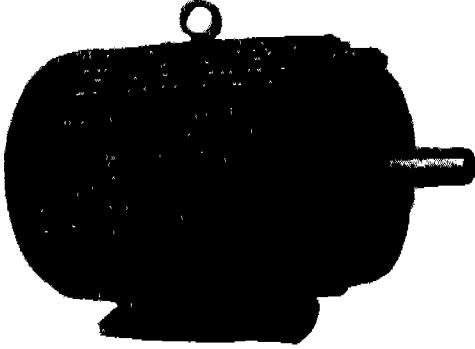


# 電動力設備의 에너지 節減技術



## 節減方法의 檢討

# 節電形電動機 의 採用

電動機는 家庭用 電氣機器로부터 基幹産業인 鐵鋼을 위시하여 自動車, 化學, 製紙 등의 一般産業, 그리고 또 上下水道設備 등 모든 用途의 動力源으로서 널리 使用되고 있으며, 앞으로도 계속 그 適用範圍가 확대될 것으로 생각된다.

한편 先進諸國에 比하여 1次 에너지의 海外依存度가 매우 높은 우리나라는 石油波動以後 石油輸入量의 抑制, 石油價格의 上昇 등으로 에너지 資源의 重要性이 널리 認識되게 되었다.

電氣는 水力, 石油, 石炭, 原子力 등의 에너지 資源(1次 에너지)에 의하여 만들어지는 2次 에너지로서 總 에너지 需要의 많은 부분을 차지하고 있다. 특히 우리나라의 經濟發展을 지탱하여 온 電動力應用設備에 使用되는 電動機는 産業部門에서의 電力消費의 約 60%를 차지한다고 하며 그 電氣使用合理化는 장래의 電力料金の 引上 및 供給量의 不安定 등을 감안할 때 企業經營의 重點施策이 되고 있다. 여기서 電動力應用設備의 計劃, 設計에 있어서 電力節減을 위한 節電形電動機의 適用에 대해서 解説, 앞으로 電力節減에 挑戰하려는 諸者들의 參考가 되도록 하고자 한다.

## 1. 電力節約의 要點

電動力應用設備에 있어서의 電力節減의 具體的인 着眼點으로서는 다음과 같은 項目을 들 수 있다.

- ① 高效率器機 導入에 의한 電力消費量의 削減
- ② 制御方式의 再檢討에 의한 高效率 運轉
- ③ 力率改善에 의한 電力料金の 節減
- ④ 驅動容量 再檢討에 의한 最適運轉
- ⑤ 空轉防止에 의한 不必要한 電力費의 削減
- ⑥ 動力傳達方式 改善에 의한 運轉效率 向上

이것들을 綜合적으로 分析 檢討하여 實施方法을 決定하게 되는데, ③~⑥項은 各需用家에서 充分히 檢討, 實施가 끝난 곳도 많으리라 생각된다.

①은 電動機의 경우 標準電動機에 대해서 보다 效率를 높인 節電形電動機가 該當된다. ②는 電動機의 可變速運轉으로 1次周波數制御, 1次電壓制御 등이 있다.

## 2. 誘導電動機에 發生하는 損失

電動機는 그림 1에 표시하는 것과 같이 各部에서 電源으로부터 供給된 電氣 에너지의 一部가 熱 에너지로서 電動機 内部에서 消費된다. 이 電動機 出力軸에서 動力으로 使用되지 않는 에너지를 損失(Loss)이라 하며, 損失이 크면 電動機의 溫度上昇이 커져 絶緣壽命이 짧아질뿐만 아니라 不必要한 電力消費가 增加한다. 이 入力와 出力의 比를 電動機의 效率이라 하며

$$\text{效率} = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} \times 100 = \frac{\text{出力}}{\text{出力} + \text{損失}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

로 표시된다. 이것은 電動機가 電氣 에너지를 機械 에너지로 變換하는 有效性을 표시하고 있다.

效率을 向上시켜 電力節減을 도모하려면 (1)式에서의 損失을 될 수 있는 한 줄여 주면 되는 것은 明白하다. 電動機 内部에 發生하는 損失에는 어떠한 것이 있는가를 分類하여 記述하기로 한다.

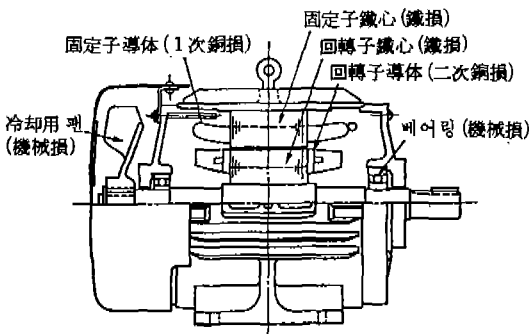
### 가. 損失의 種類

#### (1) 固定損

鐵損·機械損으로, 負荷의 大小에는 관계없이 一定하다고 볼 수 있는 損失로서 無負荷時(예를 들면 空轉時)에도 發生하는 것.

