

同一하지 않은 歪形波電壓이 3相誘導電動機의 特性에 미치는 影響

論 文
18-4-2

The Effect of unlike, non-sinusoidal Voltages on the Characteristics
of a 3-phase induction motor.

吳 兢 烈*
(Gyung Yull Oh)

[ABSTRACT]

When a three phase induction motor which was not ground neutral point was supplied with three phase voltage contained harmonic components and composed of unlike waveforms, the equations of motor characteristics was derived from its equivalent circuit. And also it was confirmed through experiments before and after rated speed.

In the aspect of numerical and equational Analysis, fundamental and harmonic Voltages were decomposed into symmetrical components. And among the symmetrical components of the (3n+2)th (n=1, 3,.....) harmonic voltage, the so called positive-phase component was treated to be negative-phase component and negative-phase component to positive-phase component by converse. And symmetrical components were analysed by diagram method.

Among the equations of motor characteristics, positive-phase and negative phase components of primary current and out put were as follows,

positive-phase component of primary current.

$$I_{1p} = \sqrt{\left(\frac{V_{p1}}{T_0}\right)^2 \frac{1+S_1^2 T_b^2}{1+S_1^2 T_a^2} + \left(\frac{T_b}{T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{V_{p\mu}}{\mu}\right)^2} \quad (\mu=5, 7, \dots) \quad [A]$$

negative-phase component of primary current.

$$I_{1N} = \sqrt{\left(\frac{K_1 V_{p1}}{T_0}\right)^2 \frac{1+(2-S_1)^2 T_b^2}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} + \left(\frac{T_b}{T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{K_{\mu} V_{p\mu}}{\mu}\right)^2} \quad (\mu=5, 7, \dots) \quad [A]$$

out-put

$$P = 3 \left\{ \left(\frac{V_{p1} x_m}{T_0}\right)^2 \frac{1-S_1}{r_2} \left\{ \frac{S_1}{1+S_1^2 T_a^2} - K_1^2 \frac{2-S_1}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} \right\} + 3 \left(\frac{x_m}{T_0 T_a}\right)^2 \frac{1-S_1}{r_2} \Sigma \left\{ \left(\frac{V_{p\mu}}{\mu}\right)^2 \frac{1}{\mu-1+S_1} - K_1^2 \frac{1}{\mu+1-S_1} \right\} \right\} \quad [W]$$

where

$$T_0 = x_m + x_1, \quad T_a = \frac{x_m x_1 + x_1 x_2 + x_m x_2}{r_2 (x_m + x_1)}, \quad T_b = \frac{x_m + x_2}{r_2}$$

x_1, x_2 ; reactance of primary and secondary respectively

x_m ; exciting reactance

r_2 ; resistance of secondary

$V_{p\mu}$; positive phase component voltage of the μ harmonic

S_1 ; slip corresponding to fundamental frequency

K ; unbalanced factor

For the experiments, since wave unbalanced three phase voltage was supplied to motor and output was measured by eddy-current brake.

1. 緒 論

3相誘導電動機에 正弦波形的 不平衡 3相電壓 혹은 高

調波成分을 包含한 同一波形的 3相電壓을 印加했을때의 電動機의 特性에 대한 것은 發表되어 있지만, 高調波成分을 包含하고, 同時에 同一波形的 아닌 3相電壓을 印加했을때의 特性에 대한것은 未보였던것같다.

*正會員 : 성균관대학교 이공대 전기공학과 교수

受電端에서는 이러한 電壓이 實際 印加 되므로, 本 論文은 高調波成分을 包含한 同一波形이 아닌 3相電壓을 中性點이 接地되어 있지 않은 3相誘導電動機에 印加할때의 電動機의 特性을 몇가지 假定下에 作成한 等價回路에 의하여 數式的으로 解析하고 이를 實驗에 의하여 確認하였다.

數式的 解析에 있어서는, 基本波 및 各高調波電壓을 正弦波形 不平衡3相電壓으로 取扱하고 이를 對稱分으로 分解하였다. 分解에 있어 第 $3n+2$ ($n=1, 3, \dots$) 高調波電壓의 對稱分中 所謂 正相分은 逆相分으로 逆相分은 正相分으로 하였고, 高調波成分의 影響을 數量的으로 算出 할수 있도록 特性式을 誘導 하였다.

