小形三相籠型 誘導電動機의 起動時間 特性에 關한 硏究

金 潤 植

A Study on Starting Time Characteristics of a Small 3 Phase Squirrel Cage Induction Motor

Yoon-Sik Kim

目 次

記號說明
1. 序 論
2. 理 論
2·1 電動機의 等價回路
2·2 電動機의 廻轉力
2·3 電動機의 起動時間
3. 實 驗
3·1 起動 및 停止實驗
3·2 電動機의 電氣的 定數測定
3·3 廻轉系의 機械的 定數測定
3·3·1 極慣性 모멘트 測定
3·3·2 [illegible] 測定
4. 實驗結果 및 檢討
5. 結 論
參考文献

Abstract

A small 3 phase squirrel cage induction motor applied in the method of connecting it directly across the line needs large current when it starts. At that time, leakage magnetic pathes of the interior of the motor are severely saturated and leakage reactances are decreased because of saturation. So, a very big magnitude of starting torque is assumed to be rendered in that saturated condition. Consequently, it is estimated to have a different starting time characteristic from that of circle diagram's theory which is assumed that there is no saturation.

The author, noticing these phenomena, determined experimentally the constants of the selected experimental motor which is essential to the starting time analysis. When the motor is started under a certain load condition, the starting time-speed curve from the circle diagram's theory and those from the modified starting time equation and from directly recorded value are also compared together.

In the view of the results so far achieved, the starting time calculated from modified equation coincide with practically recorded value pretty well. So it is recommended to use the modified starting time equation in the caculation of starting time.

記號說明

J : 廻轉系의 極慣性 모우멘트〔kg·m²〕
F : 廻轉系의 乾性摩擦 모우멘트〔N·m〕
k : 廻轉系의 粘性摩擦係數〔N·m·sec/rad〕
s : 슬립
ω : 電動機의 任意角速度〔rad/sec〕
ω_s : 電動機의 同期角速度〔rad/sec〕
J_1 : 電動機에 흘러들어가는 線電流〔A〕
I_0 : L型圓線圖에서의 電動機의 勵磁電流(無負荷電流)〔A〕
I_2 : 2次 捲線에 흐르는 線電流〔A〕
I_s : 電動機 拘束時 電動機에 흘러들어가는 線電流〔A〕
I_L : L型圓線圖에서의 電動機의 負荷電流〔A〕
V_1 : 供給電壓(線間)〔V〕
E_1 : 一次捲線內 誘起된 電壓〔V〕
E_2 : 二次捲線內 誘起된 電壓〔V〕
r_1 : 電動機 一相當 一次抵抗〔Ω〕
r_2 : 電動機 一相當 二次抵抗〔Ω〕
r_2' : 電動機 一相當 二次抵抗을 一次로 換算한 값〔Ω〕
x_1 : 電動機 一相當 一次 漏洩리액턴스〔Ω〕
x_2 : 電動機 一相當 二次 漏洩리액턴스〔Ω〕
x_2' : 電動機 一相當 二次 漏洩리액턴스를 一次로 換算한값〔Ω〕
Y_0 : 勵磁 어드미턴스〔℧〕
g_0 : 勵磁 콘덕턴스〔℧〕
b_0 : 勵磁 서셉턴스〔℧〕
z_1 : 一次捲線의 임피던스〔Ω〕
z_2 : 二次捲線의 임피던스〔Ω〕
z : L型圓線圖에서 Y_0를 無視한 全임피던스〔Ω〕
P_s : 電動機 拘束時의 入力〔watt〕
θ_2 : 電動機 負荷電流의 力率角〔度〕
T : 電動機의 機械的 損失에 必要한 廻轉力〔N·m〕
ΔP : 電動機의 機械的 損失〔watt〕
T_m : 電動機가 내는 廻轉力〔N·m〕

1. 序 論

三相誘導電動機는 오늘날 一般機械裝置에 原動機로 第一 많이 利用되고 있으므로, 이것에 對한 諸特性을 밝힌다는 것은 여러가지 面에서 重要한 뜻이 있다고 본다.

더욱이 요즈음에 와서 自動裝置에 結合되어 빈번히 起動 혹은 停止를 거듭하고, 이때 莫大한 大電流로 他電氣機器 뿐만 아니라, 電動機 自体에도 큰 영향이 미치므로 起動時 電流一時間 關係는 研究하여 이미 發表(電氣學會誌, 1978, Vol.27, No.5)한 바가 있다.

여기서는 그 研究의 일환으로 起動時 電動機定格電流의 8倍나 되는 電流가 순간적으로 흐르면서

dCollection

急速히 減少하므로 이때 廻轉力도 이와 類似한 變化를 할 것임이 짐작되고 起動時間도 短縮될 것이 豫測되는 바이다. 이런점을 감안하여 本論文에서는 電動機의 起動時間特性을 究明하는 것을 目的으로 한다.

硏究內容으로는 電動機의 等價回路, 圓線圖의 理論的 근거를 밝히고, 이에따라 供試電動機의 電氣的 定數를 決定하고, 特定負荷狀態下에서 起動 運轉하고 있을 때 얻어지는 速度特性曲線으로부터 負荷의 機械的 定數를 求하였으며 以上을 基礎로 電動機의 起動時間—速度 關係를 밝힌다.

