

基準電流追從形 인버터에 의한 2 卷線電動機의 2 相運轉特性

論 文
33~ 8 ~ 2

Characteristics of Two Phase Operation of Two Winding Motor Driven by Reference Current Adaptive Inverter

元 鍾 洙* · 鄭 義 相**
(Jong-Soo Won · Eui-Sang Jong)

Abstract

The single phase induction motor is recently requested to meet a broad speed control and smooth forward and reverse operation due to the multifarious usages.

This paper deals with two phase operation of a two winding motor by reference current adaptive inverter which can supply the currents to satisfy the balanced operation into the main and auxiliary winding through the entire operational region. According to the proposed system, the starting, forward and reverse and variable speed control of a two winding motor eliminated the capacitor from the capacitor-run motor is also possible.

The formation and its principle of the reference current adaptive inverter and characteristic analysis of the motor fed by this apparatus are described in this paper. Excellent agreement with the measured results and calculated values by computer simulation is obtained.

1. 序 論

一般産業用 動力源에 널리 使用되고 있는 3 相誘導電動機는 可變周波數 인버터의 使用으로 高効率 速度制御가 넓은 速度領域에까지 比較的 容易하게 이루어지고 있다. 한편 小形機械의 動力源으로 널리 利用되고 있는 分相形 및 콘덴서形 電動機 등도 用途가 多樣化됨에 따라 廣範圍한 速度調整 및 圓滑한 可逆回轉驅動 등의 要求가 漸增하고 있다. 이러한 電動機는 2 相卷線을 가지고 있으며, 起動, 逆回轉 및 速度調整이 各各 別箇의 裝置에 의해서 이루어지고 있다. 예를 들면 分相形 및 콘덴서 起動形 등에서는 遠心力 스위치, 電氣式 繼電器 등에 의해서 起動後 起動卷線을 開放하는 것으로, 回轉方向의 變更은 電動機停止後 機械式 또는 半導體 스위치에 의해서 卷線의 接續을 바꾸는 방식이 使用되고 있다. 콘덴서 런 形의 速度調整은 速度調整卷線에 의한 階

段的인 方法이라든지 트라이아크 등으로 端子 또는 一相의 電壓을 制御하여, 連續的으로 速度를 調整하는 방식이 實用化되고 있다. 이러한 速度調整法은 인버터로 驅動하는 방식에 비해서 效率이 낮고 또한 速度調整範圍도 적으므로 넓은 領域에 걸친 速度調整에는 適合치 않으나 裝置의 構成이 簡單하므로 널리 利用되고 있다.

本 論文에서 다루게 될 2 卷線電動機의 2 相運轉이란 콘덴서 런 電動機와 같은 2 相卷線을 가지는 誘導電動機로부터 콘덴서를 除去한 電動機에 平衡運轉條件을^{1)~4)} 滿足하는 크기와 位相差를 가지는 電流를 電流追從形 인버터에^{5),6)} 의해서 各卷線에 供給하므로써 可變電壓 可變周波數 2 相電源에서 驅動하는 2 相電動機에서와 같은 連續的인 可變速度驅動을 試圖한 것이며, 平衡運轉條件을 滿足하는 두 電流를 各各 基準電流로 設定하고 各卷線에 實際로 흐르는 電流와 基準電流와를 比較해서 그 誤差가 想定 限界範圍를 넘지 않는 크기의 電流를 維持 供給하는 基準電流追從形 인버터 1 대씩을 各卷線에 使用하였다. 이 裝置의 使用으로 主卷線에 흐르는 電流는 位相이 補助卷線電流보다 $\pi/2$ 뒤지고, 크기는 補

* 正 會 員 : 서울大 工大 電氣工學科 教授
** 正 會 員 : 서울大 大學院 電氣工學科 碩士課程
接受日字 : 1984年 1月 19日

助卷線電流의 卷數比倍로할 수 있기때문에 全運轉領域에 걸쳐 平衡運轉이 可能하다. 이 方式에 依한 驅動은 整流回路를 附加하면 單相電源으로 2相電動機나 其他 2卷線電動機의 平衡運轉·正逆回轉·可變速度驅動 등도 可能하다. 또한 任意의 卷數比의 2卷線電動機의 起動 및 速度調整裝置로서도 應用可能하다.

本文에서는 基準電流追從形 인버터의 構成과 이 裝置로 2卷線電動機를 驅動한 경우의 基本的인 電動機의 驅動特性에 대해서 報告한다.

2. 電動機의 等價回路

2-1 콘덴서 런 電動機

콘덴서 런 電動機에는 여러 種類가 있으나 여기서는 콘덴서 1개를 使用한 그림 1과 같은 電動機에 限定한다. 卷線은 主卷線相, 補助卷線相으로 構成되고 兩卷線間의 配置角은 電氣角 $\pi/2$ 이며, 또한 卷線分布는 同一하다고 한다.

콘덴서 런 電動機에 대한 等價回路는 Veinott 等價回路形式으로 ^{7), 8)} 表示하면 그림 2와 같이 되고 單相電源에서 運轉할 때의 電壓方程式은 다음과 같다.

$$V_m = I_m Z_1 + (I_m - ja I_a) Z_f + (I_m + ja I_a) Z_b \quad (1)$$

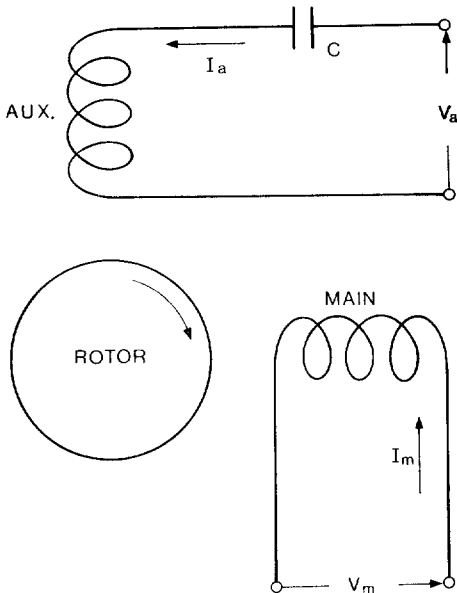


그림 1. 콘덴서 런 電動機

Fig. 1. Capacitor-run motor with two windings in space quadrature.

