

CYCLE STARTING MOTOR의

設計 및 製作에 대한 小考

● 技術報告

李 聖 坤*

— 차례 —

- 1. 序 論
- 2. 2次抵抗値의 選定基準
- 3. 製作方法
- 4. 諸特性
- 5. 定格出力에 따른 Frame No.適用
- 6. 結 論

1. 序 論

工業技術의 發達에 따라 電動機의 用途도 多樣化되고 機械의 起動 停止 正轉에서 逆轉으로 바꾸는 것을 機械의 方法보다 電動機의 起動 制動 Plugging 運轉方法으로 移送할 때 機械의 高效率化, 機構의 簡素化가 된다. 그러나 이러한 移送運轉이 빈번할 때 一般電動機로서는 信賴度가 問題가 되므로, 이 用途에 적합한 特性을 가지는 電動機를 選定함으로서 信賴度가 높도록 해야 한다. 이런 種類의 用途로 使用되는 籠形電動機로서는 特性上 起動 Torque, 加速 Torque가 크고 短時間에 起動하며 Plugging에 적합하고 Dynamic Brake에도 지장이 없어야 하며, 溫度上昇의 點에서는 起動中에 1次銅損이 적고 2次高抵抗인 것이 要求된다. 또 構造上에서는 Inertia가 작으며 急速한 起動이 제일 먼저 要求된다. 만약 起動中에 發熱하는 部分의 熱容量이 크며 負荷 Inertia도 커서 起動時間이 數10秒를 걸린다면 局部的으로 대단히 높은 溫度上昇을 하게 되고, 가혹한 Plugging 運轉을 하는 경우는 熱的 및 機械的으로 高度의 信賴性이 要求된다. 이에 적합한 Cycle Starting Motor를 試作하여 본 結果를 경험을 토대로 多目的으로 研究 檢討하여 여기에 소개하고자 한다.

2. 2次抵抗値의 選定基準

起動 停止 正轉 逆轉을 자주 反復하면서 運轉을 하는 用途에서는, 2次抵抗을 높게 하면 起動 Torque가 增大하고 起動電流가 減少되므로 대단히 有利하다. 왜냐하면 2次抵抗을 높게하면 그림 1과 같이 起動 Torque가 커서 起動中의 加速 Torque가 커지고 急速한 起動

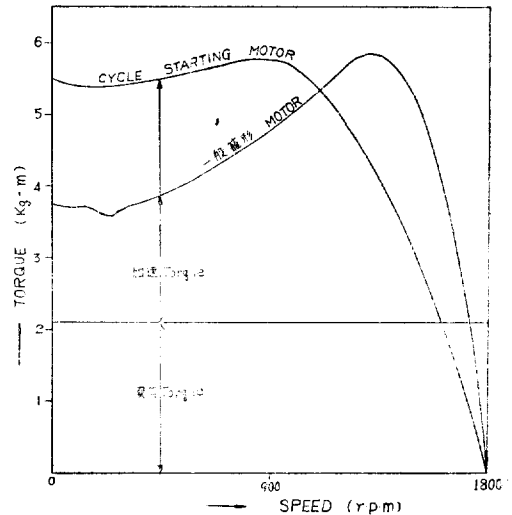


그림 1. Speed-Torque Curve TEFC 3.7KW 4P 220V 60Hz

이 되나 Torque特性 및 發熱損失의 點에서 볼 때 限界가 있으므로 最適合理值를 擇해야 한다. 우선 1次抵抗 R_1 과 누설 Reactance X 를 一定하게 두고 2次抵抗 R_2 를 變化시키는 경우 이의 特性變化를 檢討한다.