2. 理 論

2·1 電動機의 等價回路

三相正弦波交流電流로써 만들어진 廻轉磁界속에 놓여 있는 廻轉할 수 있는 導体에는 플레밍의 오른손 法則에 따라 交番誘起電壓이 發生할 것이고 이 導体에 回路가 構成되어 있으면 電流가 흐르고, 磁界속에 있는 電流가 흐르는 導体에는 힘이 發生하게 되어 주위에 놓고 있는 廻轉磁界를 따라 돌게 되는 것이다. 廻轉導体(二次導体)에 誘起되는 電壓과 周波數는 slip에 比例하고 廻轉子回路(二次回路)의 電流는 誘起電壓과 回路要素에 依하여 定해진다. 이 關係를 一相當等價回路로써 表示하면 Fig. 1과 같다.

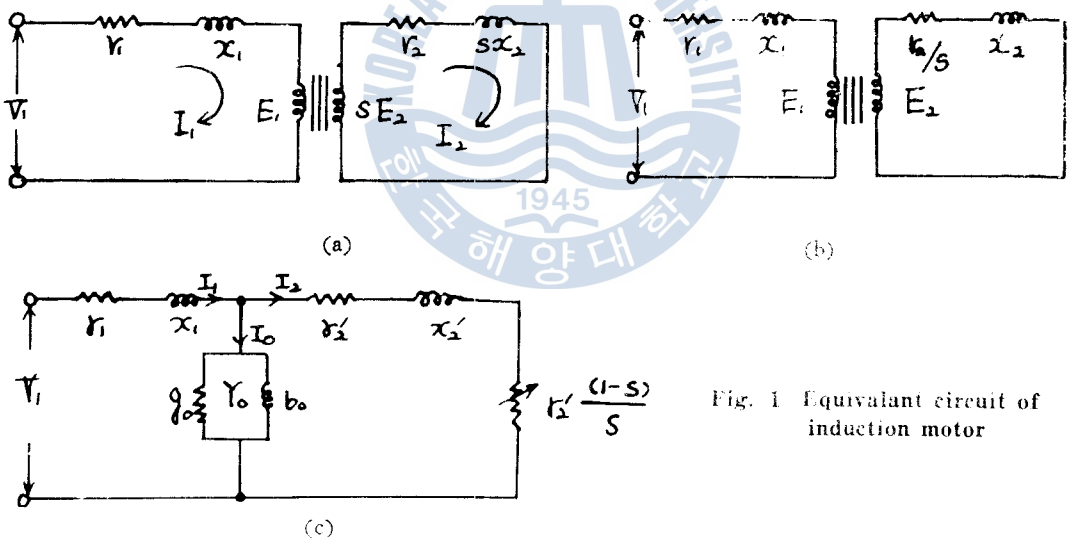


Fig. 1 Equivalant circuit of induction motor

이는 마치 電壓과 周波數가 s에 比例하는 變壓器와 같은 回路로서 2次回路를 開放하면 電壓과 2次漏洩리액터스는 一定한 값이 되고 2次抵抗만 r_2/s로서 slip에 따라 變하는 等價回路가 된다.

이렇게 되면 變壓比가 $E_1 : E_2$인 變壓器의 等價回路와 같이되며, 2次回路를 1次回路로 換算하고 磁氣結合 部分을 等價 Admittance로 表示한 것이 Fig. 1의 (c)와 같다.

等價回路에서 勵磁電流 I_0는 $I_0=\dot{E}_1 Y_0$, 2次電流 I_2'는

$$\dot{I}_2'=\frac{s\dot{E}_1}{r_2'+jsx_2'}=\dot{E}_1\left(\frac{sr_2'}{r_2'^2+s^2x_2'^2}-j\frac{s^2x_2'}{r_2'^2+s^2x_2'^2}\right) \quad \cdots\cdots(1)$$

1次電流(電動機에 흘러들어가는 線電流)는

$$\dot{I}_1=\dot{I}_0+\dot{I}_2'=\dot{E}_1\left(Y_0+\frac{s}{Z_2'}\right)=\dot{E}_1\left(g_0-jb_0+\frac{s}{r_2'+jsx_2'}\right) \quad \cdots\cdots(2)$$

dCollection

1次 電壓 V_1(線間供給電壓)은

$$\dot{V}_1=\dot{E}_1+\dot{I}_1Z_1=\dot{E}_1\left(1+Z_1Y_0+s\frac{Z_1}{Z_2'}\right)$$

$$\dot{E}_1=\frac{\dot{V}_1}{1+Z_1Y_0+s\cdot Z_1/Z_2'} \quad \cdots\cdots(3)$$

1次 誘起電壓은 式(3)과 같다.

또한 Fig. 1 (c)의 勵磁admittance 部分을 一次回路側으로 옮기면 L型等價回路가 되고, 간단하게 電動機의 特性을 解析할 수 있다.

變壓器인 境遇 無負荷時 勵磁電流가 적으므로 옮긴다 해도 誤差가 적지만, 電動機인 境遇 勵磁電流가 상당히 크게 (全負荷電流의 30~40%)흐르므로 옮기면 回路는 간단해 지지만 計算精度는 떨어진다. 그러나 實用上으로는 큰 支障이 없다.[4)-6)]

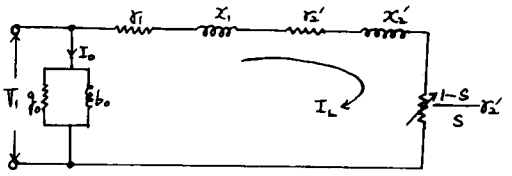


Fig. 2 L type equivalent circuit

L型等價回路에서 負荷回路에 흐르는 電流는

$$I_L=\frac{V_1}{r_1+r_2'/s+J(x_1+x_2')} \quad \cdots\cdots(4)$$

가 되고 slip에 따라 抵抗만 變하므로 電流軌跡은 원이 된다.