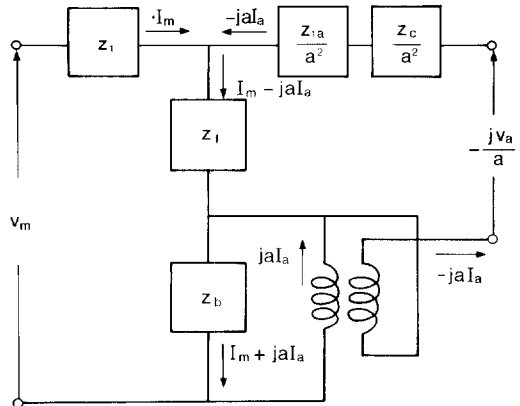


그림 2. 콘덴서 런 電動機의 Veinott 等價回路

Fig. 2. Veinott's equivalent circuit of capacitor-run motor.

$$\frac{-jV_a}{a} = -ja I_a \left(\frac{Z_{1a} + Z_c}{a^2} + (I_m - ja I_a) Z_f - (I_m + ja I_a) Z_b \right) \quad (2)$$

여기서, V_m, V_a : 主卷線 및 補助卷線電壓

I_m, I_a : 主卷線 및 補助卷線電流

a : 實効卷數比(補助卷線相卷數 / 主卷線相卷數)

$Z_1 = r_1 + jx_1$ = 主卷線의 임피던스

$Z_{1a} = r_{1a} + jx_{1a}$ = 補助卷線의 임피던스

$Z_c = r_c - jx_c$ = 콘덴서의 임피던스

Z_f = 主卷線相으로 換算한 回轉子의 正相 임피던스

Z_b = 主卷線相으로 換算한 回轉子의 逆相 임피던스

式 (1), (2)를 再整理하면

$$V_m = I_m (Z_1 + Z_f + Z_b) - ja I_a (Z_f - Z_b) \quad (3)$$

$$\frac{-jV_a}{a} = I_m (Z_f - Z_b) - ja I_a \left(\frac{Z_{1a} + Z_c}{a^2} + Z_f + Z_b \right) \quad (4)$$

로 表示된다.

2-2 2卷線電動機

그림 2에서 正方向 回轉磁界를 만드는 電流는 $I_m - ja I_a$, 逆方向 回轉磁界를 만드는 電流는 $I_m + ja I_a$ 이므로

$$-ja I_a = I_m \quad (5)$$

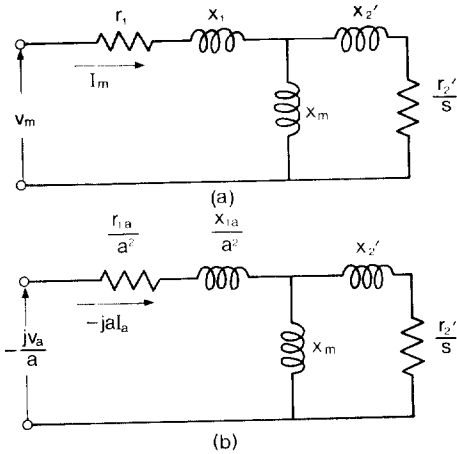


그림 3. 2 相運轉時의 2 卷線電動機의 等價回路

(a) 主卷線相 (b) 補助卷線相

Fig. 3. Equivalent circuit of the two winding motor at two phase operation.

(a) Main winding phase
(b) Aux. winding phase

가 될 때는 逆相分 回轉磁界는 零이 되고, $I_m, a I_a$ 는 平衡 2 相電流를 構成한다. 따라서 電動機의 全運轉領域에 걸쳐 式(5)를 滿足하는 電流를 主卷線과 補助卷線에 供給하면 항상 兩卷線의 起磁力의 크기는 같고, 時間적으로 $\pi/2$ 의 位相差를 가지는 平衡運轉을 시킬 수 있어, 2 相電源에서 驅動하는 2 相電動機처럼 動作한다. 本論文에서는 콘덴서 런 電動機에서 콘덴서를 除去한 狀態에서 式(5)의 條件을 滿足하도록 運轉하는 方式을 2 卷線電動機의 2 相運轉으로 稱한다.

콘덴서를 除去한 2 卷線電動機를 2 相運轉 하였을 때의 等價回路는 主卷線相에 對해 그림 3 (a)로, 補助卷線相에 對해서는 實効卷數比 a 로 換算하여 그림 3 (b)로 表示된다.

여기서,

- r'_2 : 回轉子의 抵抗(主卷線으로 換算)
- x'_2 : 回轉子의 리액턴스(主卷線으로 換算)
- x_m : 主卷線相 勵磁리액턴스
- S : 슬립

3. 特性解析

3-1 콘덴서 런 電動機

本解析에서는 다음과 같은 假定을 둔다.

(1) 固定子上的 主卷線과 補助卷線은 그 中心軸이 空間적으로 $\pi/2$ 떨어져 位置하고 있으며, 卷數나 卷線係數는 달라도 좋다.

(2) 回轉子는 對稱이다.

(3) 空間的高調波는 考慮치 않는다.

(4) 磁氣飽和는 無視한다.

그림 1과 같은 모델의 電動機를 $d-q$ 變換에⁹⁾ 依하여 解析하기 위해서 主卷線을 ds , 補助卷線을 qs 로 나타내고, 回轉子는 籠形卷線이지만 여기서는 平衡 2 相卷線 dr, qr 로 나타내기로 하면 그림 4와 같은 모델로 表示할 수 있다. 勿論 回轉子卷線은 平衡卷線이지만 任意의 多相卷線이라해도 無妨하다.

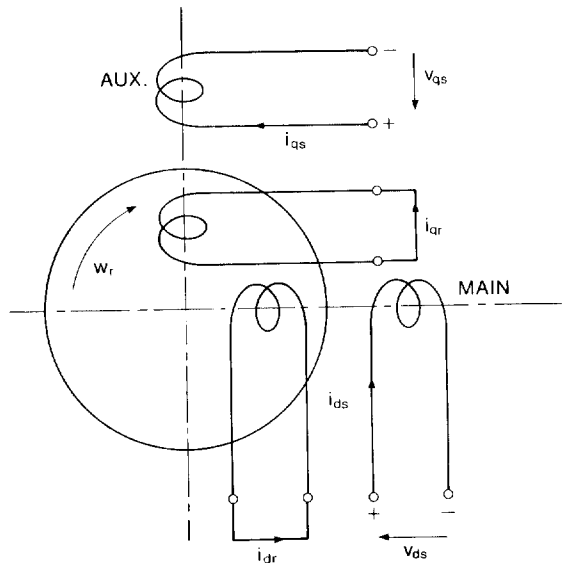


그림 4. 短絡回轉子를 가지는 2 卷線電動機

Fig. 4. Two-winding motor with short-circuited rotor coils.