實驗에 있어서는 渦流制動形動力計로서 出力을 測定하였고, 各電壓의 對稱分은 圖式法에 의하여 分解 하였다.

2. 特性的 數式的 解析

數式的 解析에 있어서 다음과 같은 假定을 둔다.

- (1) 電壓波形은 周期的이다.
- (2) 鐵心の 飽和現象은 없다고 한다.
- (3) 固定子の 卷線抵抗은 無視한다.
- (4) 電流의 表皮效果는 考慮치 않는다.
- (5) 鐵損, 機械損은 無視한다.
- (6) 電動機의 中性點은 接地되어 있지 않다고 한다.

1. 高調波成分을 包含한 同一波形이 아닌 3相電壓을 印加 할때의 電動機의 等價回路.

高調波成分을 包含한 同一波形이 서로 120° 의 位相差를 가진 3相電壓을 3相誘導電動機에 加했을때 電動機의 中性點이 接地되어 있지 않으면 3의 倍數의 次數를 가진 高調波電壓에 의한 電流는 흐르지 않으며, 電動機의 torque 와는 아무런 關係가 없으니 이를 省略코 한相의 印加電壓을 Fourier 級數로 展開하면 $e = \sqrt{2} \{V_1 \sin \omega t + V_5 \sin(5\omega t + \theta_5) + V_7 \sin(7\omega t + \theta_7) + \dots + V_\mu \sin(\mu\omega t + \theta_\mu)\}$ 인데, 위식各項의 電壓을 가진 서로獨立된 電壓을 電動機에 加한다는 것은 電源을 直列로 連結코 이것을 電動機에 印加하는 것과 같다.

따라서 이 경우는 各高調波電壓에 대하여 각각 獨立된 等價回路를 생각코, 假定(3)(4)(5)에 따라 그림 1과 같이 서로 獨立된 等價回路의 1系列을 使用하여야 한다. (1) 그림에 있어서 添字 μ 는 高調派의 次數를 表하며, r_2, x_2 는 각각 1次로 換算한 基本波에 대한 2次 1相의 抵抗 및 漏洩 reactance 이다.

正弦波 不平衡 3相電壓을 印加할때 그 電壓은 對稱座標法에 의하여 正相分, 逆相分, 零相分으로 分解되지만 電動機의 中性點이 接地되어 있지 않으면 零相分電流는 흐르지 않으니 電動機의 特性을 생각할때는 正相分電壓 逆相分電壓만 同時에 加해진다고 생각하면 되는데, 高調波成分을 包含한 同一波形이 아닌 3相 電壓을 印加하면

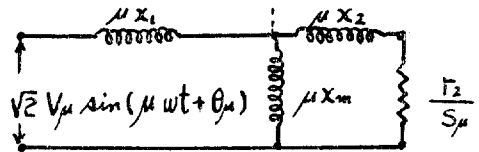
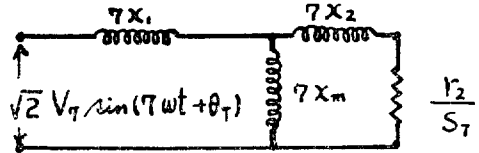
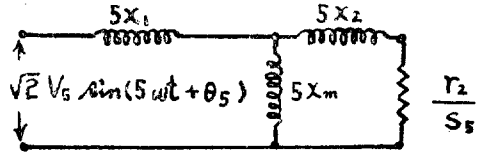
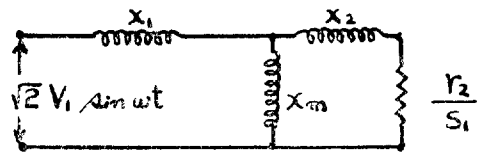


그림 1. 高調波成分을 包含한 同一波形이고 서로 120° 의 位相差를 가진 電壓에 대한 等價回路.

Fig. 1. Equivalent circuit for induction motor with Non-sinusoidal excitation.

基本波電壓뿐 아니라 各高調波電壓도 각각 獨立된 正弦波形不平衡3相電壓이고 Vector 圖上에서는 基本波와 同一形式으로 表示되므로 各 高調波3相電壓도 兩成分으로 分解하여 取扱한다.