一般的으로 誘導電動機의 最大 Torque는 R_2 에 關係없이 一定하며 起動時의 最大 Torque가 發生하도록 R_2 를 選定하면 起動時의 Torque 效率이 제일 良好하다. 一般電動機로서는 보통 $R_2 \approx R_1$ 으로 設計되므로, 最大 Torque는 Slip가 0.3~0.4 근처에서 發生하게 되고, $R_2 \approx 2.5 \sim 3R_1$ 으로 選定하면 起動時에 最大 Torque를 얻는다. 그러나 全加速 Torque를 포함해서 考慮하려는 이것보다 多少 R_2 를 작게 選定하는 것이 적당하다. 이것을 全開外扇形 1.5 KW 4 Pole을 試作한 結果 그림 2와 같은 例가 된다. 2次卷線의 材質을 변

*正會員 : 國際電氣企業株式會社 電動機設計課長

경사했을 경우의 最大 Torque점의 Slip s 는 그림 2와 같이 a, b, c , 로 되고 a 는 標準 알루미늄 鑄造 回轉子の Torque 特性으로 $s=0.39$, b 는 알루미늄의 2배의 比抵抗인 알루미늄합금으로서 鑄造한 回轉子の Torque 特性으로서 $s=0.78$, c 는 알루미늄의 5배의 比抵抗을 가지는 Bronze 合金鑄造時의 Torque 特性 $s=1.95$, b 는 a 에 비하여 最大 Torque점의 Slip가 2배가 되므로 이

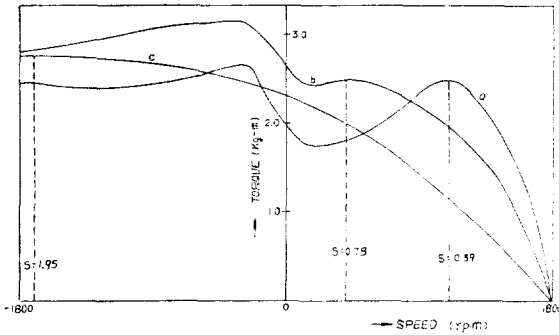


그림 2. Speed-Torque Curve TEFC 1.5KW 60Hz
 a. AL Diecasting Rotor
 b. AL 合金 Diecasting Rotor
 c. Bronze 合金 Diecasting Rotor

것보다 Slip는 크게 되나 最大 Torque는 減少하지 않는다. 이와같이 全負荷에서 Slip의 增加가 多少間 있으나 起動 轉도가 높은 用途로서는 理想的인 Torque 特性이 된다. c 는 最大 Torque가 逆轉側에 있으므로 正轉側의 加速 Torque는 현저하게 감소된다. 그러므로 小形籠形電動機의 경우는 $R_2/R_1 \approx 2 \sim 2.5$ 程度로 選定하면 起動轉도가 높은 用途에 적합한 Torque 特性을 얻고 起動電流를 多少 抑制할 수 있다. 그러면 Plugging 運轉時의 電動機 發熱損失에 대하여 檢討하여 본다.

지금 GD^2 : 電動機와 負荷의 Moment [kg-m²]

f : 電源周波數 [Hz]

p : 電動機 極數라면

電動機, 起動時의 發熱損失

$$W_1 = 20GD^2(f/p)^2(1 + R_1/R_2) [W \cdot sec]$$

또 逆相制動時의 發熱損失은

$$W_2 = 60GD^2(f/p)^2(1 + R_1/R_2) [W \cdot sec]$$

그러므로 Plugging 運轉의 경우의 平均發熱損失은

$$W_p/t_p = 80/t_p \cdot GD^2(f/p)^2(1 + R_1/R_2) [W]$$

가 된다.

단, t_p 는 Plugging의 半周期 式에서 慣性負荷運轉時의 發熱損失은 R_2 가 크게 되면 減少함을 알 수 있다. 그 實例가 그림 3에 나타난다.

