

● 技術解説 ●

電動機의 에너지節減

을 위한 對策과 方法 (上)

A Method and a Counterplan of Energy Reduction in the Motor

金 漢 星

建國大學校 工科大學 教授

最近 그리고 앞으로도 繼續할 것으로 보이는 에너지 價格의 急上昇에 따라서 에너지 節減은 時代의 強한 要請이고 電動機에 있어서도 高効率化 効率的 運轉이 여러 곳에서 檢討되고 있다.

美國에너지省의 調査에 의하면 美國의 全發電量의 64%는 電動機負荷에 消費되고 그중 62% (全發電量의 49%)는 商, 工業用이고 高効率의 電動機를 使用하면 大量의 에너지를 節約할 수 있다고 結論짓고 있다. 그러나 効率的 向上을 기도하려면 그만큼 附加的인 投資가 必要하게 되며 現實에서는 얼마의 投資로 얼마만큼의 에너지가 節減할 수가 있느냐가 問題이고 이점의 檢討가 重要하다. 現在 各電氣메이커에서 數量的으로도 많고 또 比較的 効율을 좋게하는 低壓 小容量 籠型電動機에 對하여 高効率 電動機가 發表되고 있는데 이것들은 標準品에 對하여 同一取付 寸法으로 損失을 20~30% 減少하고 있으나 價格은 30% 程度 높게 되어 있다.

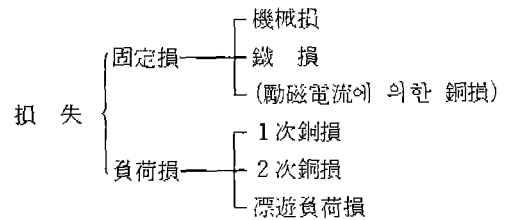
그러나 이 差額은 節電効율에 의해서 1~2 年에 回收할 수 있다고 한다. 뒤에 나오는 電動機라는 것은 가장 많이 使用되고 있는 誘導電動

機를 지칭한다.

[1] 電動機의 損失의 種類와 그 構成

(1) - 1 損失의 種類

(1) - 1 - 1 電動機의 損失은 다음과 같이 分類할 수 있다.



(1) - 1 - 2 각 損失에 對하여

(a) 固定損

固定損은 負荷의 有無에 關係없이 存在하는 損失이고 軸受摩擦損과 回轉子 表面과 冷却用

通風날개에 의한 風損으로 되는 機械와 鐵心中에 發生하는 鐵損으로 大別된다.

(1) 鐵 損

磁極 또는 磁界의 鐵心中에 磁束이 時間적으로 變化함으로써 생기는 損失이고 히스테리시스損과 過電流損이 있고 誘導電動機는 다음 式으로 表示된다.

$$W_t = W_h + W_e = K_1 f B_m^2 + K_2 f^2 B_m^2 = K'_1 \frac{V^2}{f} + K'_2 V^2 \dots\dots\dots ①$$

W_t : 鐵損 W_e : 過電流損(W)
 V : 端子電壓(V) K_1, K'_2, K_2, K'_1 :
 W_h : 히스테리시스損(W) 比例定數
 f : 周波數(Hz) B_m : 最大磁束密度

①式에서 아는 바와 같이 히스테리시스損은 電動機의 端子電壓의 제곱에 比例하고 周波數에 反比例한다. 過電流損은 端子電壓의 제곱에 比例하고 周波數에는 關係가 없다. 一般的으로 周波數의 變動은 거의 없으므로 鐵損은 端子電壓의 變動으로 影響을 받는다.

(2) 機械損

機械的인 逆토크에 對抗하여 이겨내서 回轉하지 않으면 안되기 때문에 생기는 에너지 損失이고 摩擦損과 風損이 있다. 摩擦損은 軸受 및 브러쉬와 整流子 또는 슬립링 간에 생기는 것이고 一般으로는 回轉數에 거의 比例한다. 風損은 回轉子가 주위의 空氣를 加速하기 때문에 생기는 것이고 自己通風形에서는 팬(fan)에 必要하는 動力이 주로 되며 一般으로 回轉數의 3제곱에 比例한다.

또한 鐵損은 鐵心中의 히스테리시스損과 過電流損으로 構成되지만 電動機에 대한 鐵損은 단지 鐵心材料의 鐵損特性에서 구하는 것보다 大幅으로 크게 된다.

이 鐵損의 增加하는 原因으로서는 다음과 같은 것이 있다.

鐵心 슬롯 打抜加工에 의한 機械的 歪形에 基

因되는 히스테리시스損의 增加 鐵心表面의 絶緣破壞에 基因되는 層間過電流損의 增加, 固定子 回轉子의 슬롯相對 位置의 變化에 基因되어 슬롯齒의 部分의 磁束의 脈動이 있고 이 脈動에 수반되는 損失의 增加 슬롯에 의한 간극(gap) 磁束密度의 脈動 때문에 固定子 回轉子 表面의 過電流損의 發生 등이 있다. 이외에 一般으로 1次銅損中에 포함되지만 誘導機의 경우에 無負荷에서도 勵磁電流는 흐르기 때문에 銅損이 發生하므로 이 損失은 固定損 性格을 갖고 있다.