高調波成分을 包含한 同一波形인 3相電壓이 印加될 때는 次數가 $5, 11, \dots, \mu=3n+2$ ($n=1, 3, 5, \dots$)인 高調波電壓의 電流에 의한 回轉磁束의 回轉方向은 基本波 및 次數가 $7, 13, \dots, \mu=3n+1$ ($n=2, 4, 6, \dots$)인 電壓의 電流에 의한 回轉磁束의 回轉方向과 反對이므로 高調波成分을 包含한 同一波形이 아닌 3相電壓을 印加할때는 次數가 $5, 11, \dots, \mu=3n+2$ ($n=1, 3, 5, \dots$)인 高調波電壓의 兩成分中 基本波 및 次數가 $7, 13, \dots, \mu=3n+1$ ($n=2, 4, 6, \dots$)인 電壓의 正相分에 의한 電流가 만드는 回轉磁束과 同一方向의 回轉磁束을 만드는 對稱分을 正相分으로 取扱하여야 한다. 즉 次數가 $5, 11, \dots, \mu=3n+2$ ($n=1, 3, 5, \dots$)인 高調波電壓의 所謂 正相分을 逆相分으로, 逆相分을 正相分으로 取扱하여야 한다. 그리고 電動機의 極數를 P , 電動機의 回轉數를 N [r.p.m.], 基本波電壓의 周

波數를 $f[c/s]$ 라하면, 基本波에 대한 同期速度는 $N_s = 120f/p$ 이므로 第 μ 高調波電壓의 周波數 $\mu f[c/s]$ 에 대한 同期速度는 μN_s 이니 第 μ 高調波電壓의 正相分 電壓이 加해질 때의 slip 는

$$S_\mu = \frac{\mu N_s - N}{\mu N_s} \quad (\mu = 1, 5, 7, \dots)$$

이고 逆相分 電壓이 加해질 때는

$$\frac{\mu N_s + N}{\mu N_s} = 2 - S_\mu$$

로 된다. 여기서 $N = (1 - S_1)N_s$ 이므로

$$S_\mu = \frac{\mu - (1 - S_1)}{\mu}$$

이다.

이들 結果 高調波成分을 包含한 同一波形이 아닌 電壓이 印加될 때의 等價回路는 그림 2와 같이 된다. 그림에서 添字 P, N 는 각각 正相分, 逆相分을 表한다.

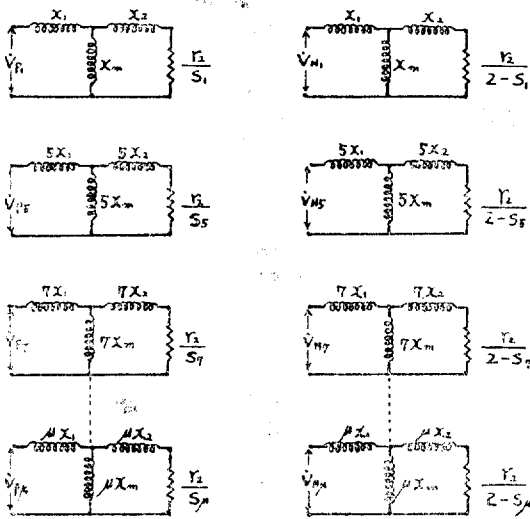


그림 2. 高波成分을 包含한 同一波形이 아닌 電壓에 대한 等價回路.

Fig. 2. Equivalent circuit for induction motor of with unlike, non-sinusoidal excitation.

2. 高調波成分을 包含한 同一波形이 아닌 電壓을 印加할 때의 電動機의 特性.

그림 2와 같은 等價回路에 의하여 電動機의 特性을 解析하면 다음과 같다.