그림 3은 無負荷의 Plugging 運轉을 하는 경우는 제외하고 t_p 를 Parameter(變數)로서 R_2/R_1 과 W_p/t_p 의 關係를 나타낸다. 平均發熱損失의 t_p 가 길면 당연히

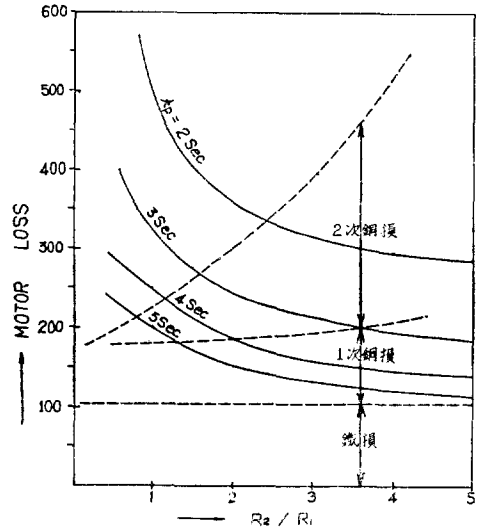


그림 3. TEFC 1.5KW 4P 22V 60Hz

히 적어진다. t_p 가 일정하면 R_2/R_1 가 1~2의 範圍에서는 減少가 큰데 비하여 R_2/R_1 가 2~2.5 이상에서는 減少량이 比較的 작다. 그러나 全負荷運轉時의 損失은 그림 3의 點線으로 表示된 바와 같이 R_2 가 커지면 增大하므로 不利하다. 그러므로 發熱損失 點에서는 $R_2/R_1 \approx 2 \sim 2.5$ 일 때 設計 및 製作上의 最適의 값이 된다.

3. 製作方法

前述한 바와 같이 最適의 값인 $R_2 \approx 2 \sim 2.5R_1$ 가 되면 製作時 一般籠形電動機보다 1次卷線抵抗을 작게 하는 方法과 籠形 2次卷線の 抵抗을 높게 하는 方法이 있다. 前者는 1次卷線の 導體斷面積을 크게 해야 하므로 經濟的으로 銅材가 鐵材가 많이 들고 cost가 높다. 그러므로 小形電動機에서는 固定子の 鐵心과 卷線을 一般籠形電動機의 標準品을 그대로 使用하고 籠形 2次卷線만을 高抵抗形으로하는 後者의 方法을 採用한다. 籠形電動機를 製作하는데 있어서 一般籠形電動機와 같이 導體金屬의 Diecasting으로서 籠形 2次卷線으로 하는 方法과 回轉子 鐵心の Slot內에 導體를 插入하여 兩側에 短絡環을 熔接하는 方法이 있으나 起動이 빈번한 用途로 使用하는 電動機는 前述한 바와 같이 2次卷線에서의 發熱이 많으므로 熱的 機械的으로 信賴度는 前者의 方法이 後者의 方法보다 훨씬 높다. 그러므로 信賴도가 높은 Diecasting 回轉子로 製作한다.

高抵抗籠形の Diecasting 回轉子を製作할 때

a. 籠形 2次卷線の 導體斷面積을 작게하는 方法

b. 純 알루미늄보다 比抵抗이 높은 金屬을 使用하여 一般籠形電動機와 똑같은 Slot를 가지는 鐵心에 Die-casting으로서 籠形卷線으로 하는 方法으로 分類된다.

籠形 2次卷線の 斷面積을 작게하는 a의 方法에서는, 2次卷線の 電流密度가 현저히 크게되고 導體에 發生하는 熱이 回轉子 鐵心に 傳達되는 Slot 側壁의 面積이 작아져서, 導體에 의한 熱이 回轉子 鐵心으로 傳達하는 熱傳達이 좋지 않으므로, 起動이 빈번한 用途에서는 특히 더욱 熱的 機械的으로 安全性의 問題가 되므로 信賴度가 낮다. 또 一般籠形電動機와 함께 作業할 때 回轉子 鐵心の Slot만 一般籠形電動機와 다르게 한다는 것은 製作上의 혼란만 온다. 이것에 비하면 b의 方法은 이런 作業上의 혼란이 없을 뿐만 아니라 Die-casting도 훨씬 容易하게 되고, 또 導體에 의한 熱이 回轉子 鐵心으로 傳達하는 熱傳達이 좋으므로 安全性과 信賴度가 역시 높다. 그러므로 製作上과 特性上에 要求되는 條件을 만족시킬 수 있도록 比抵抗이 純알루미늄의 2~2.5倍인 金屬을 選定하여 Diecasting 回轉子を 製作하면, Cycle Starting Motor로서는 最適의 方法이 아닐까 생각된다.

