

(5) 起動特性개선은 캐패시터용량의 증가로, 平衡運轉 조건점은 편기시키는 것보다 高調波토오크特性을 이용하는 것이 효과적이며, 對稱시보다 非對稱시가 훨씬 그 영향력이 큼을 알 수 있다.

(6) α 角을 90° 이하로 하는 경우는 $a < 1$ 인때, 특성개선의 여지가 있다고 하나 전체적으로 90° 이상으로 함이 좋으며, 이때 α 角의 증감에 따라, 補助캐패시터의 容量을 조정에 따른 平衡運轉점의 $s=1$ 방향의 편기의 영향력이 큼을 알 수 있다.

(7) 그리하여, 1次入力電流의 補助캐패시터의 조정에 따른 변화가 속도가 높아질수록 커지는 현상은 非對稱의 경우나 對稱의 경우나 마찬가지로 起動토오크개선을 위한 캐패시터용량증가는 극히 주의할 하여야 할 것이다.

(8) 非對稱卷線軸電動機에서는 高調波電壓에 대한 絶緣設計에 특히 유의하여야 한다.

6. 結 論

主卷線 및 補助卷線을 갖는 單相誘導電動機에서는, 이들 두 卷線의 相互配置를 非對稱軸上에 놓으므로서 起動特性, 加速特性 및 定常運轉特性범위중 어느 한쪽으로 平衡運轉條件을 轉移시킬 수 있는 能力, 즉 調整要素의 調整餘裕도가 강화되므로, 低質의 磁氣材料를

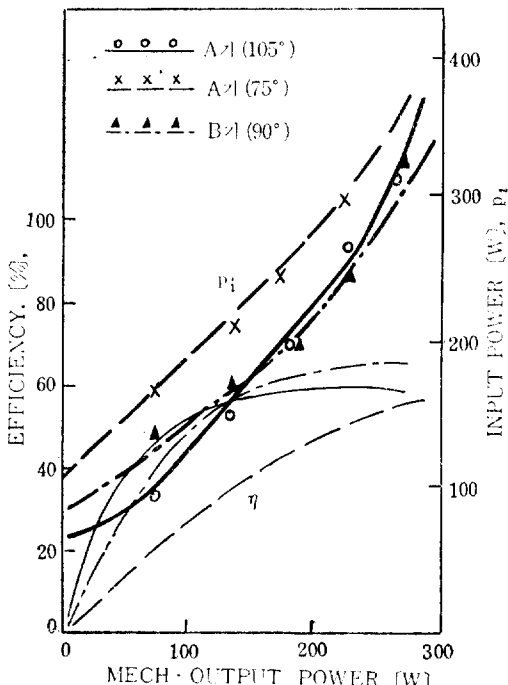


그림 6. 供試機의 機械의 出力에 대한 定常運轉時의 入力 및 効率特性

Fig. 6. Input power and efficiency curve to mech. output power of sample machines on steady running.

이용하더라도 보충되어야 할 특정한 特性을 상당한 부분에 걸쳐 개선할 수 있는 여지가 다분히 존재함을 알 수 있었다. 즉 非對稱角 α , 卷回數比 a , 補助卷線에 직렬로 삽입하는 캐패시터 C_{AUX} 에 대하여, 對稱일때보다 상당히 민감하게 또한 효과적으로 特性變化를 갖어 오게 할 수 있으므로, $\alpha=90^\circ \pm 1 \sim 2$ 스톱트角, $a > 1.3$ 으로 하여 놓고 C_{AUX} 를 조정하면, 效率, 力率, 起動 및 加速特性을 實用범위내에 부분적으로 개선할 수 있어 主眼點을 두는 特性改善을 위하여는 低質國產磁氣材料로서도 이를 성취할 수 있음을 實證하게 되었고, 이러한 관점에서, 아직 磁氣材料의 개발이 미숙한 국내제품으로 소형전동기를 제작할때, 非對稱卷線軸의 固定子卷線方式를 채용하면, 起動特性, 力率, 效率등을 수입 자재를 이용한 電動機의 特性範圍까지 상당한 부분에 걸쳐 개선하게 할 수 있음을 提示하게 되었다.

끝으로 이러한 연구가 소형전동기의 均산자재화를 시도하는 제작소의 설계지침에 도움이 된다면 다행으로 생각하는 바이다.

본 연구는 1971년도 蓮菴文化財團의 研究費지급으로 이루어진 것이고, 이러한 조성을 마련하여주신 財團理事長 및 理事들에게 깊은 사의를 표시하는 바이다.

記 號

I_{Ia}, I_{Ib} : 固定子の 正相, 逆相分電流

I_M, I_A : 固定子の 主卷線 및 補助卷線電流

V_i, V_M, V_A : 電源電壓, 主卷線印加電壓 補助卷線印加電壓

K_f, K_b : 電源電壓에 대한 正相分 逆相分電壓의 비

R_{IM}, R_{IA} : 固定子の 卷線 抵抗

X_{IM}, X_{IA} : 固定子の 卷線누설리액턴스

X_{MI}, X_{AI} : 主, 補助卷線간의 相互 누설리액턴스

X_m : 勵磁리액턴스 (相當)

$a = N_A/N_M$, 主, 補助卷線の 卷線比

$b = N_R/N_M$, 主, 回轉子卷線간의 卷線比

R_2, R_R : 籠型回轉子の 卷線抵抗

X_2, X_R : 籠型回轉子の 卷線 누설리액턴스, $X_R = X_2 + X_m$

α : 非對稱卷線軸角

s : 슬립

참 고 문 헌

- 1) 朴旻鎬, “非對稱卷線軸單相電動機의 等價回路에 관해서” 대한전기학회지 Vol. 21. No.1 pp 7~12. Jan. 1972.
- 2) O. I. Butler, A. K. Wallace, “Generalised Theory of Induction Motors with Asymmetrical Windings, and Its Application to the Analysis and Performance Prediction of shaded pole Motors” Proc IEE, Vol. 115, No. 5. pp. 685~695, May 1968.
- 3) P. L. Alger, The Nature of Induction Machine Gordon and Breach Pub. pp. 459, pp. 393-463. 1965, Book.
- 4) Gabriel Kron, Equivalent Circuit of Electric Machinery. John. Wiley & sons, INC, pp. 25~59 1951. Book.
- 5) K. Hayashi, F. Funahashi, “The Starting Characteristics of Capacitor Motor with Non-quadrature Stator Windings” JIEEJ Vol. 79, No. 851. pp. 1014~1021, Aug. 1959.
- 6) Venkata. V. Sastry, Mayuram, R. Krishnaurthy, “Generalized Theory for the Starting Performance of Single-phase Induction Motor with Asymmetrical Windings,” IEEE Trans. PAS, Vol. 89. No. 4, pp. 652-662, April, 1970.
- 7) G. Sridhara Rao, Venkata V. Sastry, P. Venkata Rao, “Two-speed Single-winding Shaded-pole Single-phase Induction Motors” IEEE Trans. PAS. Vol. 89, No. 6. pp. 1308~1321, July/Aug. 1970.
- 8) T. Takegami, K. Hayashi, F. Funahashi, “Circle Diagrammatic Method of Determination of Characteristics of Two-phase Induction Motor with Windings not in Quadrature and Its Application” JIEEJ Vol. 76. pp. 394~401, April, 1956
- 9) K. Kato, K. Tsuboi, “On the Form of the Magnetic Field of a Single-phase Induction Motor ns Its Slip” JIEEJ Vol. 91. No. 4, pp. 699, April. 1971.