각 獨立된 等價回路에 있어서 正相分 全impedance 는

$$Z_{P\mu} = j\mu x_1 + \frac{1}{\frac{1}{j\mu x_m} + \frac{1}{\frac{r_2}{S_\mu} + j\mu x_2}}$$

$$= j\mu(x_m + x_1) \frac{1 + j\mu S_\mu \frac{x_m x_1 + x_1 x_2 + x_m x_2}{r_2(x_m + x_1)}}{1 + j\mu S_\mu \frac{x_m + x_2}{r_2}}$$

$$= j\mu T_0 \frac{1 + j\mu S_\mu T_a}{1 + j\mu S_\mu T_b}$$

여기서

$$T_0 = x_m + x_1$$

$$T_a = \frac{x_m x_1 + x_1 x_2 + x_m x_2}{r_2(x_m + x_1)}$$

$$T_b = \frac{x_m + x_2}{r_2}$$

같은 方法으로 逆相分 全impedance 는

$$Z_{N\mu} = j\mu T_0 \frac{1 + j\mu(2 - S_\mu)T_a}{1 + j\mu(2 - S_\mu)T_b}$$

따라서 각 獨立된 等價回路의 一次電流의 正相分은

$$\dot{I}_{(1P)\mu} = \frac{\dot{V}_{P\mu}}{Z_{P\mu}} = \dot{V}_{P\mu} \cdot \frac{1}{j\mu T_0} \cdot \frac{1 + j\mu S_\mu T_b}{1 + j\mu S_\mu T_a} \quad [A]$$

一次電流의 逆相分은

$$\dot{I}_{(1N)\mu} = \frac{\dot{V}_{N\mu}}{Z_{N\mu}} = \dot{V}_{N\mu} \cdot \frac{1}{j\mu T_0} \cdot \frac{1 + j\mu(2 - S_\mu)T_b}{1 + j\mu(2 - S_\mu)T_a} \quad [A]$$

이다. 그리고

$$\dot{I}_{(1P)\mu} = \dot{I}_{(2P)\mu} + \dot{I}_{(mP)\mu} \quad [A]$$

$\dot{I}_{(2P)\mu}$; = 二次電流의 正相分

$\dot{I}_{(mP)\mu}$; = 勵磁回路의 電流

$$\frac{\dot{I}_{(mP)\mu}}{\dot{I}_{(2P)\mu}} = \frac{\frac{r_2}{S_\mu} + j\mu x_2}{j\mu x_m}$$

부터 각 獨立된 等價回路의 二次電流의 正相分은

$$\dot{I}_{(2P)\mu} = \dot{V}_{P\mu} \cdot \frac{x_m}{T_0} \cdot \frac{S_\mu}{r_2} \cdot \frac{1}{1 + j\mu S_\mu T_a} \quad [A]$$

같은 方法으로 二次電流의 逆相分은

$$\dot{I}_{(2N)\mu} = \dot{V}_{N\mu} \frac{x_m}{T_0} \cdot \frac{2 - S_\mu}{r_2} \cdot \frac{1}{1 + j\mu(2 - S_\mu)T_a} \quad [A]$$

이들 結果 全一次電流의 正相分의 實効値는

$$I_{1P} = \sqrt{\Sigma |\dot{I}_{(1P)\mu}|^2} = \sqrt{\Sigma \left(\frac{V_{P\mu}}{\mu T_0} \right)^2 \frac{1 + \mu^2 S_\mu^2 T_b^2}{1 + \mu^2 S_\mu^2 T_a^2}}$$

$$= \sqrt{\Sigma \left(\frac{V_{P\mu}}{\mu T_0} \right)^2 \frac{1 + (\mu - 1 + S_1)^2 T_b^2}{1 + (\mu - 1 + S_1)^2 T_a^2}} \quad [A]$$

여기서 一般的으로 $\mu \geq 5$ 일때 $(\mu - 1 + S_1)^2 T_b^2, (\mu - 1 + S_1)^2 T_a^2 \gg 1$ 이므로⁽²⁾

$$I_{1P} = \sqrt{\left(\frac{V_{P1}}{T_0} \right)^2 \frac{1 + S_1^2 T_b}{1 + S_1^2 T_a^2} + \left(\frac{T_b}{T_0 T_a} \right)^2 \Sigma \frac{V_{P\mu}^2}{\mu^2}} \quad [A] \quad (1)$$