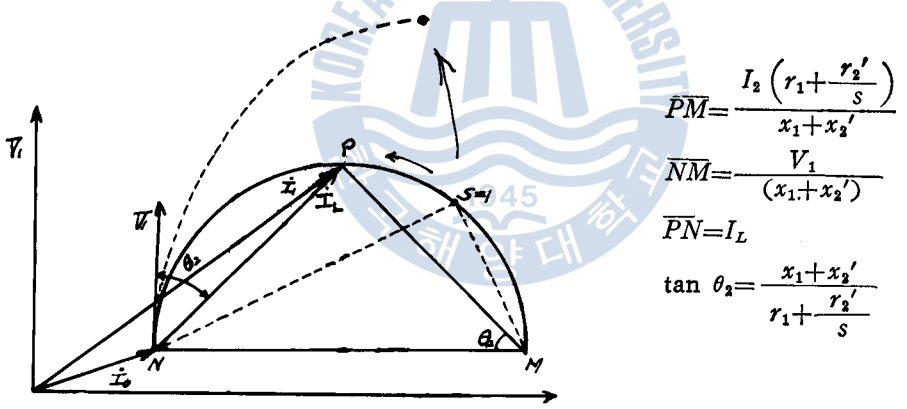


Fig. 3 Circle diagram of motor

起動할때 $S=1$에서 부터 出發하므로 $S=1$인点에서 出發하여 왼쪽으로 옮아 運轉狀態의 s点에서 一定한 電流가 흐르게 된다.

電流의 軌跡이 원이 된다는 것은 x_1+x_2'가 一定하고 抵抗만 變할 때이지만 起動時 大電流로 因한 漏洩磁路의 포화로 x_1+x_2'가 減少하므로 起動함에 따라 抵抗과 리액턴스가 同時에 變하므로 起動時 電流軌跡은 Fig. 3의 点線 方向으로 移動한다.[1)]

2·2 電動機의 廻轉力

2次回路의 電流는 $I_2=sE_2/\sqrt{r_2^2+s^2x_2^2}$, 이회로의 力率 $\cos\theta_2=r_2/\sqrt{r_2^2+s^2x_2^2}$ 이다(Fig. 1에서). 그리고 廻轉力 T는 $I_2^2\cdot r_2/s\cdot\frac{1}{\omega_S}$이므로[9)-11)] 여기에 $I_2=sE_2/\sqrt{r_2^2+s^2x^2}$를

dCollection

代入하면 $T=\dfrac{s\cdot E_2^2\cdot r_2}{\omega_s(r_2^2+s^2x_2^2)}$ ……(5)

식(5)를 等價한 1次回路로 고치면

$$T=\frac{s\cdot E_1^2\cdot r_2'}{\omega_S(r_2'^2+s^2x_2'^2)} \quad \cdots\cdots(6)$$

식(3)에서 Y_0를 無視하면

$$\dot{E}_1=\frac{\dot{V}_1}{1+s\cdot Z_1/Z_2'}=\frac{Z_2'\cdot\dot{V}_1}{s\cdot Z_1+\dot{Z}_2'}=\frac{(r_2'+Jsx_2')\dot{V}_1}{(sr_1+r_2')+Js(x_1+x_2')}$$

이것을 絶對値로 나타내면

$$E_1=V_1\sqrt{\frac{r_2'^2+s^2x_2'^2}{(sr_1+r_2')^2+s^2(x_1+x_2')^2}} \quad \cdots\cdots(7)$$

식(7)을 식(6)에 代入하면

$$T=\frac{sr_2'V_1^2}{\omega_S\{(sr_1+r_2')^2+s^2(x_1+x_2')^2\}} \quad \cdots\cdots(8)$$

식(8)은 結局 식(9)와 같이 表現된다.

$$T=\frac{V_1^2/\omega_S\cdot r_2'/s}{(r_1+r_2'/s)^2+(x_1+x_2')^2} \quad \cdots\cdots(9)$$

위 式은 電動機가 正常狀態에 適用시킬 수 있는 式이다. 起動할 境遇에는 電動機에 莫大한 電流가 흐르므로 漏洩磁路의 飽和로 x_1+x_2'가 減少되어 이를 修正해야 한다.[1] 이때의 式은

$$T_m=\frac{V_1^2/\omega_S\cdot r_2'/s}{(r_1+r_2'/s)^2+\{(x_1+x_2')R_{(s)}\}^2} \quad \cdots\cdots(10)$$

2·3 電動機의 起動時間

電動機의 廻轉力이 負荷를 驅動할 境遇 이 廻轉系의 運動方程式은 식(11)과 같다.

$$T_m-T_L=J\frac{d\omega}{dt} \quad \cdots\cdots(11)$$

여기서 T_L은 負荷의 反廻轉力으로 $k\omega+F$이며, 起動中 負荷의 瞬時廻轉에 必要한 以外의 잉여회전력은 加速度를 주게 된다. 이것을 式으로 나타내면 식(12)와 같이 된다.

$$T_m=J\frac{d\omega}{dt}+k\omega+F \quad \cdots\cdots(12)$$

起動中에 電動機에서 發生하는 廻轉力을 알아내는 方法으로 strain gauge를 利用할 수 있겠으나 J와 負荷定數인 F, k 그리고 變速曲線을 記錄해도 間接的으로 求할 수 있다.

