

# 電動機 運轉의 効率化

— 誘導電動機를 中心으로 —

Useful Operation of Motor



李 常 烈

暁星重工業株式會社 電動機部長

## 1. 序 論

近來의 모든 機械나 器具는 점차 小形化 되면서 그 性能은 充分히 발휘할 수 있도록 設計에서 부터 Tight 하고 Compact한 形態로 製作되는 傾向으로 흐르고 있다.

특히 電氣機械는 이러한 傾向이 뚜렷하게 나타나고 있다. 電氣絶緣物의 急速한 發達로 電動機도 小形, 輕量化로 되고 있어 需用家의 立場에서는 보다 긴 수명으로 사용하고 圓滑한 運轉을 위해서 機械의 選定에서 부터 設置場所의 周圍條件, 負荷와의 關係, 始動條件 溫度上昇 등을 事前 熟知해야 한다 또한 運轉中에도 恒時 點檢과 維持保守를 함으로써 電動機의 壽命을 延長하고 效率的으로 使用할 수 있다. 本稿는 電動機의 效率的인 使用方法을 誘導電動機를 中心으로 하여 살펴보기로 한다.

## 2. 誘導電動機의 發達史

誘導電動機의 原理는 1820年 이태리의 D. F. Arago에 의한 Arago's Disc에서 비롯된 것으로서 1884年 Nicola Tesla와 Galileo Ferraris가 2相 交流에 의한 回轉磁界를 發明하여 1889年 電動機를 製作하였고 Westinghouse社는 이들로 부터 特許를 매입한 후 활발히 研究開發 하였다.

한편 A. E. G.의 M. D. Dobrowsky는 籠形 유도 전동기를 發明(서기 1891년) 하였으며 1894년에는 A. Heyland가 円線圖法을 發明하여 特性算出 까지 하게 되어 1900년에는 誘導電動機의 理論의 解析, 設計法等의 完成을 보았다.

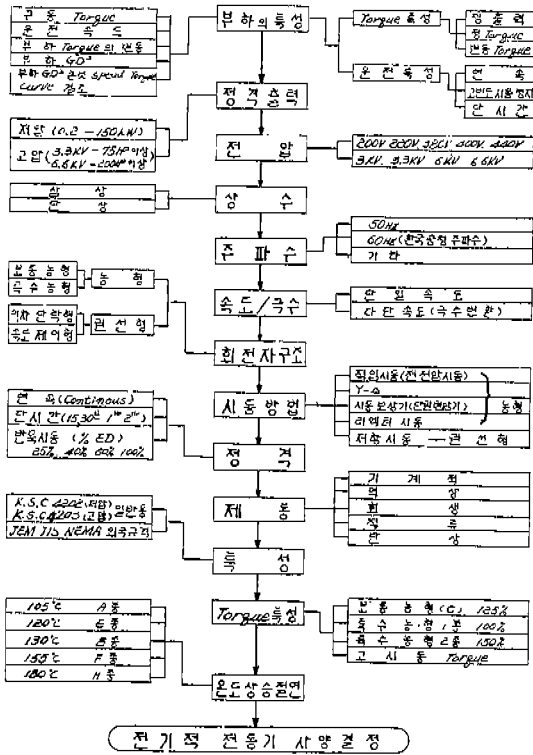
이 상태에서 1950年代까지는 綿, 油紙 일반 Varnish 등을 絶緣材로 하여 許容最高 溫度가 105℃인 A種 絶緣電動機를 生産하여 왔으나 1950年代 末부터는 좋은 絶緣物의 開發과 化學工業의 急速한 發達로 耐熱性, 耐濕性, 耐絶緣性이 좋은 絶緣物이 開發되어 E種, B種, F種, H種의 電動機가 製作되게 되었다.

또 近間에는 省Energy化, 高效率化의 次元에서 一般汎用 보다 5~7% 程度의 效率이 높은 高效率 Motor를 生産 販賣하고 있다.