$(\mu = 5, 7, \dots)$

全 1次電流의 逆相分의 實効値는

$$I_{1N} = \sqrt{\Sigma |\dot{I}_{(1N)\mu}|^2} = \sqrt{\Sigma \left(\frac{V_{N\mu}}{\mu T_0} \right)^2 \frac{1 + \mu^2 (2 - S_\mu)^2 T_b^2}{1 + \mu^2 (2 - S_\mu)^2 T_a^2}}$$

$$= \sqrt{\Sigma \left(\frac{K_\mu V_{P\mu}}{\mu T_0} \right)^2 \frac{1 + (\mu + 1 - S_1)^2 T_b^2}{1 + (\mu + 1 - S_1)^2 T_a^2}} \quad [A]$$

$$K_\mu (\text{不平衡率}) = \frac{V_{N\mu}}{V_{P\mu}}$$

이므로

$$I_{1N} = \sqrt{\left(\frac{K_1 V_{p1}}{T_0}\right)^2 \frac{1+(2-S_1)^2 T_b^2}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} + \left(\frac{T_b}{T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{K_\mu V_{p\mu}}{\mu}\right)^2}$$

(μ=5, 7, …) [A] (2)

全2次電流의 正相分의 實効値는

$$I_{2p} = \sqrt{\Sigma |\dot{I}_{(2p)\mu}|^2} = \sqrt{\Sigma \left(\frac{V_{p\mu} x_m}{T_0 r_2}\right)^2 S_\mu^2 \frac{1}{1+\mu^2 S_\mu^2 T_a^2}}$$

$$= \sqrt{\Sigma \left(\frac{V_{p\mu} x_m}{T_0 r_2}\right)^2 \frac{(\mu-1+S_1)^2}{\mu^2} \frac{1}{1+(\mu-1+S_1)^2 T_a^2}}$$
 [A] (3)

따라서

$$I_{2p} = \sqrt{\left(\frac{V_{p1} x_m}{T_0 r_2}\right)^2 \frac{S_1^2}{1+S_1^2 T_a^2} + \left(\frac{x_m}{r_2 T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{V_{pN}}{\mu}\right)^2}$$
 [A] (3)

(μ=5, 7, …)

全2次電流의 逆相分의 實効値는

$$I_{2N} = \sqrt{\Sigma |\dot{I}_{(2N)\mu}|^2} = \sqrt{\left(\frac{K_1 V_{p1} x_m}{T_0 r_2}\right)^2 \frac{(2-S_1)^2}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} + \left(\frac{x_m}{r_2 T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{K_\mu V_{pN}}{\mu}\right)^2}$$

(μ=5, 7, …) [A] (4)

이들結果 一次銅損은

$$P_{1c} = 3(I_{2p}^2 + I_{2N}^2)r_1 = 3r_1 \left(\frac{V_{p1}}{T_0}\right)^2 \left\{ \frac{1+S_1^2 T_b^2}{1+S_1^2 T_a^2} + K_1^2 \frac{1+(2-S_1)^2 T_b^2}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} \right\} + 3r_1 \left(\frac{T_b}{T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{V_{pN}}{\mu}\right)^2$$

(1+K_μ²) [W] (5)

(μ=5, 7, …)

2次銅損은

$$P_{2c} = 3(I_{2p}^2 + I_{2N}^2)r_2$$

$$= 3r_2 \left(\frac{V_{p1} x_m}{T_0 r_2}\right)^2 \left\{ \frac{S_1^2}{1+S_1^2 T_a^2} + K_1^2 \frac{(2-S_1)^2}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} \right\} + 3r_2 \left(\frac{x_m}{r_2 T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{V_{p\mu}}{\mu}\right)^2 (1+K_\mu^2)$$
 [W] (6)

(μ=5, 7, …)

正相分 全 torque 는

$$T_p = 3\Sigma |\dot{I}_{(2p)\mu}|^2 \frac{r_2}{S_\mu} = 3\Sigma \left\{ \left(\frac{V_{p\mu} x_m}{T_0 r_2}\right)^2 \frac{(\mu-1+S_1)^2}{\mu} \frac{1}{1+(\mu-1+S_1)^2 T_a^2} \right\} \frac{r_2}{S_\mu}$$
 [同期 Watt]

따라서

$$T_p = 3 \frac{S_1}{r_2} \left(\frac{V_{p1} x_m}{T_0}\right)^2 \frac{1}{1+S_1^2 T_a^2} + 3 \frac{1}{r_2} \left(\frac{x_m}{T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{V_{p\mu}}{\mu}\right)^2 \frac{\mu}{\mu-1+S_1}$$
 [同期 Watt] (7)