#### (2) 負荷損

負荷의 大小에 따라 變化하며 電動機 入力電流에 의해 電動機 導体内에 發生하는 損失로서, 1次抵抗損(1次銅損), 2次抵抗損(2次銅損)이 있다.



(그림 1) 誘導電動機에 發生하는 損失

### (3) 漂遊負荷損

負荷時에 導體(固定子捲線, 回轉子捲線)나 鐵心에 發生하는 損失로서, 負荷損에 包含되지 않는 것.

### 나. 損失의 構成

#### (1) 鐵損( $W_i$ )

電動機를 構成하는 固定子鐵心 및 回轉子鐵心 内部에 發生하는 損失, 즉 鐵損은 히스테리시스 損( $W_h$ )과 渦電流損( $W_e$ )으로 構成되며 다음 式으로 표시된다.

$$W_i = W_h + W_e = k_1 f B^{1.6} + k_2 (t f B)^2 [W/kg] \quad (2)$$

여기서  $f$ : 電源周波數 [Hz]

$B$ : 磁束密度 [테슬라]

$t$ : 鐵心材料의 板 두께 [mm]

$k_1, k_2$ : 定數

위 式에서 알 수 있듯이 鐵損은 磁束密度의 2 乘에 比例하는 히스테리시스 損과 1.6 乘에 比例하는 渦電流損이 生기고 또 히스테리시스 損은 周波數에 비례하고 渦電流損은 周波數와 鐵心材料의 板 두께의 2 乘에 比例한다.

#### (2) 機械損( $W_f$ )

베어링의 마찰손, 冷却 팬·回轉子 등의 回轉에 수반하는 風損 등의 損이다. 一般적으로 마찰손은 回轉速度에 比例하고 風損은 回轉速度의 3 乘과 回轉體의 代表치수(예를 들면 回轉體의 外徑 치수등)와의 冪에 比例한다.

#### (3) 銅損( $W_{cu}$ )

誘導電動機의 固定子捲線에는 一般적으로 導體로서 銅이 사용되고 回轉子導體에는 籠形回轉子의 경우에는 알루미늄, 捲線形回轉子의 경우에는 銅이 사용된다.

抵抗이 있는 導體에 電流가 흐르면  $I^2 R$ 에 相當한 抵抗損이 生진다. 銅損은 1次銅損( $W_{cu1}$ )과 2次銅損( $W_{cu2}$ )의 冪으로서 (3)式으로 표시된다.

$$W_{cu} = W_{cu1} + W_{cu2} = m_1 I_1^2 r_1 + m_2 I_2^2 r_2 \quad (W) \quad (3)$$

여기서  $I_1, I_2$  : 1次, 2次電流[A]  
 $m_1, m_2$  : 1次, 2次的相數  
 $r_1, r_2$  : 1次, 2次抵抗[Ω]

#### (4) 漂遊負荷損 ( $W_{st}$ )

漂遊負荷損은 以上에서 記述한 各損失에 包含되지 않은 것으로, 捲線에 負荷電流가 흐름으로써 생기는 漏洩磁束이 捲線自體의 導體內나 捲線에 近接한 鐵心 기타 金屬構造部를 通하기 때문에 發生하는 渦電流損이다. 또 各種의 高調波 磁束에 의한 銅損 및 鐵損, 回轉子導體間의 橫流損도 包含된다.

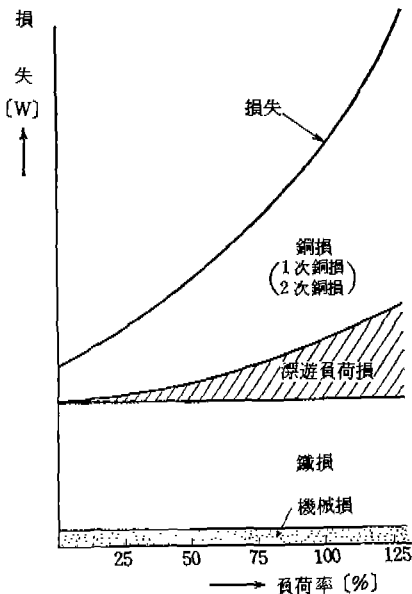
漂遊負荷損의 規約値는 一般적으로 다음 式이 適當하다고 하고 있다.

$$W_{st} = 0.005 \frac{P^2}{P_R} \quad (W) \quad (4)$$

여기서  $P$  : 出力[W],

$P_R$  : 定格出力[W]

以上이 誘導電動機의 損失이다. 그림 2에 小容量의 籠形三相誘導電動機의 損失構成 一例를



〈그림 2〉 誘導電動機의 損失構成

표시한다.