여기서 電氣의 定數를 다음과 같은 記號로 나타낸다.

- R_{ds} 및 R_{qs} : ds 및 qs 卷線의 抵抗
- L_{ds} 및 L_{qs} : ds 및 qs 卷線의 自己 인덕턴스
- R_{dr} 및 R_{qr} : dr 및 qr 卷線의 抵抗
- L_{dr} 및 L_{qr} : dr 및 qr 卷線의 自己 인덕턴스
- M_d 및 M_q : ds 및 qs 卷線과 dr 또는 qr 卷線과 卷線軸이 一致하였을 때의 相互 인덕턴스
- ω_r : 回轉子의 機械의 角速度
- p : 磁極의 짝수
- P : $\frac{d}{dt} (= j\omega)$

v_{ds}, v_{qs} 의 正方向을 그림 4에서와 같이 取할 때 回轉子는 短絡되어 있으므로 i_{dr}, i_{qr} 는 同그림에서의 化살표方向으로 흐르게 되고, 電壓方程式은 式 6과 같다.

$$\begin{pmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{ds} + L_{ds}P & 0 & -M_dP \\ 0 & R_{qs} + L_{qs}P & 0 \\ -M_dP & p\omega_r M_q & R_{dr} + L_{dr}P \\ -p\omega_r M_d & -M_qP & p\omega_r L_{dr} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \\ i_{dr} \\ i_{qr} \end{pmatrix} \quad (6)$$

籠形回轉子를 가지는 콘덴서 런 電動機의 경우 空際은 均一하므로 式(6)에서 $R_{dr} = R_{qr} = R_r, L_{dr} = L_{qr} = L_r$ 의 關係가 있다. $\nu = 1 - S, p\omega_r = \nu\omega$ 로 놓고, 式(6)을 페이서形으로 나타내면 式(7)과 같이 된다.

$$\begin{pmatrix} \bar{V}_{ds} \\ \bar{V}_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{ds} + j\omega L_{ds} & 0 & -j\omega M_d \\ 0 & R_{qs} + j\omega L_{qs} & 0 \\ -j\omega M_d & \nu\omega M_q & R_r + j\omega L_r \\ -\nu\omega M_d & -j\omega M_q & \nu\omega L_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{I}_{ds} \\ \bar{I}_{qs} \\ \bar{I}_{dr} \\ \bar{I}_{qr} \end{pmatrix} \quad (7)$$

式(7)에서 $\omega L = X, \omega M = X_m$ 로 놓고 整理하면

$$\begin{pmatrix} \bar{V}_{ds} \\ \bar{V}_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{ds} + jX_{ds} & 0 & -jX_{md} \\ 0 & R_{qs} + jX_{qs} & 0 \\ -jX_{md} & \nu X_{mq} & R_r + jX_r \\ -\nu X_{md} & -jX_{mq} & \nu X_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{I}_{ds} \\ \bar{I}_{qs} \\ \bar{I}_{dr} \\ \bar{I}_{qr} \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$[\mathbf{V}] = [\mathbf{Z}][\mathbf{I}]$$

로 된다.

콘덴서 런 電動機인 경우 補助卷線에 $Z_c = r_c - jx_c$ 의 임피던스를 가지는 콘덴서가 直列로 接續되어 있는 것을 考慮하면 式(8)은

$$\begin{pmatrix} \bar{V}_{ds} \\ \bar{V}_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{ds} + jX_{ds} & 0 & -jX_{md} \\ 0 & R_{qs} + r_c + j(X_{qs} - x_c) & 0 \\ -jX_{md} & \nu X_{mq} & R_r + jX_r \\ -\nu X_{md} & -jX_{mq} & \nu X_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{I}_{ds} \\ \bar{I}_{qs} \\ \bar{I}_{dr} \\ \bar{I}_{qr} \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$[\mathbf{V}] = [\mathbf{Z}'][\mathbf{I}]$$

의 形式으로 表示되고 電流方程式은 式(10)으로 表示된다.

$$\begin{pmatrix} \bar{I}_{ds} \\ \bar{I}_{qs} \\ \bar{I}_{dr} \\ \bar{I}_{qr} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{ds} + jX_{ds} & 0 \\ 0 & R_{qs} + r_c + j(X_{qs} - x_c) \\ -jX_{md} & \nu X_{mq} \\ -\nu X_{md} & -jX_{mq} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \bar{V}_{ds} \\ \bar{V}_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$[\mathbf{I}] = [\mathbf{Z}']^{-1}[\mathbf{V}]$$

토오크 매트릭스 $[\mathbf{G}]$ 는 式(6)으로부터

$$[\mathbf{G}] = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & pM_q & 0 & -pL_{qr} \\ -pM_d & 0 & pL_{dr} & 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

이므로 토오크 T_e 는

$$T_e = R_e \{ [\bar{\mathbf{I}}_r^*][\mathbf{G}][\bar{\mathbf{I}}] \}$$

$$= R_e \{ \bar{I}_{ds}^* \bar{I}_{qs}^* \bar{I}_{dr}^* \bar{I}_{qr}^* \}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & pM_q & 0 & -pL_{qr} \\ -pM_d & 0 & pL_{dr} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{I}_{ds} \\ \bar{I}_{qs} \\ \bar{I}_{dr} \\ \bar{I}_{qr} \end{pmatrix}$$

$$= pR_e \{ \bar{I}_{dr}^* (M_q \bar{I}_{qs} - L_{qr} \bar{I}_{qr}) + \bar{I}_{qr}^* (-M_d \bar{I}_{ds} + L_{dr} \bar{I}_{dr}) \} \quad (12)$$

$L_{dr} = L_{qr}$ 로부터

$$R_e \{ -\bar{I}_{dr}^* L_{qr} \bar{I}_{qr} + \bar{I}_{qr}^* L_{dr} \bar{I}_{dr} \} = 0 \quad (13)$$

이다. 따라서 토오크 T_e 는

$$T_e = pR_e \{ \bar{I}_{dr}^* M_q \bar{I}_{qs} - \bar{I}_{qr}^* M_d \bar{I}_{ds} \} \quad (14)$$

로 주어진다.