(μ=5, 7, …)

같은 方法으로 逆相分 全 torque 는

$$T_N = 3 \frac{2-S_1}{r_2} \left(\frac{K_1 V_{p1} x_m}{T_0}\right)^2 \frac{1}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} + 3 \frac{1}{r_2} \left(\frac{x_m}{T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{K_\mu V_{p\mu}}{\mu}\right)^2 \frac{\mu}{\mu+1-S_1}$$
 [同期 Watt] (8)

(μ=5, 7, …)

이 結果 全 torque T는

$$T = T_p - T_N = 3 \frac{1}{r_2} \left(\frac{V_{p1} x_m}{T_0}\right) \left\{ \frac{S_1}{1+S_1^2 T_a^2} - K_1^2 \frac{2-S_1}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} \right\} + 3 \frac{1}{r_2} \left(\frac{x_m}{T_0 T_a}\right)^2 \Sigma \left(\frac{V_{p\mu}}{\mu}\right)^2 \left(\frac{\mu}{\mu-1+S_1} - K_\mu^2 \frac{\mu}{\mu+1-S_1}\right)$$
 [同期 Watt] (9)

(μ=5, 7, …)

全出力은

$$P = 3\Sigma \left(|\dot{I}_{(2p)\mu}|^2 \frac{r_2}{S_\mu} - |\dot{I}_{(2N)\mu}|^2 \frac{r_2}{2-2\mu} \right) (1-S_\mu)$$

(μ=1.5, 7, …)

$$= 3\Sigma \left(\frac{V_{p\mu} x_m}{T_0}\right)^2 \frac{S_\mu}{r_2} \frac{1-S_\mu}{1+\mu^2 S_\mu^2 T_a^2} - 3\Sigma \left(\frac{K_\mu V_{p\mu} x_m}{T_0}\right)^2 \frac{2-S_\mu}{r_2} \frac{1-S_\mu}{1+\mu^2 (2-S_\mu)^2 T_a^2} = 3\Sigma \left(\frac{V_{p\mu} x_m}{T_0}\right)^2 \frac{1}{r_2} \frac{\mu-1+S_1}{\mu} \frac{(1-S_1)/\mu}{1+(\mu-1+S_1)^2 T_a^2} - 3\Sigma \left(\frac{K_\mu V_{p\mu} x_m}{T_0}\right)^2 \frac{1}{r_2} \frac{\mu+1-S_1}{\mu} \frac{(1-S_1)/\mu}{1+(\mu+1-S_1)^2 T_a^2}$$

따라서

$$P = 3 \left(\frac{V_{p1} x_m}{T_0}\right)^2 \frac{1-S_1}{r_2} \left\{ \frac{S_1}{1+S_1^2 T_a^2} - K_1^2 \frac{2-S_1}{1+(2-S_1)^2 T_a^2} \right\} + 3 \left(\frac{x_m}{T_0 T_a}\right)^2 \frac{1-S_1}{r_2} \Sigma \left(\frac{V_{p\mu}}{\mu}\right)^2 \left(\frac{1}{\mu-1+S_1} - K_\mu^2 \frac{1}{\mu+1-S_1}\right)$$
 [W] (10)

(μ=5, 7, …)

위 諸特性式中式 (1)~(4)의 √內의 第一項 및 式 (5)~(10)의 第1項은 基本波分에 대한 것이며 第二項은 高調波分에 대한 것이다.

3. 實驗 및 考察

線間電壓의 分析 (試作한 分析器를 使用) 結果를

高調波	線間電壓[V]			對稱分電壓[V]		
	V _{uv}	V _{vw}	V _{wu}	正相分	逆相分	不平衡率
1	210.0	220.0	214.0	214.260	6.296	0.0294
5	44.7	44.0	42.8	1.117	43.630	39.0600
7	17.0	17.8	19.0	19.793	3.273	0.1654
11	4.8	4.4	4.5	0.255	4.555	0.1472
13	2.5	2.2	2.6	2.432	0.240	0.0987

註: 對稱分電壓은 圖式法 (3)에 의하여 計算한 것임.