## 3. 電動機의 選定

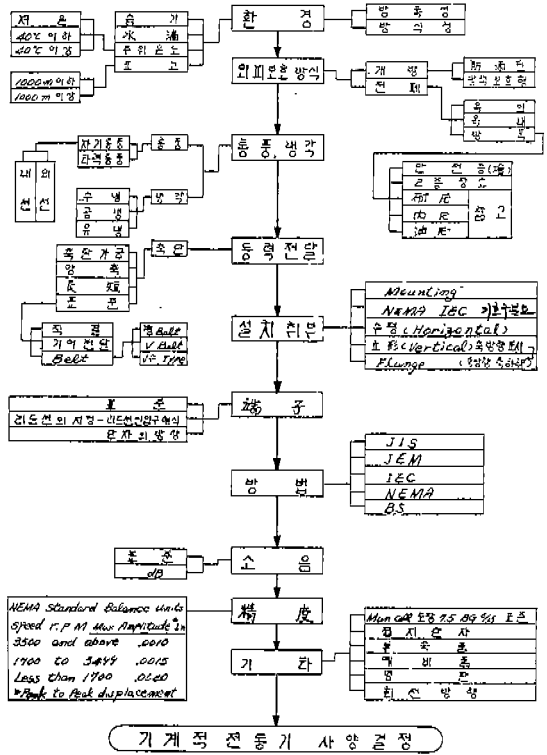
電動機를 效率的으로 使用하기 爲해서는 購入時

〈表1 - 1〉 유도전동기 선정시의 전기적 Check Point



전기적 전동기 사양결정

〈表1 - 2〉 유도전동기 선정시의 기계적 Check Point



기계적 전동기 사양결정

부터 모든 條件이 맞는 製品으로 選定하여야 하며 使用條件과 電動機의 示方이 다른 경우는 만족할만한 運轉이 될 수 없으므로 다음 표1의 條件이 符合되는 電動機를 購入하여야 한다.

4. 電動機 設置場所와 周圍條件

一般的으로 電動機는 周圍條件에 영향을 받지 않는 곳으로서 해발 1000m 以下 周圍溫度 40℃ 以下의 通風이 잘 되는 곳에 設置해야 한다. 屋內에 設置할 때에는 通風에 妨害가 없고 酸化物이나 有害性, 폭발성 Gas 등이 없는 場所를 擇하여 設置토록 하며 外被形式에 따라 다음과 같은 點을 감안하여 區分 設置해야 한다.

(1) 全閉外扇型

化學的 物質이나 분진 등이 많은 場所에서 使用되는 型式으로서 内部에서 發生되는 熱을 Frame을 通하여 外部로 發散되도록 外部의 Fan이 空氣를 불어내어 주기 때문에 外被에 먼지나 오물 등이 축적되어 冷却을 妨害하지 않도록 淸결한 狀態를 維

持해야 한다.

(2) 防爆型

内部卷線の 短絡, 燒損 및 其他 事故에도 防爆性을 保障해야 하므로 電動機의 選定時 부터 爆發等級, 發火度等を 고려하여 機器를 選定하고 設置場所를 區分해야 한다.

◎第1種 場所: 爆發性 Gas 및 가연성 液体가 자주 또는 恒常 存在하는 場所

◎第2種 場所: 爆發性 Gas 및 가연성 液体가 있는 容器 또는 設備가 事故로 因해 破損될 경우 또는 조작의 잘못으로 Gas나 液体가 새어나와 위험한 농도가 될 우려가 있는 場所

(3) 半閉型

이 型式의 電動機는 外被에 罫린 通風口를 通하여 外部의 空氣가 内部로 계속 吸入되어 순환되고 배출됨으로써 Coil과 鐵心을 冷却시키게 됨으로 周圍條件이 깨끗하고 먼지, 습기 등이 없는 곳에 設置한다.