### 3. 效率의 改善施策

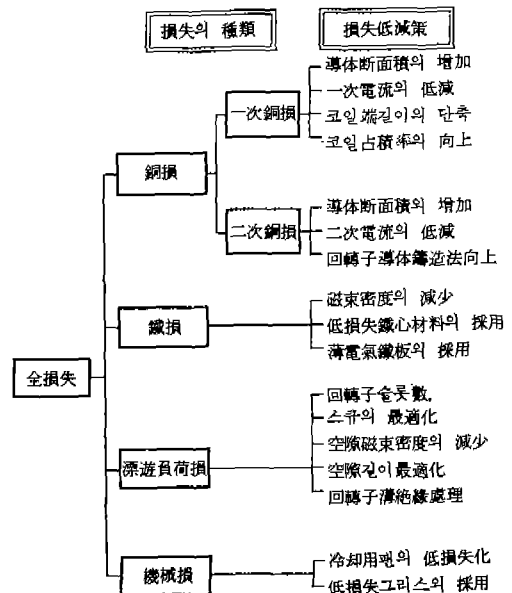
電動機에 發生하는 損失을 減少하고 效率를 改善하려면 앞서 記述한 損失構成에 包含되는 諸元, 예를 들면 捲線抵抗, 入力電流, 磁束密度 등을 될 수 있는 한 적게, 또는 낮게 하는 것이 포인트가 된다.

그러나 한편 一定한 電動機 파워나 運轉 特性을 유지하는 것도 물론 必要하다. 따라서 極端的으로 入力電流나 磁束密度를 적게할 수는 없다.

一般的인 效率向上, 즉 損失低減施策에 대하여 그 重要的 것을 各損失마다에 표시하면 표 1과 같이 된다.

節電形電動機는 이들 施策中 效率向上의 效果가 크고 製品의 價格을 억제하고 또 量產可能한 方法을 채택하여 製品化를 도모하고 있다. 즉, 從前의 標準電動機에 대하여 鐵心稜厚를 增加하고 슬롯當의 導體數를 減少하여 導體斷面積을 增加시킴과 함께 코일 挿入技術의 向上(예를 들면

〈표 1〉 損失低減施策



機械挿入등)에 의하여 슬롯에 있어서의 導體占積率의 增大, 코일端을 短縮하는 등으로 捲線抵抗을 감소, 銅損의 低減을 도모한다.

한편, 鐵損에 대해서는 鐵心積厚는 增加하나 磁束密度를 낮게 취함으로써 總체적으로는 減少한다. 다시 또 鐵心材料 自体를 高 그레이드 材料(低損失材料, 薄電氣 鐵板 등)을 채택함으로써 한층 鐵損이 줄어든다.

또 機械損에 대해서는 冷却 팬의 小形化(最大 外徑 寸수의 縮小)에 의하여 損失이 低減된다. 이는 效率의 向上에 따라 電動機捲線 溫度上昇이 보다 낮아지기 때문에 必要冷却風量이 적어 도 되고 이 結果 팬의 小形化가 可能해작다.

이들 各種 損失低減策에 의하여 節電形電動機의 各損失이 標準電動機와 比較하여 어느 정도 減少되었는가를 代表例에 의해 그림 3에 표시한다.

以上 各種 低減施策에 대하여 記述했는데, 이들 技術을 합해서 開發한 節電形三相誘導電動機는 標準電動機에 대하여 全損失에서 20~30% 低減이 되고 效率値에서 3~6%의 向上이 되고 있다. 그림 4에 도시바 골드모터의 定格負荷時의 效率値를 標準電動機와 比較해서 표시한다.