라 하여 3相同期發電機의 對稱電壓 220 [V]를 3個의 Variac 로서 V_{uv}=210[V] V_{vw}=220[V] V_{wu}=214[V]인 不平衡 電壓으로 調整코 이것을 各 定數의 測定值가

r₁=0.60615
r₂=0.40013
x₁=x₂=1.071
x_m=29.742

$r_m = 3.0909 \Omega$

3相誘導電動機 (定格 2.2[kw], 220[V], 4極, 60[c/s], 1755[r.p.m] 日本旭電機會社製)에 印加하여 渦流制動形動力計 (5[kw], 1800[r.p.m], 直流 100V 他勵式, 日本旭電機會社製)로서 出力을 測定하였다.

이때 測定한 不平衡電壓 및 電流의 對稱分은 圖式法에 依하여 計算 하였다. (高調波電壓도 正弦波形 不平衡3相電壓으로서 Vector 圖上에서 基本波電壓과 同一形式으로 表示되므로 對稱分을 圖式法에 依하여 計算)

實驗에 있어 溫度上昇을 避하기 위하여 短時間에 測

定토록 하였고, 電壓波形은 Oscilloscope (Tektronix 547)로서 恒時觀測하여 正弦波임을 確認하였다.

基本波分電壓만 印加하여 實驗하였지만, 特性式 自體를 보아 이것으로써 數式的 解析結果와 比較檢討하여도 支障은 없을 것이다.

誘導電動機의 特性中 특히 重要한 一次電流 및 出力에 대하여 定格速度前後에서의 計算値와 測定値를 比較하면 그림 3, 4, 5, 와 같다.