그 밖의 諸特性式은 式(15)~(20)으로 주어진다.

$$\text{固定子抵抗損} = (\bar{I}_{ds})^2 R_{ds} + (\bar{I}_{qs})^2 R_{qs} \quad (15)$$

$$\text{回轉子抵抗損} = (\bar{I}_{dr})^2 R_r + (\bar{I}_{qr})^2 R_r \quad (16)$$

$$\text{機械的出力} = p\omega_r T_e = p\omega_r R_e$$

$$\{ [\bar{I}_i^*] [G] [\bar{I}] \} \quad (17)$$

$$\text{全損失} = \text{固定子抵抗損} + \text{回轉子抵抗損} + \text{鉄損} + \text{機械損} \quad (18)$$

$$\text{軸出力} = p\omega_r T_e - (\text{鉄損} + \text{機械損}) \quad (19)$$

$$\text{効 率} = \frac{\text{軸出力}}{\text{軸出力} + \text{全損失}} \times 100 (\%) \quad (20)$$

3-2 2卷線電動機

式 (8)에서 매트릭스 $[Z]$ 의 要素를 Z_{ij} 로 하고 \bar{I}_{ds} , \bar{I}_{qs} 를 右邊으로, \bar{V}_{ds} , \bar{V}_{qs} 를 左邊으로 移項하여 整理하면

$$\begin{pmatrix} \bar{I}_{ds} \\ \bar{I}_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{Z_{11}} & 0 \\ 0 & \frac{1}{Z_{22}} \\ \frac{Z_{31}}{Z_{11}} & \frac{Z_{32}}{Z_{22}} \\ \frac{Z_{41}}{Z_{11}} & \frac{Z_{42}}{Z_{22}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{V}_{ds} \\ \bar{V}_{qs} \\ \bar{I}_{dr} \\ \bar{I}_{qr} \end{pmatrix} \quad (21)$$

$$\begin{pmatrix} -\frac{Z_{13}}{Z_{11}} & 0 \\ 0 & -\frac{Z_{24}}{Z_{22}} \\ \frac{Z_{33} - \frac{Z_{13}Z_{31}}{Z_{11}}}{Z_{11}} & \frac{Z_{34} - \frac{Z_{24}Z_{32}}{Z_{22}}}{Z_{22}} \\ \frac{Z_{43} - \frac{Z_{13}Z_{41}}{Z_{11}}}{Z_{11}} & \frac{Z_{44} - \frac{Z_{24}Z_{42}}{Z_{22}}}{Z_{22}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{V}_{ds} \\ \bar{V}_{qs} \\ \bar{I}_{dr} \\ \bar{I}_{qr} \end{pmatrix} \quad (21)$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{I}_s \\ \dots \\ \mathbf{V}_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_{ss} & \mathbf{A}_{sr} \\ \dots & \dots \\ \mathbf{A}_{rs} & \mathbf{A}_{rr} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \mathbf{V}_s \\ \dots \\ \mathbf{I}_r \end{pmatrix}$$

式 (21)로부터

$$\begin{pmatrix} \bar{V}_{ds} \\ \bar{V}_{qs} \\ \bar{I}_{dr} \\ \bar{I}_{qr} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{Z_{11}} & 0 \\ 0 & \frac{1}{Z_{22}} \\ \frac{Z_{31}}{Z_{11}} & \frac{Z_{32}}{Z_{22}} \\ \frac{Z_{41}}{Z_{11}} & \frac{Z_{42}}{Z_{22}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{I}_{ds} \\ \bar{I}_{qs} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -\frac{Z_{13}}{Z_{11}} & 0 \\ 0 & -\frac{Z_{24}}{Z_{22}} \\ \dots & \dots \\ \frac{Z_{33} - \frac{Z_{13}Z_{31}}{Z_{11}}}{Z_{11}} & \frac{Z_{34} - \frac{Z_{24}Z_{32}}{Z_{22}}}{Z_{22}} \\ \frac{Z_{43} - \frac{Z_{13}Z_{41}}{Z_{11}}}{Z_{11}} & \frac{Z_{44} - \frac{Z_{24}Z_{42}}{Z_{22}}}{Z_{22}} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \bar{I}_{ds} \\ \bar{I}_{qs} \\ \dots \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (22)$$

$$\begin{pmatrix} \mathbf{V}_s \\ \dots \\ \mathbf{I}_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_{ss} & \mathbf{A}_{sr} \\ \dots & \dots \\ \mathbf{A}_{rs} & \mathbf{A}_{rr} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \mathbf{I}_s \\ \dots \\ \mathbf{V}_r \end{pmatrix}$$

即 2相電動機의 電壓 및 電流方程式이 매트릭스形式 (22)로 주어지므로 이로부터 諸特性式은 式(14)~(20)에 準해서 求할 수 있다.

3-3 特性計算 흐름도

周波數 30 HZ 에서 70 HZ 까지 10HZ 區間으로 v/f - 定制御를 하였을 때 콘덴서 런 電動機의 特性計算 흐름도는 그림 5와 같다. 그리고 2卷線電動

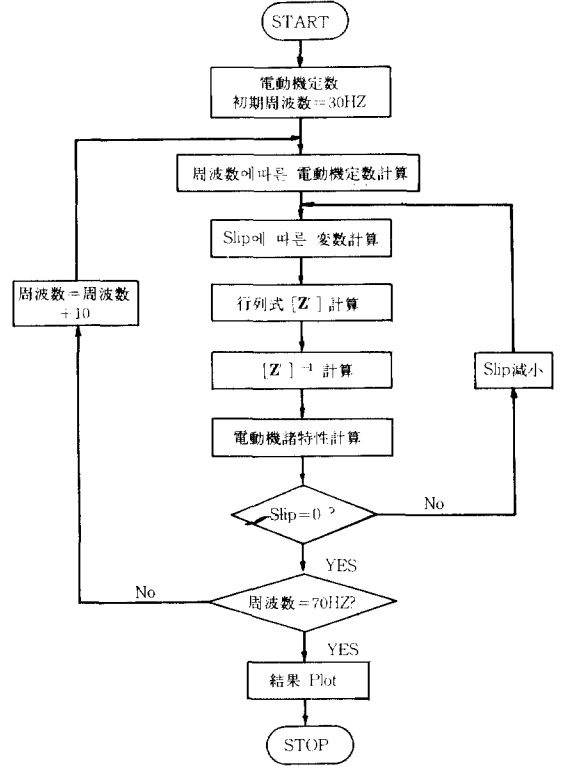


그림 5. 콘덴서 런 電動機의 特性計算흐름圖
Fig. 5. Flow-chart of characteristic calculation of capacitor-run motor.