節電形電動機와 標準電動機와의 各負荷率에서 效率의 差를 그림 5에 표시한다. 그림 5와 같이 節電形電動機는 輕負荷率에서 定格負荷率

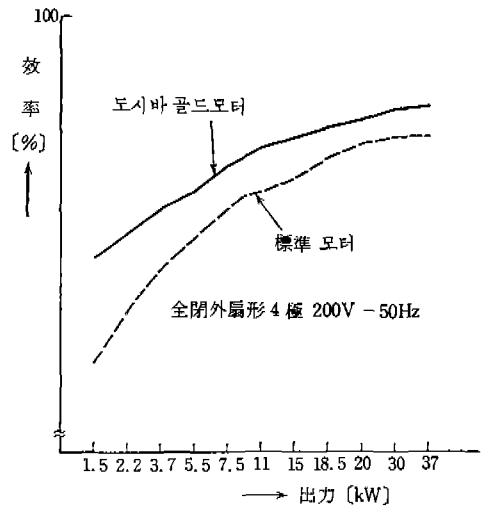
까지의 各負荷率 전부에 있어서 效率이 改善되고 있으며 輕負荷時의 運轉에서도 節電이 된다.

#### 4. 節電形電動機의 特徵

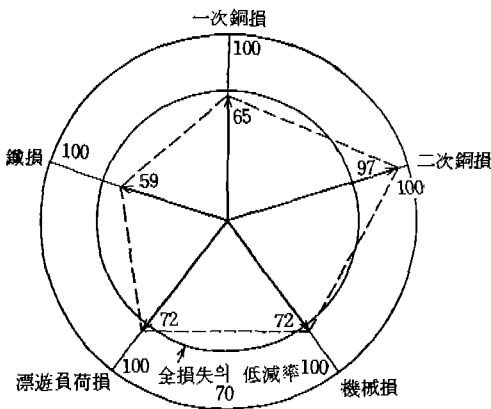
節電形電動機는 效率改善에 의한 電力節減 메리트뿐만 아니라 다음과 같은 우수한 特徵도 兼備한 하이그레이드한 電動機이다.

##### 가. 低騒音

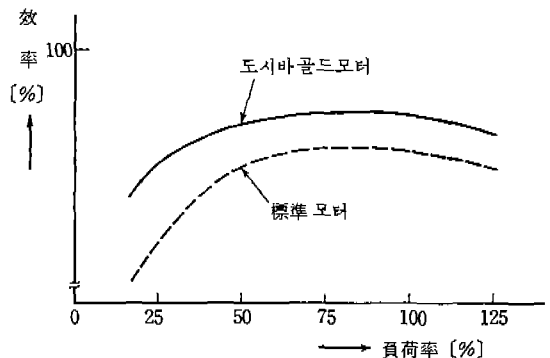
電動機冷却用 팬의 날개모양의 合理化, 팬 지름의 小形化, 팬과 팬커버와의 最適設計, 磁束



〈그림 4〉 節電形電動機의 效率値



〈그림 3〉 損失의 低減比率 [單位 %]



〈그림 5〉 負荷率 있어서의 效率

密度的低減, 슬롯 컴비네이션·스큐의最適化에 의해 通風騒音, 電磁騒音が減少되어 低騒音電動機로 되어 있다. 이 때문에 住宅, 오피스街, 病院 등 사람이 集中하는 장소에 適用하기가 용이해지고 同時에 設置場所에서의 作業環境의 改善도 可能해진다. 標準 모터에 비해서 騒音 레벨이 5~13폰 낮아졌다.

#### 나. 長壽命

捲線の壽命은 電動機의 溫度上昇 함수로 決定된다. 따라서 損失을 줄이고 溫度上昇을 낮게 억제함으로써 電動機 自体의 運轉耐用 期間이 길어지고 信賴性도 높아짐으로써 資源節約이 많아지게 된다.

#### 다. 標準電動機와 等일 치수

설치 치수는 標準電動機와 同一한 틀에 適用되고 從前의 電動機와의 互換性이 있다. 이 때문에 新設時, 既設品과 交替할 때도 그대로 간단히 適用된다.

#### 라. 特性은 同等

效率以外的 特性, 예를 들면 力率·最大出力 등은 從來의 標準電動機와 거의 같으며 설치 치수와 같이 特性에서도 互換性이 있다. 또 定格·示方도 標準電動機와 같다.

### 5. 에너지 使用合理化效果의 檢討

#### 가. 電力料金과 電動機의 節電

一般的인 工場이나 플랜트에서 電力會社에서 供給을 받고 있는 電氣는 産業用, 業務用이라는 電力이다. 이런 需用家의 경우 電力會社에 支拂하는 電氣料金은 基本料金과 使用量電力料金으로 성립되어 있다.

각각의 料金은 業務用, 低壓, 高壓, 特別高壓의 各電力에 따라 若干 差異가 있으나 一般的으로 電氣供給規程 第44條에 따라 力率에 따른 料

金의 減額 또는 追加가 있다.

#### [電氣供給規程 第44條]

力率에 따른 料金의 減額 또는 追加

① 高壓 또는 特別高壓으로 電氣를 供給받는 需用家의 力率이 90% 超過하는 경우에는 95%까지의 초과하는 每 1%에 대하여 基本料金의 1%씩 減額합니다.