起動時間을 計算하기 爲해서 式(9)를 時間函數가 나오도록 고치면, (ω_0 : 正常運轉角速度)

$$t_0=\int_0^{t_0}dt=\int_0^{\omega_0}\frac{J}{\dfrac{V_1^2/\omega_S\cdot r_2'/s}{(r_1+r_2'/s)^2+(x_1+x_2')^2}-k\omega-F}\,d\omega \quad \cdots\cdots(13)$$

式(13)은 速度에 對한 函數이므로 이를 slip에 對한 函數로 바꾸면, (s_0 : 正常運轉의 slip)

$$t_0=\int_1^{s_0}\frac{-J\cdot\omega_S\cdot ds}{\dfrac{V_1^2/\omega_S\cdot r_2'/s}{(r_1+r_2'/s)^2+(x_1+x_2')^2}-k\omega_S(1-s)-F}=-\int\frac{ds}{F_1(s)} \quad \cdots\cdots(14)$$

로 된다.[1] 마찬가지로 式(10)에 對해서도 같은 方法으로 고치면,

$$t_0=\int_1^{s_0}\frac{-J\cdot\omega_S\cdot ds}{\dfrac{V_1^2/\omega_S\cdot r_2'/s}{(r_1+r_2'/s)^2+\{R_{(s)}(x_1+x_2')\}^2}-k\omega_s(1-s)-F}=-\int\frac{ds}{F_2(s)} \quad \cdots\cdots(15)$$

가 되고 式(14)로는 (15)를 積分하면 起動에서 正常速度까지 도달하는데 必要한 時間이 求해진다.

dCollection

3. 實 驗

本 研究에 必要한 諸定數를 求하기 爲해서 적절한 實驗裝置를 設置해야 한다.

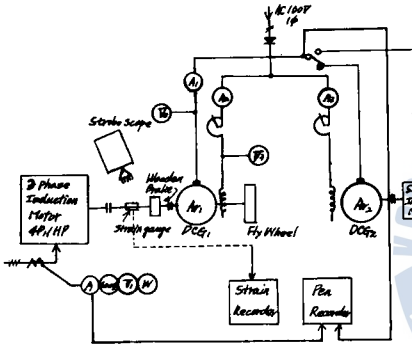
우선, 供試誘導電動機의 r_1, r_2', x_1, x_2'가 測定되어야 하겠고, 다음에 負荷의 定數 F, k가 確定되어야 하며 마지막으로는 廻轉系의 極慣性모우멘트가 推定되어야 한다. 以上과 같은 定數를 導出 하기 爲해서 供試電動機와 直結된 DC發電機로 構成된 M-G set 하나와 實驗上 DC電源의 必要로 또 한 대의 M-G set를 준비하였다.

이것들의 結線單線圖 및 外觀은 Fig. 4와 같다.

3·1 起動試驗

供試電動機에 直結된 DC發電機의 勵磁電流를 調節하고 이 軸에 裝置되어 있는 木製制動機를 調節하여 供試電動機에 定格負荷에 가까운 크기의 負荷가 걸리게 한 후 供試電動機의 起動 停止를 數次 시켰을때 얻어지는 速度變化曲線이 Fig. 5와 같다.

이때 供試電動機가 定格狀態에 도달하였을때의 電壓은 214[V], 電流値5.0[A] 이었으며 그때의 r.p.m은 1730 이었다.



(a)

(b)

Fig. 4 Explanation of experimental appratus
(a) Schemetic connection diagram
(b) Picture of general view

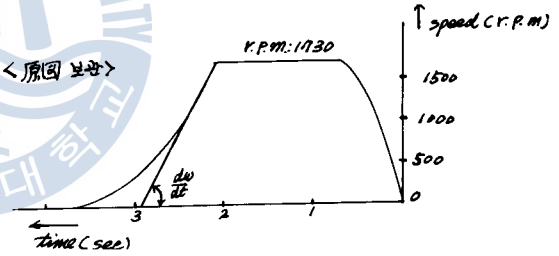


Fig. 5 Acceleration and deceleration curve of rotating system in loaded condition

3·2 供試電動機의 電氣的 定數 測定

電動機의 重要 定數는 r_1과 r_2' 그리고 x_1과 x_2'이다. r_1은 固定子捲線의 抵抗이므로 抵抗計 또는 電流法으로 直接 測定할 수 있다.

그런데 電動機의 諸特性을 論하는데는 r_1과 r_2'를 區別할 必要가 없고, x_1과x_2'도 역시 區別된 各各의 값을 알 必要는 없다. 다만 r_1+r_2', x_1+x_2'의 값만 알면 된다.

종래의 方法과 같이 電動機를 拘束해 두고서 適當히 낮은電壓(20~50V)를 걸어 電壓과 電流, 電力 및 力率을 測定하였다.

dCollection

$$P_s=3I_s^2(r_1+r_2')$$

$$r_1+r_2'=\frac{P_s}{3I_s^2} \quad \cdots\cdots(16)$$

식(16)으로 부터 (r_1+r_2')의 값 4.23[Ω]을 求하였다.

