

周波數變化에 의한 單相誘導電動機의 動作特性

論 文
16-1-1

(The Change of Characteristics of Single Phase Induction Motor with Frequency Variation)

李承院* · 李炳武**
(Sung-won Lee, Byung-moo Lee)

Abstract

The development of the frequency converter using semiconductor enables to easily control the speed of alternating current machineries. In such case, it is desired to observe how several characteristics are changed, such as primary current, power factor, torque, secondary output, efficiency and transient performance. In this paper, the above characteristics are investigated by means of computational method from various constants relating to the motor which is designed in rated frequency 60 cycles. Transient fluctuations in motor speed are also observed with graphical method. These have been validated by the experimental results.

When the frequency is to be varied in order to control the speed, it is seen that some of characteristics are getting better and others worse contrarily.

The above characteristics may be applied to the optimum electrical, mechanical design of the motor which puts emphases on speed control.

I. 緒 論

半指體(Semiconductor)를 사용한 周波數變換器(Frequency Converter)의 開發로 因해 周波數變化에 依한 交流機의 速度制御가 관심거리가 되고 있다.

周波數變化에 依해 速度 制御를 할 경우 이에 따른 分馬力 單相 誘導電動機(Fractional Horse Power Single Phase Induction Motor)의 諸特性의 變化가 어찌한지, 그리고 電氣의 機械의 設計에 어떤 變化가 要求되는지를 파악하기 爲해 一次電流, 力率, 토크 出力 効率 等과 周波數 變化時의 過渡特性도 求해볼 必要가 있다.

本 論文에서는 現在의 定格 周波數, 定格電壓을 基準으로 周波數가 여기에 대한 어떤 比率로 增減할때, 이미 定格 周波數 60 사이클로 設計되어 있는 機械의 定數를 使用하여 먼저 計算에 依하여 諸特性을 求하였고 實驗에 依해 該 特性의 確實함을 證明하였다.

過渡特性은 實際 動作部分에서 Graphical Methode를 써서 機械의 現象을 考察하였고 實驗도 하였다.

<記號說明>

* 서울大學校 工科大學 電氣工學科. 理事.
Dept. of Electrical Engineering, College of Eng. Seoul National University (D)
** 서울大學校 工科大學 電氣工學科. 正會員.
Dept. of Electrical Engineering, College of Eng. Seoul National University (M)

- r_{1m} ; 一次 抵抗
- r_2 ; 一次로 換算된 二次 抵抗
- x_{1m} ; 一次 리액탄스(60cycle)
- x_2 ; 一次로 換算된 二次 리액탄스(60cycle)
- x_ϕ ; 勵磁 리액탄스(60cycle)
- α ; $\frac{1}{60}$ (變化된 周波數)
- ω_s ; 同期角速度
- Z_f ; 正相分(forward) 임피던스
- Z_b ; 逆相分(backward) 임피던스
- P_{gf} ; 正相分 抵抗에 依해 吸收된 電力
- P_{gb} ; 逆相分 抵抗에 依해 吸收된 電力

II. 理 論

1. 動作特性計算

周波數를 變化시켰을때 單相 誘導電動機의 等價回路는 리액탄스가 周波數에 따라 直線的으로 變한다면 다음 그림 1과 같이 된다.

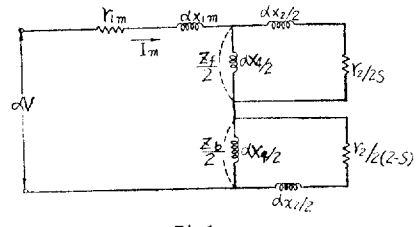


그림 1

그림 1에서

$$Z_f = R_f + jX_f \dots\dots\dots(1)$$

이고 이것은 $(r_2/s + j\alpha x_2)$ 와 $j\alpha x_\rho$ 의 並列合成임피던스 이다.

$$Z_b = (R_b + jX_b) \dots\dots\dots(2)$$

이고 이것은 $(r_2/2-s + j\alpha x_2)$ 와 $j\alpha x_\rho$ 의 並列合成임피던스 이다.

正相分(forward)토크는

$$T_f = \frac{1}{\omega_s} P_{gf} \dots\dots\dots(4)$$

여기서 $P_{gf} = I_m^2 R_{f/2} \dots\dots\dots(4)$

逆相分(backward)토크는

$$T_b = \frac{1}{\omega_s} P_{gb} \dots\dots\dots(5)$$

여기서 $P_{gb} = I_m^2 \cdot R_{b/2} \dots\dots\dots(6)$

純 運動 토크는

$$T = T_f - T_b = \frac{1}{\omega_s} (P_{gf} - P_{gb}) \dots\dots\dots(7)$$

正相分 回轉子 銅損은 sP_{gf} 이고, 逆相分 回轉子 銅損은 $(2-s) P_{gb}$ 이다.