② 需用家의 力率이 90%에 未達하는 경우에는 未達하는 每 1%에 대하여 基本料金의 1%씩을 追加합니다.

③ 第1項 및 第2項은 業務用電力, 産業用電力, 農事用電力 및 臨時電力需用家에게 適用합니다.

다만 契約電力 3kW 以下の 需用家에 대하여는 適用하지 아니합니다.

위 電氣供給規程에 의하여 基本料金은 力率을 높을수록 싸지는 것을 알 수 있다. 電力 負荷設備 全体의 力率은 三相誘導電動機의 力率에서 거의 決定되고 進相 콘덴서에 의하여 力率 改善이 이루어지고 있다. 電動機의 力率이 커질수록 그 콘덴서 容量이 적어지므로 이 點에서도 力率이 좋은 節電形電動機는 보다 經濟的이다.

電力料金은 使用電力에 比例하므로 配電損失을 別途로 하면 電氣料金を 輕減하는 데는 使用電力量을 적게 할 필요가 있다. 電動機에 있어서의 1臺當의 使用電力은 다음 式으로 求해진다.

$$\text{電動機 使用電力} = \frac{\text{出力}}{\text{效率}} \quad (5)$$

따라서 效率이 높을수록 使用電力은 적어지고 電力量料金이 輕減된다.

#### 나. 節電效果의 經濟的檢討

小形·輕量化를 도모하여 單位重量當의 出力增加와 製品價格 (Initial Cost)의 經濟性만이 重要視되어 온 標準電動機에 比하여 節電形電動機는 約 30% 程度 製品價格이 높아졌으나 效率의 大幅的인 改善으로 消費電力이 低減되기 때문에

運轉 코스트(Operating Cost)가 싸진다.

電力節減에 의한 에너지 使用合理化를 지향함과 동시에 또한 初期價格의 증가분에 대하여도償却年數를 충분히 配慮하고 있어 最終적으로 需用家에게 有利하도록 製作되고 있다. 따라서 그림 6에 표시하는 바와 같이 初期의 設備投資增加分을 短期間에 回收할 수 있고 그 後는 運轉時間이 길수록 節電效果가 커진다. 初期投資增加分の 回收率과 電氣料金 · 年間運轉時間과의 關係의 代表例(全閉外扇形 4極 5.5kW)를 그림 7(일본의 예)에 표시한다. 이것에 의해 運轉時

間이 길어질수록 回收年이 짧아지고 電氣料금이 높아지면 短縮되는 것을 理解할 수 있다.

(1) 節減電力量

節電形電動機에 의한 年間 節減電力量  $P_i$  [kWh/年]는 다음 式으로 計算된다.

$$P_i = P \times N \times \left( \frac{100}{E_b} - \frac{100}{E_a} \right) \text{ [kWh/年]} \quad (6)$$

여기서

$P$  : 負荷의 所要動力 [kW]

$N$  : 運轉時間 [h/年]

$E_a$  : 節電形電動機의 效率 [%]

$E_b$  : 標準電動機의 效率 [%]

(2) 節電料金

節電形電動機 使用에 의한 年間節電料金  $S$  [엔/年]는 다음 式으로 求해진다.

$$S = C \times P_i \text{ [엔/年]}$$

여기서  $C$  : 電氣料金單價 [엔/kWh]

(3) 購入價格 增加分の 償却期間

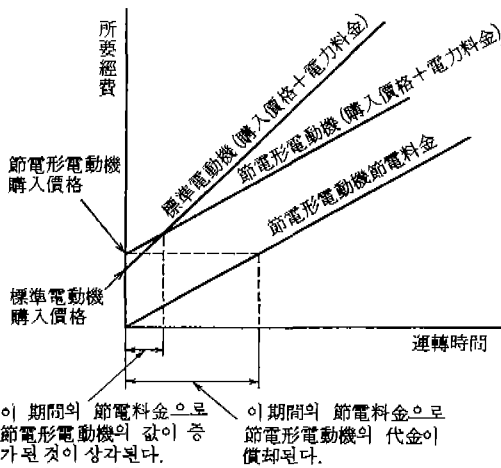
經濟性的 分岐點이 되는 節電形電動機의 標準形電動機에 대한 初期購入製品 價格增加分の 償却期間은 다음 式으로 求하여진다.