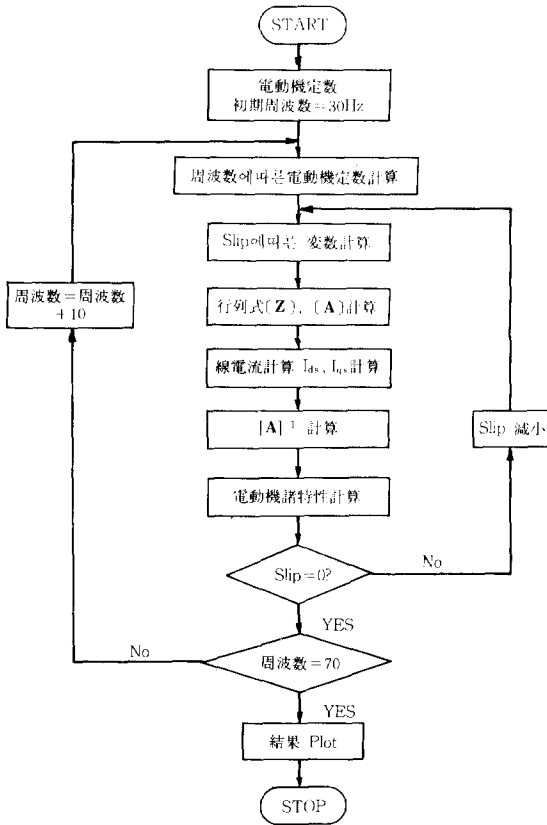


그림 6. 2卷線電動機의 特性計算흐름圖

Fig. 6. Flow-chart of characteristic calculation of two winding motor.

機에 대해서 콘덴서 런 電動機때와 同一線電流가 흐르도록 周波數制御를 하면서 2相運轉할 때의 特性計算 흐름도는 그림 6과 같다.

4. 基準電流追從形 인버터의 基本動向

4-1 시스템의 構成

主卷線과 補助卷線 各各에 平衡運轉條件을 滿足하는 電流를 供給하기 위해서 構成한 基準電流追從形 인버터의 블록 다이어그램은 그림 7과 같다. 補助卷線에 대한 電流追從回路는 主卷線電流 追從回路와 同一하므로 이에 대한 것은 省略하였다.

4-2 動作 및 波形

어떤 周波數에서 電動機를 運轉코자하는 경우, 먼저 2相基準電流波形發生器를 통해 運轉코자 하는 周波數를 設定하면 이때 흐르게될 電流의 振幅이 設定周波數와 電動機의 速度에 의해서 電流波形決定回

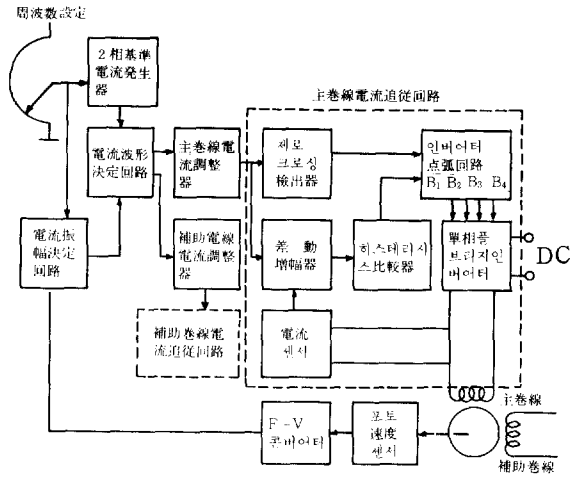


그림 7. 基準電流追從形 인버터의 블록 다이어그램 (主卷線用)

Fig. 7. Block diagram of reference current adaptive inverter for main winding.

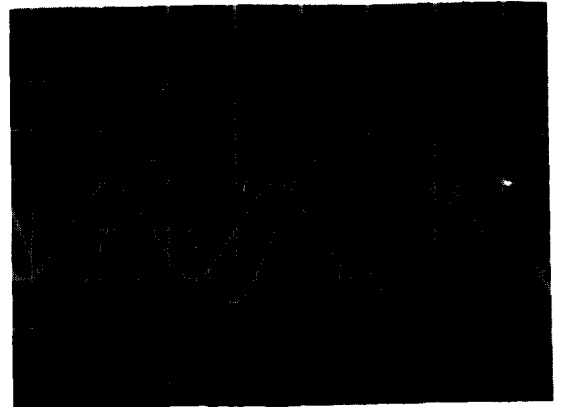


그림 8. 基準電流波形

- 1. 主卷線電流
- 2. 補助卷線電流

Fig. 8. Reference current waveform.

- 1. Main winding current
- 2. Auxiliary winding current

로에서 決定되어서, 平衡運轉條件을 滿足하는 基準電流의 波形이 主卷線電流調整器와 補助卷線電流調整器로부터 出力이 된다. 그 波形은 그림 8과 같다.

그림 7에서 差動增幅器는 電流 센서가 檢出した 電動機의 卷線電流와 主卷線電流調整器의 出力으로 주어지는 基準電流와의 差를 適當한 크기로 (여기서는 10倍로 함) 增幅하며, 히스테리시스 比較器에서는 이를 미리 設定한 히스테리시스의 幅에 따라 決定되는 矩形波로 變換하게 된다. 그림 9는 히스테리시스 比較器의 入力波形이 되는 差動增幅器의 出力波

形과 히스테리시스 比較器의 矩形波 出力波形을 나타낸 것이다.