Z는 $\frac{\text{공급전압}/\sqrt{3}}{I_s}$에 依해 7.02[Ω] 이므로

$$x_1+x_2'=\sqrt{z^2-(r_1+r_2')^2} \quad \cdots\cdots(17)$$

식(17)에 依하여 (x_1+x_2')의 값 5.61[Ω]도 求하였다. r_1의 값은 전압강하법으로 測定하여 2.08[Ω]을 얻었다. 따라서 r_2는 2.15[Ω]이다.

3·3 廻轉系의 機械的 定數 測定

3·3·1 極慣性 모우멘트 測定

供試電動機를 同期速度로 廻轉시키기 爲해 M-G set(Ⅱ)의 DC電力을 M-G set(Ⅰ)의 DC發電機側에 供給시켰다.

이렇게 하면 供試電動機에는 機械的 負荷가 전연 걸리지 않고, 그대신 M-G set(Ⅰ)의 DC電動機가 機械的 損失을 부담하게 된다.

勿論 이때 AC側入力에 差가 생긴다. AC電力計의 눈금差를 읽기 爲하여 數次 實驗을 거듭한 結果, ΔP(AC入力差)는 182[watt]와 108[watt]의 差로 74[watt] 이었고,

$$\Delta P=T\cdot\omega_s \quad \cdots\cdots(18)$$

이므로 同期速度로 廻轉하는데 機械的 諸損失에 해당하는 廻轉力은

$T=\Delta P/\omega_s$임을 뜻한다.

다음 供試電動機의 M-G set(Ⅰ)을 無負荷로 하여(M-G set(Ⅰ)의 DC發電機는 無勵磁, 電機子는 開放狀態) AC入力을 遮斷하였을 때의 減速曲線을 다음과 같이 얻었다.

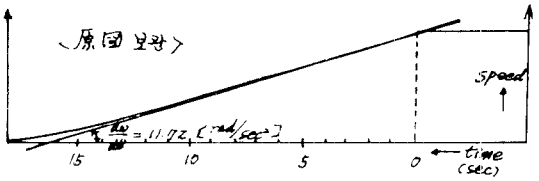


Fig. 6 Deceleration curve of rotating system in no load condition

Fig. 6에서 얻어진 初期減速기울기는

$$\left.\frac{d\omega}{dt}\right|_{\omega=\omega s}=\frac{1800\times\frac{2\pi}{60}}{16.1}\fallingdotseq 11.72[\text{rad/sec}^2]$$

로 얻어졌다.

따라서, 구하는 系의 極慣性 모우멘트는

$$J\frac{d\omega}{dt}=T \quad \cdots\cdots(19)$$

$$J=\frac{\Delta P/\omega_s}{(d\omega/dt)_{\omega=\omega s}}=\frac{74/188.50}{11.72}$$

$$=0.0334[\text{kg-m}^2] \quad \cdots\cdots(20)$$

과 같이 된다.

3·3·2 摩擦係數 測定

Fig. 5에서 供給電流를 遮斷하여 減速되는 순간의 기울기가 求해지면 다음式으로부터 k의 값을 얻을 수 있다.