$$\frac{\left[ \begin{array}{l} \text{節電形電動機購入} \\ \text{價格增加分の 償却期間 [年]} \end{array} \right]}{\left[ \begin{array}{l} \text{節電形電動機} \\ \text{購入價格 [엔]} \end{array} \right]} - \frac{\left[ \begin{array}{l} \text{標準電動機} \\ \text{購入價格 [엔]} \end{array} \right]}{\text{年間節電料金 [엔/年]}} \quad (8)$$

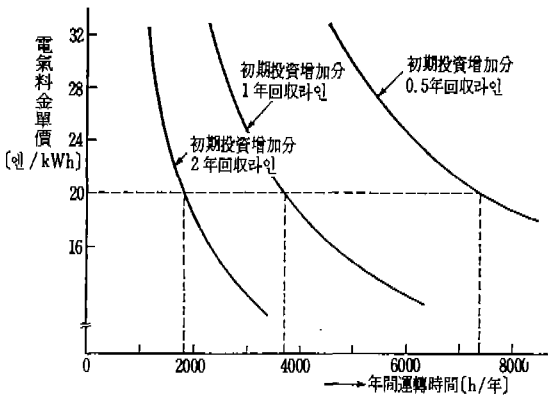
그림 7에 購入價格增加分の 償却期間(Pay Back)과 電氣料金, 運轉時間과의 關係를 표시하였는데, 一般적으로 節電形電動機의 標準電動機에 대한 購入價格增加分은 電氣料金單價 20엔/kWh, 稼動時間 4,000h/年(16h×20日/月로 하여 約 1年)이라 하면 1~2年이라는 短期間에 償却이 可能하다.

(4) 購入費用의 償却期間

節電形電動機의 購入費用은 標準電動機에 비



〈그림 6〉 節電效果



〈그림 7〉 初期投資增加額의 經濟性檢討

교할 때 約 30% 비싸지나 損失低減에 의한 電力消費量의 輕減에 의해 그 償却期間은 다음 式에 의하여 算出된다.

$$\frac{\text{節電形電動機購入費用의 償却期間[年]} \times [\text{節電形電動機購入價格[엔]}]}{[\text{年間節電料金[엔/年]}]} \quad (9)$$

電氣料金單價 20엔/kWh, 年間稼動時間 4,000 h/年이라 하면 節電形電動機의 購入費用 全額이 3~4年으로 償却된다.

#### 다. 節電料金の 計算例

三相誘導電動機 5.5kW인 節電形電動機의 節電效果는 다음과 같이 된다.

算定條件

$$\left\{ \begin{array}{l} P = 15\text{kW } 100\% \text{ 負荷} \\ N = 4,000 \text{ [h/年]} \\ E_A = 93.0 [\%] \\ E_B = 90.0 [\%] \\ C = 20 \text{ [엔/kWh]} \end{array} \right.$$

(6)式에 의하여 年間節電電力量  $P_t$ 는

$$P_t = 15 \times 4,000 \times \left( \frac{100}{90.0} - \frac{100}{93.0} \right)$$

$$\approx 2,150 \text{ [kWh/年]}$$

이 되며, 이 節電電力量은 標準家庭 1戶分の 年間消費電力量에 該當한다. 다음에 (5)式에 의하여 年間節電料金  $S$ 를 求한다.

$$S = 943 \times 20 \approx 43,000 \text{ [엔/年]}$$

#### 라. 節電形電動機의 節電效果例

日本 某自動車工場에서의 표 2에 표시하는 三相誘導電動機를 電力節減, 低騒音의 目的으로 모두 節電形電動機로 交替하였을 때의 節電效果의 經濟性을 試算한다. 年間稼動時間 4,000h/年, 電氣料金 20엔/kWh라고 가정한다.

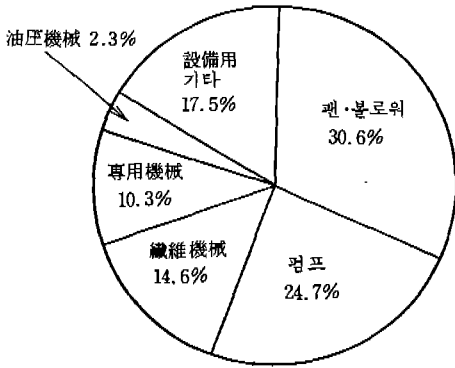
표 2에 표시하는 바와 같이 이 工場의 一部分의 三相誘導電動機를 節電形電動機로 交替함으로써 年間消費電力量이 522,400kWh 節約되고 또 年間 節電料金は 1,000萬엔이 된다. 그리하여 이 節電電力量은 約 260戶의 年間消費電力量 (1戶當 2,000kWh/年)에 相當, 電動機의 에너지 節約效果가 큰 것을 알 수 있다.