〈表-2〉 爆發性 Gas 의 分類와 防爆構造의 適用

| 폭발 등급<br>새의 연면<br>거리 25mm에<br>있어서 화염이 파급<br>될수 있는 틈새의 값 | 발화도   | G 1   | G 2                | G 3                                    | G 4                | G 5   |
|---|---|---|--------------------|--|--------------------|-------|
|   | 외피표면은<br>도상승한도  | 320 ℃   | 200 ℃              | 120 ℃                                  | 70℃                | 40℃   |
| 발화점 ℃   | 450℃ 초과   | 초과~이하<br>300℃~450℃  | 초과~이하<br>200℃~300℃ | 초과~이하<br>135℃~200℃                     | 초과~이하<br>100℃~135℃ |       |
| 1급<br>0.6 mm 초과   | Acetone<br>Ammonia<br>Ethane<br>Toluene<br>Propane<br>Benzene<br>Methanol<br>Methane<br>초산<br>(Acetic acid)<br>초산Ethyl<br>일산화탄소 | Ethanol<br>Isoamyl<br>acetate)<br>(초산Isoa-<br>myl)<br>1-Butanol<br>Butane<br>무수초산 | Gasoline<br>Hexane | Acetaide-<br>hyde<br>El<br>Ethyl-ether |                    |       |
| 2급<br>초과~이하<br>0.4 mm~0.6 mm                            | 석탄 Gas  | Ethylene<br>Ethylene<br>oxide   |                    |  |                    |       |
| 3급<br>0.4 mm 이하   | 수성 Gas<br>수소  | Acetylene   |                    |  |                    | 이황화탄소 |

### 5. 負荷와 電動機 特性

電動機의 動作特性을 定義하는에는 馬力 回轉力 速度 起動(또는 침두) 電流 및 溫度 上昇의 主要한 基準이 있다.

이들中 처음 3가지는 負荷機械를 選擇함에 필수적인 것으로서 負荷機械를 驅動시키기 위해서 速度-回轉力 曲線을 그림 1에 說明한다.

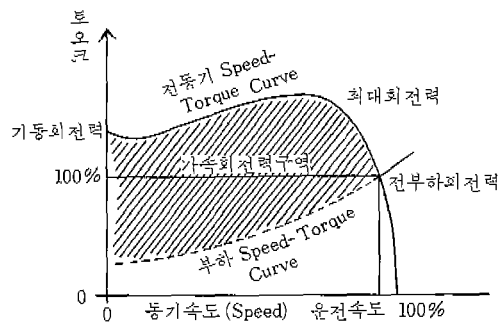
위 그림에서 加速回轉力(Accelerating Torque)이란 負荷에 必要한 回轉力보다 電動機가 내는 正의 回轉力(빛금부분)으로서 容量, Torque 및 起動時間의 過不足을 알 수 있다.

起動回轉力(Locked Rotor Torque)은 起動하는 순간의 回轉力으로서 負荷의 Curve 點보다는 커야 하며 最大回轉力(Breakdown Torque, Pullout Torque)의 點까지는 잠시間이라면 過負荷로도 運轉할 수 있는 것이다.

電動機의 Speed-Torque 特性은 NEMA 標準(NEMA MG 1-12)에 規程되어 있고 負荷와 맞는 電動機를 選定하는 NEMA 設計 Type의 特性과 代表的인 負荷의 使用例는 다음표 3과 같다.

#### 起動方式의 採擇

電力回路에 電動機가 直接 連結되어 直入起動



〈그림-1〉 電動機의 速度-回轉力曲線

〈表-3〉 NEMA設計 Type과 그 特性 및 應用例

| NEMA 設計 Type | 起動回轉力 | 起動電流 | 最大回轉力 | 全負荷 Slip | 代表的應用例               |
|--------------|-------|------|-------|----------|----------------------|
| A            | 正 常   | 正 常  | 높 다   | 낮 다      | 공작기계 펌프, 선풍기         |
| B            | 正 常   | 낮 다  | 높 다   | 낮 다      | 공작기계 펌프, 선풍기         |
| C            | 높 다   | 낮 다  | 正 常   | 낮 다      | 로터프레샤 콘베어            |
| D            | 매우높다  | 낮 다  | -     | 높 다      | 분쇄기, 크랏샤 Mill, 펀치프레스 |
| F            | 낮 다   | 매우낮다 | 매우낮다  | 높 다      | 대형선풍기                |

(Across-the-line)이 되는 경우에 回轉力을 起動回轉力이라 하고 이때는 正常運轉 電流의 5~8倍의 衝擊電流가 흘러서 配電系統이나 電動機自体에 影響을 끼칠 수 있기 때문에 電壓을 下降시켜 衝擊電流를 작게 하는 起動器가 必要하다.