$$-J\frac{d\omega}{dt}=k\omega+F$$

$$\text{즉 } k=\frac{-Jd\omega/dt-F}{\omega} \quad \cdots\cdots(21)$$

dCollection

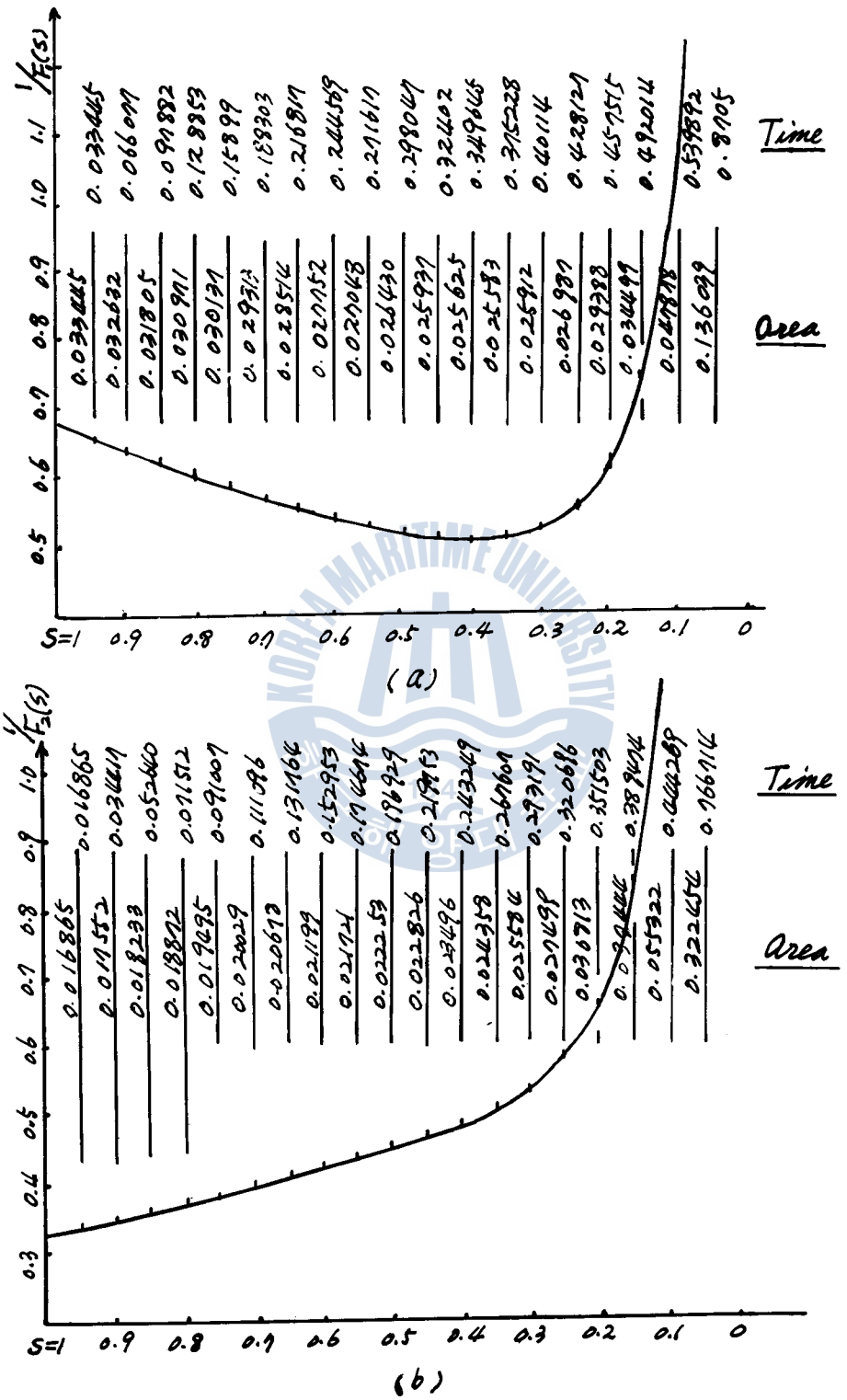


Fig. 7 Process of calculation of equation(14) and (15) by numerical method

dCollection

여기서 F는 乾性마찰모우멘트로서 電動機에 電壓을 서서히 增加시키면 廻轉하는 순간에 0.3〔m〕의 arm에 0.48〔kg중〕의 힘이 作用함을 알 수 있으므로

$F=0.3\times0.48\times9.8$〔N·m〕$=1.41$〔N·m〕이다.

Fig. 5에서 얻어지는 기울기 $\left.\frac{d\omega}{dt}\right|_{\omega=\omega s}=-138$, $F=1.41$을

식(21)에 代入하여 k를 求하면 $k=0.0176$〔N·m·sec/rad〕이 얻어진다. 起動할때의 增速曲線을 세밀히 관찰하면 起動初期 굉장히 큰 기울기를 가지고 있으나, 순간적으로 감소되어 다시 一定한 기울기로 증가하는 形態를 갖고 있다.

4. 實驗結果 및 檢討

式(14)와 式(15)의 $\frac{1}{F_1(s)}$ 및 $\frac{1}{F_2(s)}$의 값을 各各 slip구간 0.05로 하여 數値計算한 後 이값의 累積을 求해 가면 起動時間이 얻어지며 Fig(7)의 (a),(b)와 같다.

起動初期에는 加速廻轉力이 커서 急히 加速되는 過程이므로 時間이 길게 要求되지 않으나 增速前後 平衡速度에 가까와 질때 時間이 길게 要求되므로 이때가 起動時間에 絶對的으로 영향을 준다.

Fig. 7(a)는 初期에는 時間이 길게 要求되나 增速 前後 時間이 短縮되고,(b)는 初期에는 時間이 짧게 要求되나 增速 前後 時間이 길게 要求되므로 結果的으로 起動에 要求되는 時間은 거의 비슷하다.

起動初期의 速度變化 狀態를 確實하게 理解하기 爲해서 實測에 依한 起動時間一速度의 曲線인 Fig. 5와 Fig. 7의 (a) 및 (b)에서 얻은 理論的 起動時間을 利用하여 Fig. 8을 얻었다.

曲線①은 修正하지 않은 起動時間計算式으로 부터 求한 曲線, 曲線 ②는 起動試驗으로부터 실제 記錄된 값이며 曲線 ③은 修正한 起動時間計算式으로 부터 算出한 값이다.