#### 마. 節電效果가 있는 用途例

節電形電動機는 從來 標準電動機를 使用하고

〈표 2〉 節電效果 比較表

機 種	台數	年間電力量[kWh]		年間電氣料金[엔]	
		標 準	節 電 形	標 準	節 電 形
4 P - 5.5kW	19	485,500	467,500	9,710,000	9,350,000
4 P - 7.5kW	36	1,214,800	1,186,800	24,296,000	23,736,000
4 P - 11 kW	38	1,870,200	1,600,000	37,404,000	32,000,000
4 P - 15 kW	47	3,126,400	3,042,000	62,528,000	60,840,000
4 P - 18.5kW	13	1,051,400	1,031,100	21,028,000	20,622,000
4 P - 22 kW	6	572,000	562,900	11,440,000	11,258,000
4 P - 30 kW	5	647,200	635,600	12,944,000	12,712,000
4 P - 37 kW	5	799,100	783,000	15,982,000	15,660,000
6 P - 15 kW	10	666,700	654,300	13,334,000	13,086,000
6 P - 18.5kW	16	1,302,500	1,265,000	26,050,000	25,300,000
6 P - 22 kW	12	1,149,100	1,134,300	22,982,000	22,686,000
合 計	207	12,884,900	12,362,500	257,698,000	247,250,000
節 電 效 果		522,400		10,448,000	



(그림 8) 節電形電動機 相手機械別 構成比

있던 電動力應用設備이면 어디나 使用된다. 그림 8의 節電形電動機 相對機械別 構成比에 표시하는 바와 같이 約 55%가 一定負荷로 長時間 連續運轉되는 팬·블로워·펌프 등의 風水力 機械用으로 使用되고 있다(일본의 예).

또 電力費의 製品 코스트에 占하는 比率이 큰 纖維機械에 14.6%가 適用되고 있으며 節電效果에 의하여 採算性의 改善을 도모하고 있다. 自動化, 人力節減化가 前進되고 있는 自動車關聯 産業에서의 專用機械에 10.3%, 油圧機械에 2.3%가 使用되어 에너지 節減과 함께 電氣料金 引上에 의한 製品 코스트 업의 壓縮에 공헌하고 있다. 또 컨베이어 등의 搬送用機械, 콤프레서, 工作機械 등과 같은 用途에도 節電形電動機의 使用이 증가되고 있다.

## 6. 節電形電動機 使用上の 포인트

### 가. 負荷條件

보다 效果的인 電力節減을 위해서는 使用條件, 負荷條件을 確實히 調査하여 가장 適合한 電動機를 선정하는 것이 基本條件이다.

一般的으로 電動力應用設備에 있어서의 電動機의 에너지 節減은 다음 2개項目으로 크게 분류된다.

#### ① 一定速度運轉으로 高效率機器의 導入에 의

한 電力使用量의 削減

② 可變速運轉으로 負荷의 運轉方式 再檢討에 의한 高效率運轉

節電形電動機는 一定速度이기 때문에 上記 ①의 경우에 해당한다. 이 電動機의 節電效果를 보다 有效하게 反映시키려면 다음에 표시하는 使用條件, 負荷條件에 該當시키는 것이 바람직하다.

#### (1) 適正負荷率이고 또 負荷變動이 적을 것

그림 5에 표시한 바와 같이 電動機의 效率는 負荷율이 75%에서 100%間에 最大가 되며 이 負荷率間에서 使用하는 것이 가장 電力節減에 효과적이다.

負荷率이 작을 때는 效率이 나빠질뿐 아니라 力率도 效率 以上の 比率로 나빠지므로 出力이 작은 最適容量의 電動機를 다시 選定, 100% 負荷率附近에서 運轉되도록 하여야 한다.

또 過負荷로 使用하여도 損失의 增大, 溫度上昇에 의한 絶緣壽命 低下, 騒音의 增大 등과 같은 나쁜 영향이 增加하므로 絶對로 피하여야 한다.

#### (2) 長時間의 連續運轉

팬·블로워·펌프 등과 같이 連續적으로 使用되는 일이 많은 風水力機器, 化學 플랜트, 鐵鋼 플랜트, 纖維工業 등 稼動率이 높고 長時期 連續적으로 使用하는 器機에 있어서 그 메리트가 크다.

#### (3) 에너지節減을 위한 間歇運轉

從前에는 作業을 안할 때도 電動機를 運轉시켜 두는 方法이 通例였으나 현재는 各工場에서 節電의 觀點에서 効果적인 作業을 하지 않는 非生産期間에는 電動機를 停止시켜 節電을 도모하고 있다.