히스테리시스 比較器에서의 出力인 矩形波 電壓과 계로 크로싱 檢出器의 出力인 矩形波 電壓을 인버터 点弧回路에 加해시, 論理演算을 通해 再構成하여, 베이스에 印加할 4개의 펄스를 만들고 이를 電力增幅하여 單相 풀 브리지 인버터를 動作시킨다.

그림 10은 設定한 히스테리시스에 該當하는 크기를 主卷線基準電流波形的 上下에 重첩할 경우의 波形을 表示한 것이며, 主卷線에 實際로 흐르게 될 電流의 波形은 이 두 波形의 사이를 지나게 된다. 그

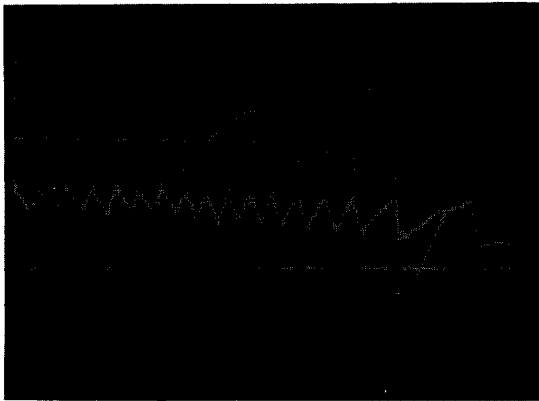


그림 9. 히스테리시스 比較器의 入力 및 出力波形

- 1. 入力 波形
- 2. 出力 波形

Fig. 9. Input and output waveform of hysteresis comparator

- 1. Input waveform
- 2. Output waveform

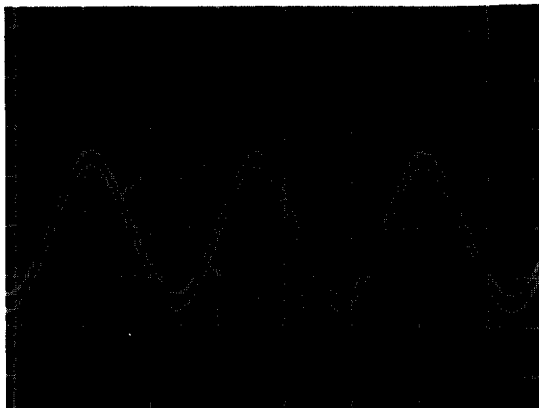


그림 10. 히스테리시스 設定值의 波形

- 1. 上限 波形
- 2. 下限 波形

Fig. 10. Waveform of hysteresis setting value.

- 1. Upper limit
- 2. Lower limit

림 11은 基準電流의 波形과 이를 追従하면서 變化하고 있는 實際電流의 波形을 表示한 것이다.

2 相運轉을 實現하게 爲해서는 補助卷線에 主卷線電流보다 位相이 $\pi/2$ 앞서고 主卷線電流를 卷線

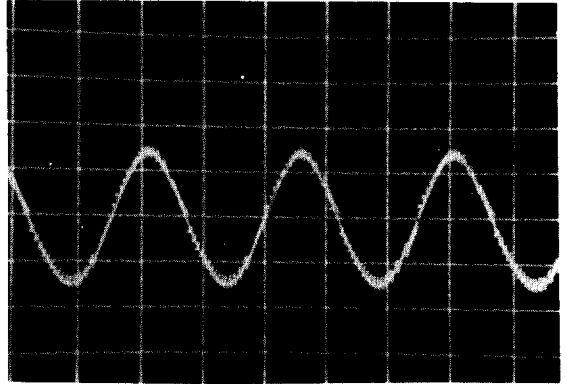


그림 11. 基準電流 및 追従電流 波形

Fig. 11. Waveform of reference current and adaptive current.

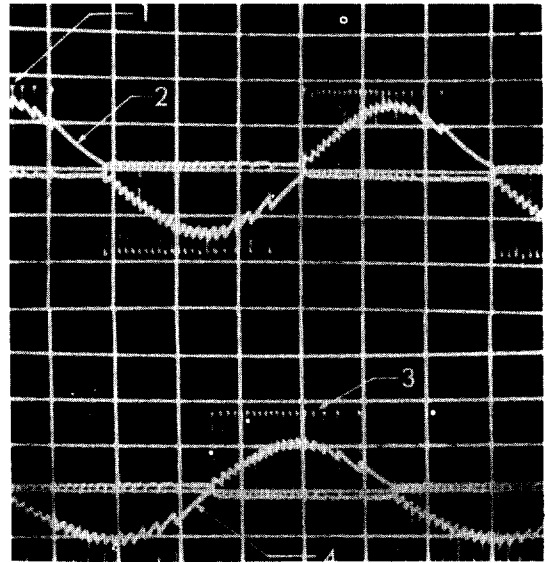


그림 12. 電壓 및 電流 波形

- 1. 主卷線電壓 波形
- 2. 主卷線電流 波形
- 3. 補助卷線電壓 波形
- 4. 補助卷線電流 波形

Fig. 12. Voltage and current waveform

- 1. Voltage waveform of main winding
- 2. Current waveform of main winding
- 3. Voltage waveform of auxiliary winding
- 4. Current waveform of auxiliary winding

비로 나눈 크기를 가지는 電流를 供給하여야 하므로 補助卷線 追從回路에 이러한 條件을 滿足하는 크기와 位相差를 갖는 基準電流波形을 入力시켜 주면 補助卷線에는 이 基準電流를 追從하는 電流가 흐르게 된다.

그림 12는 供試電動機를 無負荷로 運轉하였을 때 本基準電流追從形 인버터로부터 主卷線과 補助卷線에 供給하는 電流와 이때 印加되는 電壓의 波形을 表示한 것이다.

運轉中에 있는 電動機의 速度를 포토 센서로 檢出해서 이를 F-V 컨버터에 加하면 直流電壓의 形態로 變換된다. 이 電壓이 電流振幅計算回路로 피이드 배 되어, 設定된 運轉周波數에서 負荷에 따라 흘러 주어야 할 卷線電流의 크기가 決定되며, 그 크기에 該當하는 直流電壓을 發生한다.