各 起動器에 對한 起動電流와 回轉力은 入力電壓의 變化에 따라 다음 표 4와 같이 變한다.

## 6. 溫度上昇과 絶緣階級

一般的으로 電動機의 回轉力은 起動回轉力이 150 C 以上, 停動(Breakdown, Pullout) 回轉力이 200 % 以上이므로 容量의 過少基準은 回轉力보다는 運轉時의 溫度上昇이 最高許容 溫度內的 運轉 如否에 따른다고 하겠다.

모든 電動機의 絶緣物은 熱에 影響을 받아서 劣化되고 노쇠되며 마침내는 絶緣性을 잃고 파괴되어 결국 關連된 電氣의 部分은 短絡되고 電動機는 燒損하게 된다.

電動機 卷線의 溫度가 定格 以下에서 運轉되면 壽命은 正常 以上으로 增加하나 溫度가 許用 溫度보다 높아 10% 上昇하면 絶緣壽命은 半減되며 20

〈表-4〉 各起動器에 對한 電流, 回轉力의 變化

| 起動器     | 電 壓 | 電 流 | 回轉力 |
|---------|-----|-----|-----|
| 直入起動    | 100 | 100 | 100 |
| 抵抗起動    | 80  | 80  | 64  |
| Reactor | 80  | 80  | 64  |
| 單卷變壓器   | 80  | 64  | 64  |
| Y-△ SW  | 100 | 33  | 33  |

℃ 높으면 壽命은 1/4로 감소된다는 事實을 注目할만 하다.

近來에는 좋은 絶緣物의 發達로 電動機의 使用日의이나 周圍條件에 따라서 E種, B種, F種 또는 H種까지의 各級 電動機가 製作되며 이의 各絶緣別 最高許用溫度 限界는 다음 표 5와 같다.

따라서 實際使用時의 電動機 溫度는 最高 許用溫度를 넘지 않는 範圍內에서 使用되어야 하며 特別 周圍溫도와 關聯하여 絶緣의 選擇과 負荷容量 調節에 有意하여 使用해야 한다.

電動機는 加速이나 制動 반복起動時에 發生하는 熱이 全負荷 運轉時보다 훨씬 많기 때문에 捲線絶緣과 回轉子 壽命에 크게 影響을 미친다.

負荷時 低電壓起動, 慣性에 큰 負荷 등에서 起動時間이 길어지는 것과 Hoist, Winch, Elevator 等의 빈번한 起動에는 電動機의 溫度上昇에 各별히 留意해야 한다.

## 7. 點檢 및 保守管理

### (가) 電動機의 引受, 取扱, 保管

電動機를 引受 即時 注文示方과 同一한지 如否와

〈表-5〉 各絶緣階級別 最高許用溫度(단위:℃)

| 絶緣階級    | A   | E   | B   | F   | H   |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 周圍溫度    | 40  | 40  | 40  | 40  | 40  |
| 抵抗法溫度上昇 | 60  | 75  | 80  | 105 | 125 |
| 高溫點許用限界 | 5   | 5   | 10  | 10  | 15  |
| 最高許用溫度  | 105 | 120 | 130 | 155 | 180 |

運送途中의 損傷如否等 異常 有無를 確認하고 運搬이나 引揚時 運搬기구를 利用하여 取扱해야 한다.

保管時에는 Cover 등을 씌우거나 清潔한 場所에서 捲線에 濕氣가 차지 않도록 留意하여 保管해야 한다.

(나) 設 置

電動機의 外被型式이 周圍條件에 맞는 型式의 것 인지를 再確認해야 하며 特히 防爆形 電動機 使用時에는 有害나 爆發性 Gas를 點檢하여야 한다.

또 動力의 傳達(驅動)方法은 直結, Belt, Gear, Chain 連結等이 있으나 어느 境遇이든 機械的 整列(Alignment)는 正確하여야 하며 계속적인 使用으로 振動, 마모 Base의 移動, 熱팽창, 부식 등으로 Alignment 가 나빠질 수 있으므로 定期的으로 異常有無를 點檢해야 한다.

※ 參考로 直接驅動의 Coupling 連結時 直角度, 平行度의 限界値는

2500 rpm 以下時 TIR 0.05 mm 以內  
2000 rpm 以上時 TIR 0.025mm 以內이다.