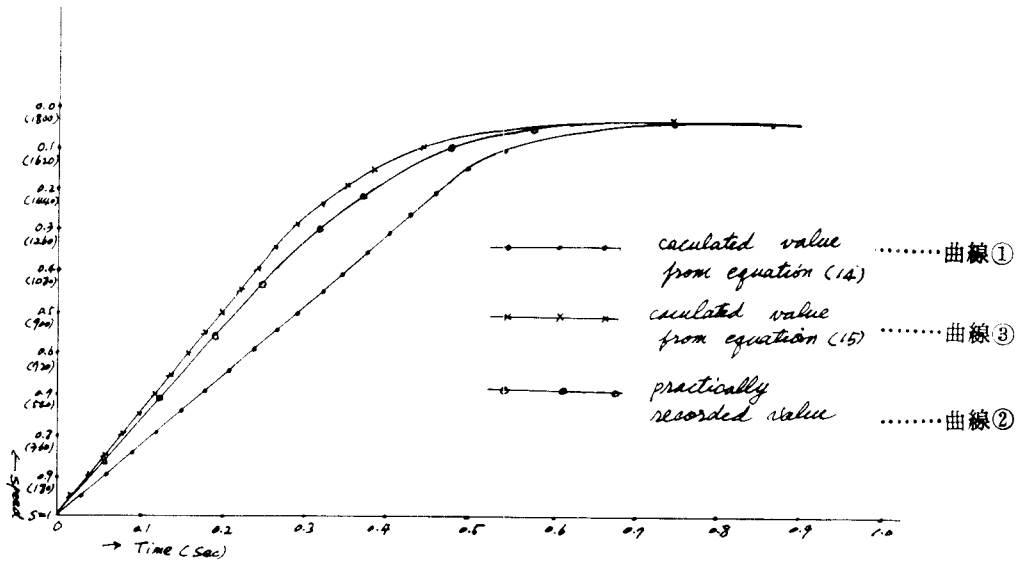


Fig. 8 Starting time-Speed curve of motor

dCollection

세 曲線을 比較해 보면 曲線 ①은 slip이 0.2에達할 때 까지는 거의 直線的으로 時間이 要求되는 것으로 나타나고 一定 廻轉數에 達하는데 걸리는 時間을 관찰해 보면 曲線 ①은 實測値 보다 더 긴 時間이 要求되고 曲線 ③은 實測値 보다 약간 짧은 時間이 要求되는 것으로 나타나 있으나 曲線 ③이 曲線 ① 보다 實測値에 더 가깝게 速度가 增加되고 있음을 알 수 있다.

5. 結 論

지금까지 理論과 實驗을 通하여 얻어진 結果로 부터 다음과 같은 結論을 要約할 수 있다.

(1) 修正한 式에 依한 起動時間一速度 曲線은 實測値와 잘 一致하고 있으나 修正하지 않은 式에 依한 計算曲線은 不一致한 点이 많아 起動時間에 對한 고찰을 할때는 修正한 式을 利用함이 바람직하다.

(2) 起動初期 圓線圖에 依한 電流보다 훨씬 큰 電流가 순간적으로 흐르는데 이 때에 분명히 큰 廻轉力이 發生하나 起動時間 短縮에 絶對的인 영향을 미치지 못하고 Fig.8의 세 曲線 모두 0.75초 前後에서 起動이 완료되는 것으로 나타난 것은 初期 停止 狀態 부근에서는 빨리 增速되더라도 增速後 廻轉力 不足으로 時間이 크게 지연되어 버리기 때문이다.

本 研究를 進行함에 있어서 精度높은 計器의 不足이 큰 問題이었다. 그 중에서도 特히 速度測定裝置인, Stroboscope 自体의 눈금에도 誤差가 있으려니와 Fig.5에 記錄된 速度 그것에도 $L_a \frac{dI_a}{dt}$(L_a : M-G set(Ⅰ) 發電機의 電機子 인덕턴스)의 誤差가 作用하였을 것으로 보이며 또 實驗中 電壓이 미소하게나마 變動하였다는 것이다.

dCollection

여기서 F는 乾性마찰모우멘트로서 電動機이 電壓을 서서히 增加시키면 廻轉하는 순간에 0.3〔m〕의 arm에 0.48〔kg중〕의 힘이 作用함을 알 수 있으므로

$F=0.3\times0.48\times9.8$〔N·m〕$=1.41$〔N·m〕이다.

Fig. 5에서 얻어지는 기울기 $\left.\frac{d\omega}{dt}\right|_{\omega=\omega s}=-138$, $F=1.41$을

식(21)에 代入하여 k를 求하면 $k=0.0176$〔N·m·sec/rad〕이 얻어진다. 起動할때의 增速曲線을 세밀히 관찰하면 起動初期 평장히 큰 기울기를 가지고 있으나, 순간적으로 감소되어 다시 一定한 기울기로 증가하는 形態를 갖고 있다.

4. 實驗結果 및 檢討

式(14)와 式(15)의 $\frac{1}{F_1(s)}$ 및 $\frac{1}{F_2(s)}$의 값을 各各 slip구간 0.05로 하여 數値計算한 後 이값의 累積을 求해 가면 起動時間이 얻어지며 Fig(7)의 (a),(b)와 같다.

起動初期에는 加速廻轉力이 커서 急히 加速되는 過程이므로 時間이 길게 要求되지 않으나 增速前後 平衡速度에 가까와 질때 時間이 길게 要求되므로 이때가 起動時間에 絶對的으로 영향을 준다.

Fig. 7(a)는 初期에는 時間이 길게 要求되나 增速 前後 時間이 短縮되고,(b)는 初期에는 時間이 짧게 要求되나 增速 前後 時間이 길게 要求되므로 結果的으로 起動에 要求되는 時間은 거의 비슷하다.

起動初期의 速度變化 狀態를 確實하게 理解하기 爲해서 實測에 依한 起動時間一速度의 曲線인 Fig. 5와 Fig. 7의 (a) 및 (b)에서 얻은 理論的 起動時間을 利用하여 Fig. 8을 얻었다.

曲線①은 修正하지 않은 起動時間計算式으로 부터 求한 曲線, 曲線 ②는 起動試驗으로부터 실제 記錄된 값이며 曲線 ③은 修正한 起動時間計算式으로 부터 算出한 값이다.