이 電壓과 基準 2相發生器의 波形이 電流波形決定回路에서 아나로그 乘算¹⁰⁾ 되어 各運轉條件에서 크게 될 電流의 振幅과 周波數에 對應되는 波形의 信號電壓을 얻게 한다. 이 信號電壓이 主卷線電流調整器와 補助卷線電流調整機에 印加되고, 振幅만이 再調整되어 各卷線의 基準電流로 電流追從回路에 入力된다.

本 論文에서는 콘덴서 런 電流機를 對象으로 v/f 一定制御를 하였을 때 周波數別로 速度에 따른 電動機에 入力電流를 컴퓨터 시뮬레이션에¹¹⁾ 依해서 求하고 콘덴서를 除去한 2卷線電動機에 이와 同一한 入力電流가 基準電流追從形 인버터로부터 供給되도록 設計해서 同一入力電流에서 콘덴서 런 電動機로 運轉하였을 때와 2相電動機로 運轉하였을 때의 토크 및 効率을 比較하기로 한다.

인버터 設計에서 히스테리시스의 크기는 0.15 A에 該當하는 크기로 設定하였으며, 이 境遇 基本波電流에 대한 高調波電流의 比는 2%를 넘지 않으므로⁵⁾ 解析過程에서 電動機特性이 미치는 高調波의 影響은 無視하였다.

5. 實驗 및 檢討

特性計算 및 實驗結果로부터 基準電流追從形 인버터로 2卷線電動機를 2相運轉하였을 때 諸特性에 어떻게 影響하고 있는가에 대해 알아 본다. 實驗 및 計算에 使用한 電動機는 100 V, 4極, 60 HZ, 入力 55 W인 콘덴서 런 電動機로서 速度制御用이 아닌 定速度回轉用的 것이다. 實驗時 2卷線電動機에 대한 實驗은 콘덴서 런 電動機로 運轉할 때와 同一

표 1. 供試電動機의 等價回路定數 (60 HZ)

Table 1. Equivalent circuit parameters of the proposed motor.

$R_{ds} = 53.66 (\Omega)$	$X_{qs} = 367.3 (\Omega)$
$R_{qs} = 111.62 (\Omega)$	$X_r = 190.1 (\Omega)$
$R_r = 8.9 (\Omega)$	$a = 1.39$
$X_{md} = 142.5 (\Omega)$	$r_c = 47.16 (\Omega)$
$X_{mq} = 275.3 (\Omega)$	$c = 4.5 (\mu F)$
$X_{cs} = 190.1 (\Omega)$	

周波數, 同一線電流 ($I_s = I_m + I_a$)에서 實施하였다.

供試電動機의 等價回路定數는 表 1과 같다.

그림 13은 콘덴서 런 電動機의 토크 特性을, 그림 14는 2卷線電動機의 2相運轉時의 토크 特性을 나타낸 것이다. 두 그림으로부터 起動 토크 및 最大 토크는 크게 增加하고 있음을 알 수 있으며, 特히 낮은 周波數로 運轉時는 토크의 向上이 顯著함을 알 수 있다.

그림 15는 最大 토크 發生時의 主卷線電流와 補助卷線電流를 比較한 것으로 主卷線電流는 콘덴서 런 電動機로 運轉할 때가 2卷線電動機로 運轉할 때 보다 많이 흐르는데 反하여, 補助卷線電流는 2卷線

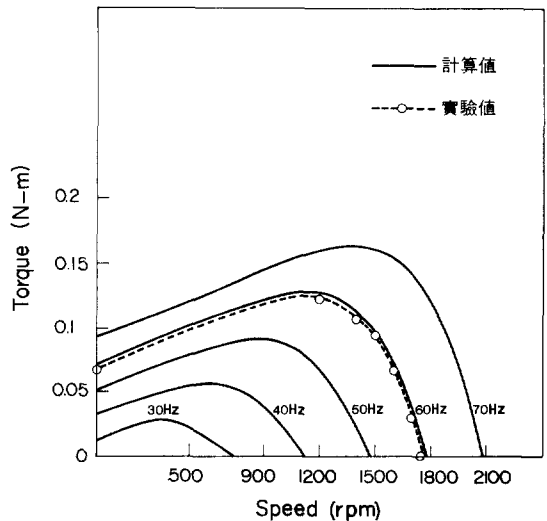


그림 13. 콘덴서 런 電動機의 토크 - 速度特性
Fig. 13. Torque-speed characteristics of capacitor-run motor

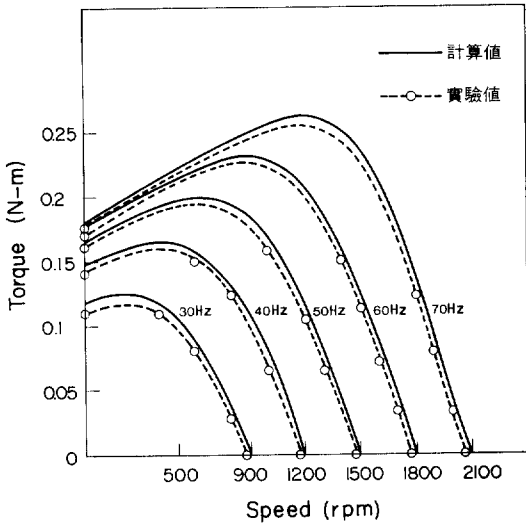


그림 14. 2卷線電動機의 토크 - 速度特性

Fig. 14. Torque-speed characteristics of two winding motor.

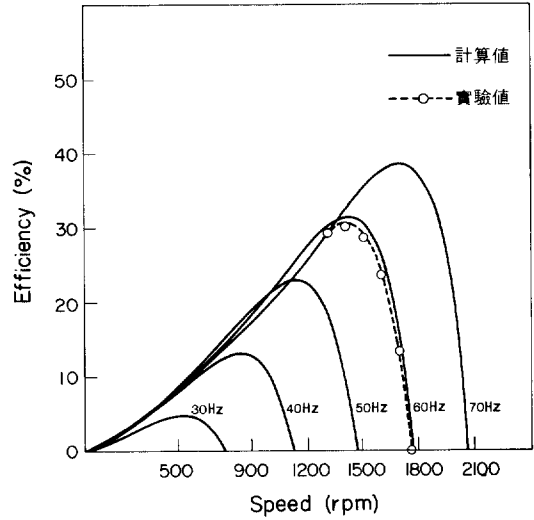


그림 16. 콘덴서 런 電動機의 速度- 效率特性

Fig. 16. Speed-efficiency characteristics of capacitor-run motor.