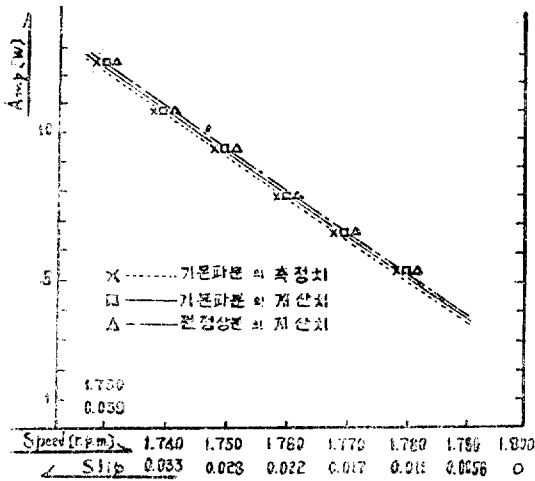


그림 3. 일차 전류의 정상분

Fig. 3. Positive phase Sequence Current of primary

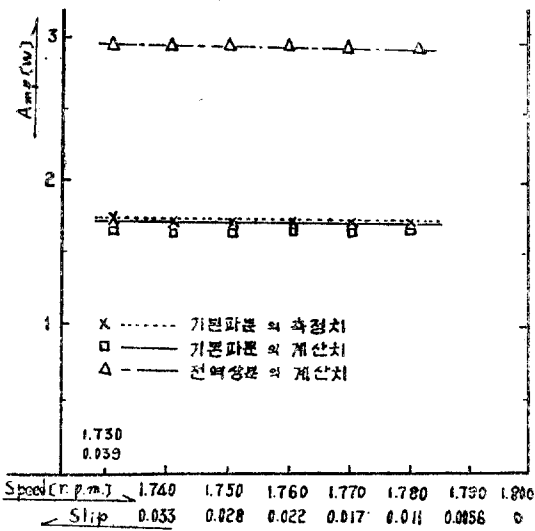


그림 4. 일차 전류의 역상분

Fig. 4. Negative phase Sequence Current of primary

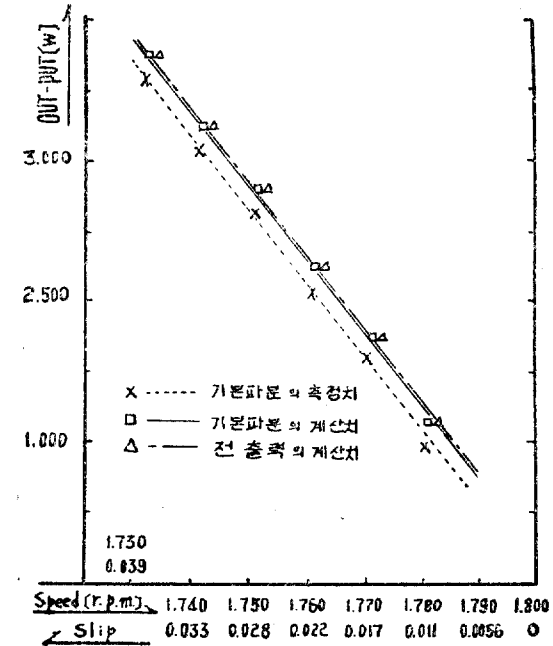


그림 5. 속도-출력

Fig. 5. Speed-Output

그림에서 보는바와 같이 一次電流의 正相分, 逆相分은 計算値와 測定値가 거의 一致하고, 出力도 計算値에 鐵損, 機械損을 考慮하면 測定値와 거의 一致함을 알수 있다.

4. 結 論

數式的 解析結果는 高調波成分을 包含한 同一波形이 아닌 3相電壓을 中性點이 接地되어 있지 않은 3相誘導電動機에 印加할때의 諸特性을 近似的으로 算出하는데 使用하여도 充分하며 電動機의 各定數의 測定 電壓波形의 分析 및 圖式法에 의한 가 正弦波形 不平衡電壓의 分析으로 各種波形의 電壓에 대한 電動機의 特性 및 高調波成分의 影響을 數量的으로 算出 할수 있다. 그리고 각 電流 및 銅損中 高調波成分에 대한 것은 各周波數에 對應하는 Slip에 거의 無關係이고 torque 出力中 高調波成分에 대한것은 高調波周波數에 對應하는 각 Slip에 거의 無關係임을 알수 있다.

本 研究는 成均館大學校 研究助成費에 의한 것이며,

여러가지 協助하여준 電氣工學科 研究室의 金榮一, 朴長春君에게 謝意를 表하는 바이다.

(1969년 5월 7일 받음)

Trans Apparatus Syst., Vol. PAS-87, No. 3, March, 1968, p. 624~631.

(2) G.C. Jain: IEEE Trans Apparatus Syst., Vol. 83, No. 6, June, 1964. p. 561 ~566.

(3) 高田; 電氣機器 I, p. 318.

參 考 文 獻

(1) Eugene A. Klingshirm & Howard E. Jordan: IEEE

附 表

(1) 그림 3.4의 數值

Slip (S _r)	區 分	相 電 流			正相分電流 [A]		逆相分電流 [A]	
		I _u	I _v	I _w	基本波分	全正相分 (I _{IP})	基本波分	全逆相分 (I _{IN})
0.011	測 定 值	3.93	5.40	6.83	5.2360		1.7400	
	計 算 值				5.2528	5.3104	1.7187	2.9497
0.017	測 定 值	5.39	5.87	8.30	6.5670		1.7270	
	計 算 值				6.5875	6.6335	1.7187	2.9497
0.022	測 定 值	7.27	7.02	9.57	7.8390		1.7300	
	計 算 值				7.8458	7.8945	1.7186	2.9497
0.028	測 定 值	8.60	9.00	11.18	9.5100		1.7250	
	計 算 值				9.4586	9.4979	1.7186	2.9496
0.033	測 定 值	9.75	10.35	12.47	10.7730		1.7250	
	計 算 值				10.8024	10.8305	1.7185	2.9496
0.039	測 定 值	11.37	11.97	14.16	12.4200		1.7320	
	計 算 值				12.4489	12.4734	1.7185	2.9496

(2) 그림 5의 數值

Slip	區 分	出 力 [W]			
		基本波分	全出力 (P)		
0.028	測 定 值			2,661.269	
	計 算 值			2,843.397	2,843.507
0.033	測 定 值			3,126.747	
	計 算 值			3,310.095	3,310.204
0.039	測 定 值			3,662.335	
	計 算 值			3,843.302	3,843.410
0.022	測 定 值	973.722			
	計 算 值	1,157.473	1,157.584		
0.017	測 定 值	1,600.568			
	計 算 值	1,770.683	1,770.794		
0.011	測 定 值	2,093.018			
	計 算 值	2,268.132	2,268.248		