4. 諸特性

起動빈도가 높은 用途에 適合한 回轉子 高抵抗인 Cycle Starting Motor의 特性과 溫度上昇에 대하여 서술한다.

4-1. 特性

2次高抵抗形이 되므로 一般籠形電動機 보다 起動 Torque가 훨씬 크고 起動電流는 작으며 Slip는 前述한 바와 같이 一般籠形電動機의 2倍 以上인 8~13%가 된다. 效率은 Slip의 增加 때문에 2次銅損이 增加하고 이로 인하여 1次銅損도 增加하여 一般籠形電動機 보다 저하한다. 그러나 力率은 Slip의 增加에 따른 損失分의 增加뿐이므로 一般籠形電動機보다 오히려 약간 높다.

4-2. Torque特性

一般籠形電動機의 速度 Torque 曲線은 그림 2의 a와 같이 Torque 曲線에 굴곡이 있으므로, 負荷 Inertia가 큰 경우는 加速時 加速 Torque는 급강하로 작아지므로 起動時間은 이 영향으로 상당히 길어진다.

그러나 Cycle Starting Motor는 起動 Torque가 크고, Torque 曲線에 굴곡이 심하지 않으므로, 加速 Torque가 充分히 發生하여 큰 負荷 Inertia라도 急速

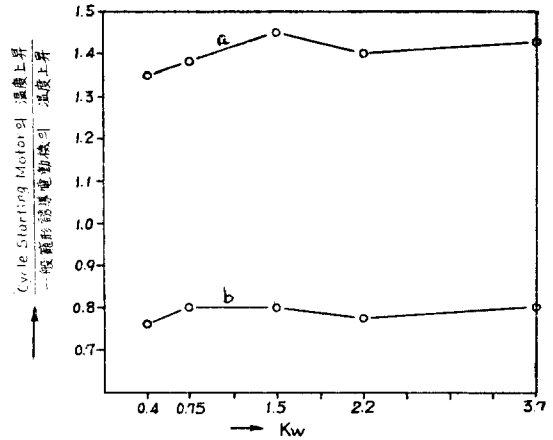


그림 4. 一般 籠形電動機의 溫度上昇과 Cycle Starting Motor의 溫度上昇과의 比較

히 加速된다. 또 Dynamic Brake로서 電動機를 停止시 켜고 할 경우에, 一般籠形電動機와 같이 2次抵抗이 작은 경우에는 高速度에서 充分한 Braking Torque가 發生하더라도 急速히 制動하기 어렵다. 그러나 이와같은 高抵抗籠形 Cycle Starting Motor는 一般籠形電動機에 비하여 約 2倍의 Braking Torque를 發生하므로 Dynamic Braking이 容易하다.

4-3. 溫度上昇

電動機는 一般的으로 一定한 方向으로 一定時間 계속 連續으로 使用하는 示方의 것과, 起動에서 停止 또는 逆轉으로 빈번하게 切替하지 않으면 안되는 性質의 示方의 것이 있다. 前者는 電動機가 定格出力을 내며 連續運轉을 하는 경우의 溫度上昇試驗의 結果가 電動機의 實際로 使用時의 溫度上昇과는 별로 차이가 나지 않는다. 그러나 後者의 경우는 全速運轉中の 負荷는 대략 50%程度가 되고, 電動機의 回轉子を 포함한 負荷 Inertia와 正逆轉하는 示方에 따라 溫度上昇이 다르므로, 그 溫度上昇을 一定負荷로 連續的으로 使用하는 電動機의 溫度上昇에서 推定하기는 매우 곤란하다. 또 一定負荷에서 連續運轉하는 用途의 電動機는 2次抵抗이 작고, 즉 Slip가 작으므로 損失이 적고 溫度上昇이 낮다. 그러나 Inertia 負荷의 正逆轉하는 電動機는 2次抵抗이 높고 Slip가 크므로 全損失이 크다는 것을 지금까지 說明했다. 이關係를 一般籠形電動機와 Cycle Starting Motor와의 溫度上昇의 比率로 나타내면 그림 4와 같다. 그림 4에서 a와 같이 連續運轉의 경우는 一般籠形電動機에 비하여 25~45% 程度 溫度가 더 上昇한다. 그렇지만 電動機의 回轉子を 포함한 Inertia