이 경우 電動機 再起動時에는 큰 加速 에너지가 필요하기 때문에 電力節減이 되는 停止時間  $t_r$ (s)는 다음 式을 滿足하여야 한다.



$$t_R > \frac{\sqrt{3} \cdot I_{st} \cdot V \cdot t_{st} \cdot \cos \phi_{st}}{\sqrt{3} \cdot I_L \cdot V \cdot \cos \phi_L}$$

$$= \frac{I_{st} \cdot t_{st} \cdot \cos \phi_{st}}{I_L \cdot \cos \phi_L} [s]$$

여기서  $t_R$  : 間歇運轉時의 停止 時間[s]

$V$  : 電源電壓[V]

$I_{st}$  : 起動電流[A]

$I_L$  : 아이드링時電流[A]

$t_{st}$  : 起動時間[s]

$\cos \phi_{st}$  : 起動力率

$\cos \phi_L$  : 아이드링 力率

단, 起動·停止의 빈도가 너무 많으면 起動時의 損失이 많아질 뿐 아니라 電動機의 溫度上昇에의 영향이 많아지므로 빈도에 대해서 充分한 檢討가 필요하다.

負荷의 性質上 高頻度의 간헐운전이 필요할 때는 起動時의 發生損失이 적고 溫度上昇을 낮게 할 수 있는 하이토크·하이슬립 고빈도 電動機(2次高抵抗 籠形電動機)의 適用이 가장 좋다.

#### 나. 使用上의 注意

##### (1) 電 源

##### (가) 電壓變動과 周波數變動

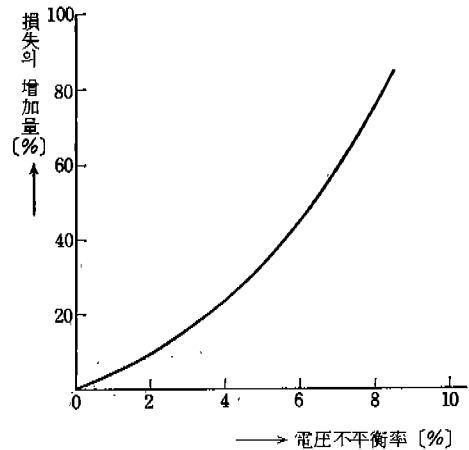
電壓變動과 周波數變動은 規格에서 實用上 지장이 있어서는 안되는 許容範圍로 다음과 같이 規定되어 있다.

- 電壓變動은 定格周波數下에서  $\pm 10\%$
- 周波數變動은 定格電壓下에서  $\pm 5\%$
- 雙方이 變動할 때 각각의 變動은 上記 範圍內에서 兩變化의 百分率 絕對值의 合이 10% 以內

여하간에 電壓과 周波數가 定格以外에서 運轉되었을 때 電動機의 效率과 力率에 영향이 있고 節電의 觀點에서 極力 피할 필요가 있을 뿐더러 이 以外의 特性도 變化하므로 될 수 있는 한 定格附近에서 使用하는 것이 바람직하다.

##### (나) 電壓不平衡

三相電源에서 끄집어내는 單相負荷는 電動機



〈그림 9〉 電壓不平衡과 損失

入力端子에서의 電壓不平衡을 될 수 있는 한 작게 하도록 充分히 注意하여 割當할 필요가 있다. 그림 9에 표시하는 바와 같이 약간의 電壓不平衡, 例를 들면 3.5%의 언밸런스는 約20%의 電動機損失을 초래한다. 그러므로 節電形電動機 선정의 意義를 잃지 않도록 配慮하여야 한다.

또 다이리스터 應用裝置나 아크爐가 있을 때는 高調波의 影響에 의하여 損失이 增加하므로 電動機端子에 그 영향이 미치지 않도록 對策을 강구하여야 한다.

##### (2) 保 守

誘導電動機가 一般的으로 保守點檢이 적어도 되는 것은 節電形電動機에 있어서도 同一하지만 節電效果를 平素부터 한층 더 크게 하려면 定期的인 保守點檢을 實施하여 항상 最良의 狀態에서 使用하는 것이 바람직하다.

電動 冷却 팬의 먼지 부착, 기어, 벨트, 체인 등 傳達裝置의 調整不備에 의한 마찰, 驅動機械의 潤滑不良은 電動力應用 裝置 全体로서의 損失이 增加하여 綜合效率이 나빠지므로 에너지 消費量이 增加한다.

또 電動機設置場所 부근의 通風을 잘하는 것도 損失低減과 長壽命에 效果적이다.

(다음 호에 계속)