(다) 運轉準備

電動機에 電源을 投入하기 前에 Check하여야 할 事項은 다음과 같다.

- (1) 絶緣抵抗
- (2) 電源電壓 및 周波數
- (3) 結線方式
- (4) 保護裝置
- (5) 起動裝置의 異常有無
- (6) Grease 또는 Oil의 注油狀態
- (7) 各部의 Bolt, Nut의 弛緩如否

(라) 維持管理

電動機를 계속 良好한 狀態로 運轉을 維持하기 위해서는 每日 또는 定期的 計劃에 따라 다음 事項을 重點的으로 點檢措置 해야 한다.

〈表- 6〉 日常點檢基準 및 定期點檢基準의 例

| №            | 點檢部位   | №    | 點檢項目     | 周期         | 運 休 | 點檢方法     | 點檢器具      | (不良) 判定基準           | 措 置                      |          |
|--------------|--------|------|----------|------------|-----|----------|-----------|---------------------|--------------------------|----------|
| 1            | 푸레임    | 1    | 外觀       |            | ○   | 본다(見)    |           | 汚染이 심하다. 破損되어 있다    | 청소, 休止點檢수속을 한다           |          |
|              |        | 부라켓트 | 2        | 溫度         |     | ○        | 觸手 또는 溫度計 | 棒狀溫度計               | 60℃ 以上                   | 休止點檢     |
|              |        |      | 3        | 振動         |     | ○        | 觸手        | 甚하다 (25/1,000mm 以上) | "                        |          |
|              |        |      | 4        | 騒音         |     | ○        | 듣는다(聽)    | 異常 소음이 있다           | "                        |          |
| 2            | 回轉子    | 1    | 엔드 플레이   |            | ○   | 본다(見)    |           | 過大하다                | "                        |          |
|              |        |      | 2        | 바이드線       |     | ○        | 본다(見)     |                     | 斷線의  위험이 있다              | "        |
|              |        |      | 3        | 通風音        |     | ○        | 듣는다(聽)    |                     | 異常音이 있다                  | "        |
| 3            | 카프링    | 1    | 取付狀態     |            | ○   | 본다(見)    |           | 振動 偏心이 甚하다          | "                        |          |
| 4            | 固定子    | 1    | 코일過熱     |            | ○   | "        |           | 絶緣物의 劣化, 變色         | "                        |          |
| 5            | 軸受     | 1    | 케이스溫度    |            | ○   | 觸手計測     | 溫度計       | 80℃ 以上              | "                        |          |
|              |        |      | 2        | 騒音         |     | ○        | 듣는다       |                     | 異常音이 있다                  | "        |
|              |        |      | 3        | 油面         |     | ○        | 본다        |                     | 케이지의 適量位置가 아니다<br>기름이 새다 | 給油 또는 排油 |
|              |        |      | 4        | 호일링의 回轉    |     | ○        | "         |                     | 回轉不良                     | 休止點檢     |
| 6            | 리드端子   | 1    | 카머의 異常   |            | ○   | 본다 觸手    |           | 카머가 뜨겁다. 손상되어 있다    | "                        |          |
|              |        |      | 2        | 테핑狀態       |     | ○        |           |                     | 벗겨져 있다                   | "        |
| 工 場          | 設備基本   |      |          | 設備名        |     | 機器名      |           |                     |                          |          |
| 設備分類<br>카드 № | 日常點檢基準 |      | 制定<br>改正 | 作成者<br>改正者 |     | 基準書<br>№ |           |                     |                          |          |

### (1) 清潔狀態

먼지, 기름, 오물들은 冷却效果 및 通風에 지장을 초래하므로 各部分은 恒時 清掃하도록 진공청소기, 압축공기, 걸레 등으로 깨끗이 청소한다.

### (2) 濕氣

濕氣는 絶緣에 致命的으로 長期間 運休時는 Heater 또는 無負荷 運轉으로 濕氣를 除去토록 한다.

### (3) Bearing 管理

Bearing의 騒音이나 過熱에 留意하며 適當한 注油, Belt의 張力振動, Alignment 등과 電動機 軸方向의 流動(End Play)를 Check 하여야 한다.