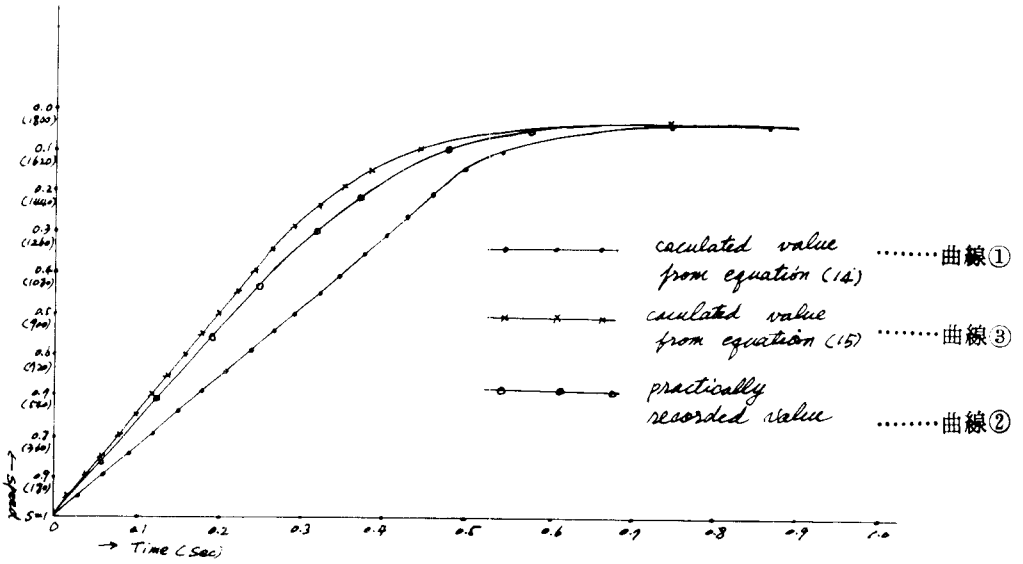


Fig. 8 Starting time-Speed curve of motor

dCollection

세 曲線을 比較해 보면 曲線 ①은 slip이 0.2에達할 때 까지는 거의 直線的으로 時間이 要求되는 것으로 나타나고 一定 廻轉數에 達하는데 걸리는 時間을 관찰해 보면 曲線 ①은

實測値 보다 더 긴 時間이 要求되고 曲線 ③은 實測値 보다 약간 짧은 時間이 要求되는 것으로 나타나 있으나 曲線 ③이 曲線 ① 보다 實測値에 더 가깝게 速度가 增加되고 있음을 알 수 있다.

5. 結 論

지금까지 理論과 實驗을 通하여 얻어진 結果로 부터 다음과 같은 結論을 要約할 수 있다.

(1) 修正한 式에 依한 起動時間-速度 曲線은 實測値와 잘 一致하고 있으나 修正하지 않은 式에 依한 計算曲線은 不一致한 点이 많아 起動時間에 對한 고찰을 할때는 修正한 式을 利用함이 바람직하다.

(2) 起動初期 圓線圖에 依한 電流보다 훨씬 큰 電流가 순간적으로 흐르는데 이 때에 분명히 큰 廻轉力이 發生하나 起動時間 短縮에 絶對的인 영향을 미치지 못하고 Fig. 8의 세 曲線 모두 0.75초 前後에서 起動이 완료되는 것으로 나타난 것은 初期 停止 狀態 부근에서는 빨리 增速되더라도 增速後 廻轉力 不足으로 時間이 크게 지연되어 버리기 때문이다.

本 研究를 進行함에 있어서 精度높은 計器의 不足이 큰 問題이었다. 그 중에서도 特히 速度測定裝置인, Stroboscope 自体의 눈금에도 誤差가 있으려니와 Fig. 5에 記錄된 速度 그것에도

$L_a \frac{dI_a}{dt}$(L_a : M-G set(Ⅰ) 發電機의 電機子 인덕턴스)의 誤差가 作用하였을 것으로 보이며 또 實驗中 電壓이 미소하게나마 變動하였다는 것이다.

사정이 허락하면 다른 電動機로써 實驗을 해보는 것도 좋았겠지만 實驗裝備의 制約으로 그렇게 하지 못한 점이 유감스럽다.

參 考 文 獻

1) 盧彰注, 金潤植:小形籠型三相誘導機의 起動電流一時間에 關한 研究, 大韓電氣學會誌, 1978, Vol. 27, No. 5.
2) John Macchod and Brannon: Industrial Electricity, Wardeportmen education EM-967, Washington DC, 1944, p. 465.
3) 平島茂彦, 阿久津明 : 電動機の制御と應用, 電氣大學出版局, 1974, pp. 212~213.
4) 日本電氣學會 : 誘導機, 日本電氣學會, 東京, 1954, pp. 51~59.
5) 中島哲一郎 外 2名 : 誘導機(標準電氣機器講座第二卷) オーム社, 東京, 1967, pp. 25~42.
6) 朴晏鎬 : 誘導機器, 東明社, 서울, 1969, pp. 320~359.
7) J. G Tarboux: Alternating Current Machinery, International Text Scranton, 1947, p. 278.
8) Fraser Jeffrey: Circle Diagram and the Induction Motor, Allis-Chalmers Electrical review, Sept., 1939.
9) 河注植, 盧彰注 : 船舶에 있어서 內燃機關驅動 發電機의 速度安定度에 關한 研究, 大韓電氣學會誌, 1975. 7, Vol. 24, No. 4.
10) 李承煥, 盧彰注 : 圓線圖에 依한 小型誘導電動機의 起動電流一時間에 關한 研究, 東亜大學工場管理研究所 論文集 第二輯, 1978. 4.
11) L. C. Lichby: Internal Combustion Engine, McGrawhill, New York, 1951, p. 72.
12) 日本電氣學會 : 電氣工學ハンドブック, 東京, 1967, p. 600.

dCollection