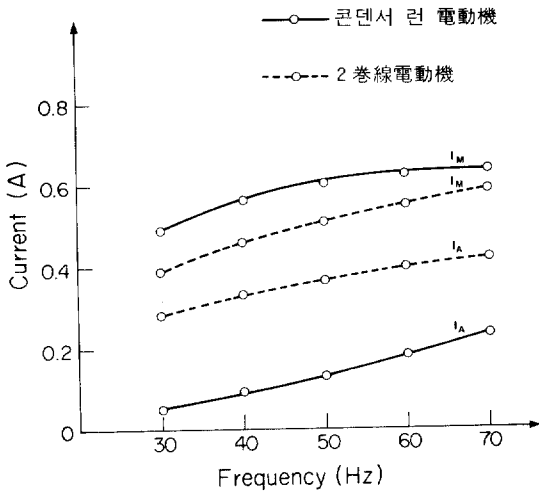


그림 15. 周波数 - 電流特性比較 (最大토크 發生時)

Fig. 15. Comparison of frequency-current characteristics at max. torque.

電動機로 運轉할 때 많이 흐른다. 따라서 既設計의 콘덴서 런 電動機를 2卷線電動機로 驅動할 때는 補助卷線의 電流容量은 充分한 것인가에 對한 檢討가 必要하다고 본다.

그림 16과 그림 17은 위에서 다룬 運轉條件과 같

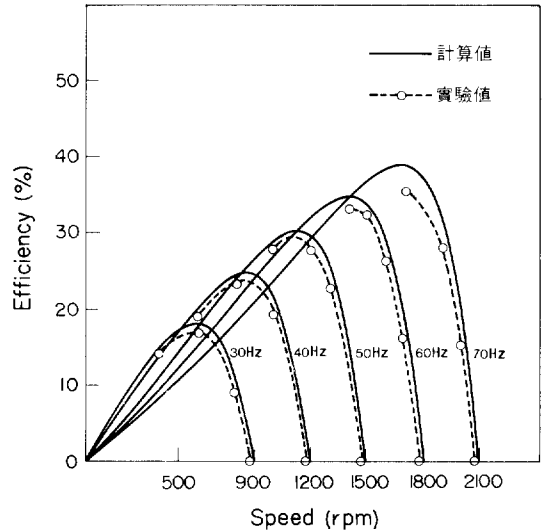


그림 17. 2卷線電動機의 速度- 效率特性

Fig. 17. Speed-efficiency characteristics of two winding motor.

은 條件에서 尙電動機의 效率를 比較한 것으로 運轉 可能領域에 걸쳐 2相運轉時가 效率이 좋고, 特히 낮은 周波수로 驅動할 때가 效率向上이 顯著하다.

5. 結 論

콘덴서 런 電動機에서 콘덴서를 除去한 2 卷線電動機에 基準電流追從形 인버터에 依해서 可變周波數, 可變電壓의 電源을 供給하므로써 2 相電動機의 可變速 2 相運轉과 類似한 效果를 얻을 수가 있을뿐 아니라 各種應用이 可能함을 提示하였다. 即 始動에 必要한 콘덴서 없이도 起動이 可能하다. 그리고 周波數制御로 可變速驅動을 할 수 있으며, 速度制御時 토오크 및 效率를 顯著하게 改善할 수가 있다. 本文에서는 2 卷線電動機의 2 相運轉에 必要한 인버터의 構成, 特性解析 및 實驗을 콘덴서 런 電動機일때와 比較檢討하였으며 一般的으로 말하면 基準電流追從形 인버터의 導入으로 單相 2 卷線電動機의 可變速 2 相運轉을 通해, 토오크 및 效率의 改善을 期하는 것이라 생각된다. 따라서 整流回路를 基準電流追從形 인버터 앞에 加하면 單相電源에서의 2 相運轉이 可能함은 勿論, 여기서 論한 것 外의 여러가지 負荷의 要求나 特性에 따른 各種 應用도 考慮될 수 있을 것으로 본다.

参 考 文 献

- 1) T. Yokozuka, Design of Condenser Motors for Balanced Operation, JIEEJ, Vol. 90 No. 10 pp. 181-190, 1970.
- 2) A. Tozune and T. Suto, Designing Capacitor Motors Based on the Equivalent-volt Ampere Method, JIEEJ, Vol. 96-B No. 9 pp. 38-44, 1976.
- 3) H. Watanabe & S. Okuda, Characteristics of

Two-phase Induction Motor Supplied by Capacitor Type Two phase Converter, JIEEJ, Vol. 103-B No. 2 pp. 58-63, 1983.

- 4) Y. Yoshida, S. Ozaki and M. Irie, On the Variable Torque Characteristics of Capacitor Motor Driven by Triac, JIEEJ, Vol. 103-B No. 11 pp. 9-16, 1983.
- 5) Rasappa G. Palaniappan and Joseph Vithayathil, A Control Strategy for Reference Wave Adaptive Current Generation, IECI-27, pp. 92-96, 1980.
- 6) Mochihiko Nagao and Koosuke Harada, Sine Wave PMM Technique Using Multivibrator and a Single-phase Induction Motor Drive, IPEEC, pp. 483-491, 1983.
- 7) C. G. Veinott, Theory and Design of Small Induction Motors, pp. 207-230, Mc Graw-Hill, New York, 1959.
- 8) D. E. Cattermole & R. M. Davis, A Triac Voltage(Speed) Control for Improved Performance of Split-phase Fan Motor, IEEE, Vol. PAS-94, No. 3, 1975.
- 9) P. S. Bimbhra, Generalised Circuit Theory of Electric Machines, pp. 261-284, Khanna Publishers, Delhi, 1975.
- 10) Lawrence P. Heulsman, Operational Amplifiers Design and Applications, Mc Graw-Hill, New York, 1976.
- 11) Shans Kuo, Computer Application of Numerical, methods, Addison-Wesley Publishing Co. 1979.