※ Coupling이나 Pulley 장착시 Bearing에 영향이 가지 않도록 장착해야 한다.

### (4) 振 動

지나친 騒音과 振動은 原因을 찾아서 除去해야 한다. 振動의 原因은 基礎 Bolt 또는 기반의 취약負荷와의 連結不良, Belt의 張力不良, Bearing과 回轉子의 결함, 電氣的 不均衡 및 Alignment의 異常等に 기인한다.

### (5) 絶緣保護

絶緣된 捲線의 먼지 기름 기타 오물은 진공청소기나 압축공기로 完全히 除去한다. 기름이나 Grease는 絶緣을 劣化시키고 먼지를 쌓이게 하는데 이것

은 헝겊이나 깨끗한 더운물로 청소하는 것이 좋다.

※ Solvent나 Thinner로 세척하면 捲線의 Varnish를 녹여 오히려 絶緣과괴를 초래할 수도 있으므로 이것은 피하는 것이 좋다.

그 다음에 固定子는 絶緣級에 따른 適正 溫度에 乾燥하고 Varnish 舍浸한 後 다시 乾燥하면 充分한 絶緣保強이 되어 電動機의 壽命을 延長할 수 있다.

## 8. 結 論

어느 機械에서나 마찬가지로 電動機도 選定에서부터 設置와 周圍條件, 電壓 負荷特性等이 電動機의 示方과 一致하며 無理없는 適正負荷로 運轉하여야 한다.

效果的인 運轉을 위해서는 運轉日誌를 備置하고 每日 每日 電壓, 電流值, 振動 騒音等을 Check 記錄하며 日常點檢, 定期點檢을 必히 施行하며 異常時 事前에 發見 措置할 수 있도록 함으로써 效率的인 運轉을 保障하고 壽命도 延長할 수 있는 것이다.

電動機의 電壓은 定格보다 약간(3~5%) 上廻하는 것이 바람직하며 75~80%의 負荷에서 가장 좋은 效率을 나타내고 있다.

끝으로 表6의 日常 및 定期點檢 基準例를 參考하여 電動機의 円滑하고 效率的인 運轉에 도움이 되었으면 한다.

### <51p에서 계속>

위는 余裕를 가져야 하는 것이다. 또 假飾劇의 相對役이라 할지라도 台詞性이 없는 서로 마음을 許諾하는 때도 있어야 한다.

오늘날 時代에 靑少年들은 過剩假飾 生活을 하고 있다. 그들은 어느 哲學家가 말하듯 “人間 모두가 遊戲”라는 眞理를 그대로 받아들이고 華麗한 現代生活에 順應하며 行動을 하고 있다. 그러나 이들의 假飾은 既成人이 가지는 假飾이 아니라 率直性 있는 즉 眞實性 있는 생각을 갖고 있는 것이다.

오늘날 政府에서는 우리 國民들의 意識改革運動을 통해 참다운 眞實性을 찾고자 하고 있다. 그러나 우리의 意識構造는 하루아침에 쉽게 改革되지는 않을 것이다. 그것은 時代의 變遷에서 얻어진 假飾을 必要惡으로 받아들여야 하는 現代生活의 複

雜性和 함께 지난날의 歷史와 더불어 자라난 事大主義 思想이 現代生活에 華麗하게 適應하려는 錯覺된 生活倫理觀속에 살고 있기 때문이다. 따라서 一獲千金이요, 奢侈요, 華麗한 生活만이 人生의 全部인양 錯覺하고 있는 것이다.

이러한 錯覺된 意識을 改革하는데 있어서는 政府의 9大實踐要綱도 要綱이려니와 우리는 지난 白衣時代의 勤勉性和 儉素한 生活에 바탕을 둔 새로운 價値觀에 하루速히 定着해야 할 것으로 본다.

그리고 이러한 勤勉性和 儉素한 生活은 庶民이 아닌 富裕層이요, 特權層이요, 指導層이 먼저 實踐해 나가야 할 것이다. 甚하게 表現한다면 意識改革運動의 必要性도 바로 이러한 層에서 부터 생겨난 것이라고도 말하고 싶다.