機械的 出力은

$$P = (1-s) \omega_s T = (1-s)(P_{gf} - P_{gb}) \dots\dots\dots(8)$$

이다.

그림 1에서

$$R_f = \frac{\alpha^2 x_\rho^2}{x_{22}} \cdot \frac{1}{SQ_2 + (1/SQ_2)} \dots\dots\dots(9)$$

$$X_f = \frac{\alpha^2 x_2 x_\rho}{x_{22}} \cdot \frac{R_f}{SQ_2} \dots\dots\dots(19)$$

$$R_b = \frac{r_2}{2-s} \left(\frac{\alpha x_\rho}{x_{22}} \right)^2 \dots\dots\dots(19)$$

$$X_b = \frac{\alpha^2 x_2 x_\rho}{x_{22}} + \frac{R_b}{(2-s)Q_2} \dots\dots\dots(19)$$

여기서 $x_{22} = \alpha(x_2 + x_\rho)$

$$Q = \frac{x_{22}}{r_2}$$

以上으로 그림 1을 바꾸어 그리면 그림 2와 같이 된다.

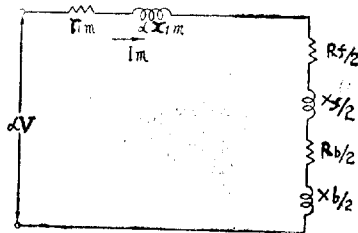


그림 2

全 임피던스는

$$Z = (r_{1m} + R_{f/2} + R_{b/2}) + j(\alpha x_m + X_{f/2} + X_{b/2}) = R + jX \dots\dots\dots(11)$$

여기서 $R = r_{1m} + R_{f/2} + R_{b/2}$

$X = \alpha x_m + X_{f/2} + X_{b/2}$

固定子 電流는

$$I_m = \frac{\alpha V}{Z} = \frac{\alpha V}{\sqrt{R^2 + X^2}} / \tan^{-1} \frac{X}{R} \dots\dots\dots(12)$$

力率은

$$\cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \dots\dots\dots(13)$$

損失計算에서 鐵損은 α 에 比例하는 값으로 따로 計算에 넣었고 風損과 마찰손도 鐵損과 같은 方法으로 取扱했다.

<各定數> (단위 : ohm)

$r_{1m} = 2.02$ $x_{1m} = 2.32$

$r_2 = 4.12$ $x_2 = 2.32$

$x_\rho = 66.8$

鐵損 37와트 마찰과 풍손 24와트(以下定數는 60cycle 때임)

다음은 以上の 過程으로 計算한 各 特性值이다.(表 1.

2.3.4.5.6)

表 1. $\alpha = 0.25$

slip	電 流 (A)	力 率	出 力 (w)	토크 (n.m)	効 率 (%)
0.05	2.71	0.457	2.05	0.056	7.34
0.1	2.71	0.584	9.94	0.235	22.80
0.2	2.91	0.777	18.06	0.480	29.00
0.3	3.26	0.845	18.84	0.570	24.80
0.4	3.60	0.888	16.52	0.586	18.85
0.5	3.87	0.910	12.15	0.517	12.5
0.6	4.10	0.924	7.58	0.402	9.04
0.7	4.25	0.926	3.61	0.256	3.34
0.8	4.40	0.936	0.76	0.081	0.673

表 2. $\alpha = 0.5$

slip	電 流 (A)	力 率	出 力 (w)	토크 (n.m)	効 率 (%)
0.05	2.97	0.475	32.38	0.362	41.8
0.1	3.37	0.674	62.30	0.732	50
0.2	4.47	0.835	88.6	1.174	43
0.3	5.44	0.880	83.725	1.27	31.7
0.4	6.64	0.888	77.75	1.376	25.9
0.5	7.10	0.900	52.625	1.19	15.0
0.6	7.26	0.900	32.7	0.866	8.65
0.7	8.10	0.900	16.725	0.594	4.2
0.8	8.25	0.900	3.65	0.194	0.895

表 3. $\alpha = 0.75$

slip	電 流 (A)	力 率	出 力 (w)	토크 (n.m)	効 率 (%)
0.05	3.22	0.55	77.67	0.58	54
0.1	4.1	0.75	143	1.12	57.2