負荷가 正 逆轉을 反復하는 경우는 b 와 같이 一般籠形電動機 보다 溫度上昇이 났다. 그리고 正轉→逆轉→正轉의 Plugging을 每時間 反復할 수 있는 回數는 溫度上昇으로 인하여 制限되며, 그 限度는 Cycle Starting Motor에 비하여 一般籠形電動機의 限界가 훨씬 적게 되므로, 一般籠形電動機는 적합하지 않고 Cycle Starting Motor를 使用하는 것이 타당하다.

5. 定格出力에 따른 Frame No. 適用

이러한 特性의 Cycle Starting Motor에 대한 國內規格은 아직 없으며, 一般籠形電動機 보다 2次銅損이 많으므로 一般籠形電動機와 동일 Frame No.로서는 連續定格으로 使用할 수 없다. 또 그 用途에 따라 고찰하면 連續定格이 아닌 反復定格에 가까우므로 轉의 상 負荷時間率(%ED)로 表示하며, 一般籠形電動機와 동일한 Frame No.를 적용할 경우 負荷時間率은 全閉形 25%ED, 全閉外扇形 60%ED, 防滴保護形 60%ED로 할 경우에 電動機 使用上에 무리가 없이 使用 可能하다는 것이 試作品의 結果로 확인되었다. 따라서 一般籠形電動機와 동일規格에 동일 Frame No.를 적용하고 一般籠形電動機는 連續定格이나 이 Cycle Starting Motor의 全負荷時間率은 全閉形 25%ED, 全閉外扇形 60%ED, 防滴保護形 60%ED로 할 수 있다.

6. 結 論

여기에 說明한 Cycle Starting Motor는 過去 2次 卷線으로서 回轉子 Slot內에 黃銅棒을 插入하고 短絡

環은 銅을 使用했다. 이것 때문에 알미늄 Diecasting 回轉子の 一般籠形電動機에 비하여 量産에 적합하지 않았다. 또 가혹한 運轉에 信賴性이 充分하지 못했다. 그리고 設計의 標準化하는데도 이 黃銅棒은 材質上 作業性에 따라 特性變化가 심하여 問題點을 가지고 있으므로 起動이 빈번한 用途에 使用하는 Cycle Starting Motor로서 사용하고자 할 때는 黃銅棒을 使用한 回轉子로 구성된 것보다, 알미늄 合金 Diecasting를 使用한 回轉子로 구성된 電動機를 使用해야만 信賴도가 높을 것이다.

參考文獻

- 1) 한국공업규격 KS C 4202 저압 3상유도전동기(일반용)
- 2) 한국공업규격 KS D 6006 알루미늄 합금다이캐스팅
- 3) 日本工業規格 JIS H 9132 Aluminum 合金 Diecast 作業標準
- 4) NEMA (National Electrical Manufacturers Association Standard) Motor & Generator MG 1~4, 11, c.
- 5) NEMA MG 1~5, 04, b.
- 6) VDE(Verband Deutscher Elektrotechniker) 0530/7.55 § 18 Relative Einschaltdauer
- 7) Taylor Lyman et al., Properties and Selection, Metals Handbook Vol. 1, American Society for Metals 1969, pp. 935~958 Properties of Aluminum and Aluminum Alloys

生活 속 에 科學 심 어 祖國 繁榮 이 록 하자

勤 儉 節 約

節 節 電