(b) 負荷損

負荷損은 負荷가 걸리므로서 發生하는 損失이고 銅損은 1次導體中에 發生하는 1次銅損과 2次導體中에 發生하는 2次銅損이 있다. 이의 負荷狀態만에 發生하는 것으로는 漂遊負荷損이 있다.

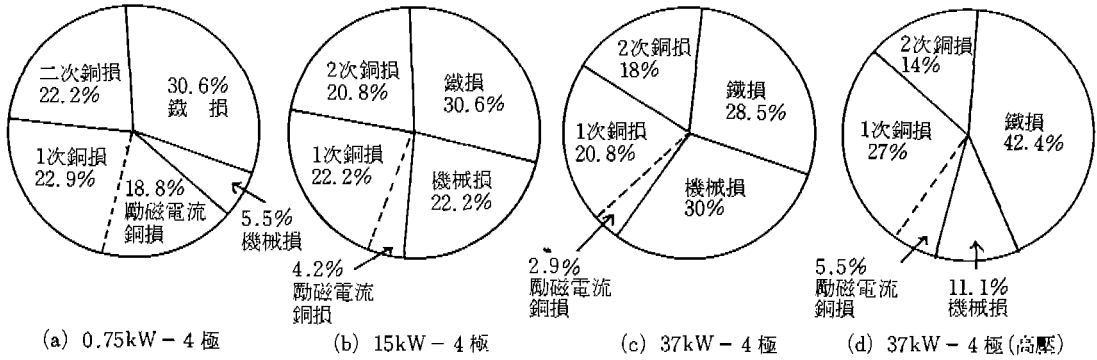
(1) 銅 損

誘導電動機의 固定子卷線(1次卷線)에는 銅線이 使用되어 回轉子 卷線(2次卷線)은 籠型의 경우에는 알루미늄 또는 銅 및 黃銅棒 卷線型의 경우에는 銅線이 使用되고 있다. 導體에 電流를 흘리면 電流의 제곱과 導體抵抗의 積의 抵抗損이 생기는데 이것을 銅損이라 하고 銅損은 1次銅損과 2次銅損의 합이고 다음과 같은 式으로 된다.

$$W_{cu} = W_{cu1} + W_{cu2} = m_1 I_1^2 (r_1 + r_2')(W) \dots ②$$

m_1 : 1次相數 r_1 : 1次卷線抵抗(Ω)
 I_1 : 1次電流(A) r_2' : 1次に 換算한 2次卷線抵抗(Ω)
(z): 漂遊負荷損

漂遊負荷損은 測定하기가 어렵고 그 發生原因도 여러가지 있고 負荷에 대한 特性도 明確하게 할 수 없는 점도 있으나 誘導機에서는 주로 負荷電流에 의한 起磁力 때문에 간극(gap) 面에 高調波 磁界가 생기고 이것에 의한 固定子, 回轉子, 鐵心 表面에 發生하는 過電流損과 籠型卷線中에 高調波電流가 흐르므로서 생기는 損失이다. 이의 導體中의 損失의 增加 鐵心, 코일·支



〈그림-1〉出力別 損失의 構成의 例

持構造部分에 發生하는 損失이 있다.

(1) - 1 - 3 損失의 構成

앞에서 分類한 損失이 出力에 의해서 얼마만큼의 크기로 되는가를 表示한 것이 그림-1이다.

또한 漂遊負荷損은 現在 規格上 分數한 測定은 할 수 없기 때문에 이 比較그림 中에는 分離하지 않고 있다. 漂遊負荷損의 크기는 약 出力의 0.5%程度이다.

이 그림-1에서 알 수 있는 바와같이 出力에 의해서 損失의 構成은 틀려진다. 특히 低壓과 高壓에서는 低壓의 半開口슬롯, 高壓이 開口슬롯을 使用하고 있으므로 開口슬롯쪽이 간극面의 磁束의 脈動이 극히 크고 이것이 鐵損의 增大로 되고 또 等價의 間극길이도 크게 되어 勵磁電流가 크고 力率이 나쁘게 되고 效率도 低下시킨다.

[2] 電動機損失의 低減의 方法

電動機의 高效率化를 企圖하기 위해서는 다음과 같은 設計施策을 行한다.

(2) - 1 機械損

冷却을 하기 위한 通風날개를 적게 한다. 全閉外 扇形의 경우에는 특히 有效하다. 단 당연히 冷却은 나빠지므로 그것을 補充하기 위한 電氣的 磁氣的 損失의 減少 冷却效率의 向上 등을

同時에 취할 것이 必要하게 된다. 또 小容量機에서는 軸受損失을 적게하기 위한 軸受의 選定 grease의 選定도 考慮한다.

(2) - 2 鐵 損

鐵心材料를 鐵損이 적게하기 위한 高級珪素鋼板의 使用 鐵心積厚를 增加하여 磁束密度를 적게 하든가 空隙의 크기 슬롯數 슬롯의 모양 鐵心の 加工法 후처리 등에 의한 附加의 鐵損의 增加를 防止하도록 考慮하여야 한다.

(2) - 3 1次銅損

銅의 量의 增加에 의한 抵抗值의 減少 거기에 수반하는 鐵心積厚의 增加 空隙의 크기 卷回數의 最適化와 力率도 考慮하여 1次銅損의 減少를 企圖하여야 한다.

(2) - 4 2次銅損

1次銅損과 거의 같은 方法이다.

[3] 高效率電動機

電動機에서는 必要한 토오르크를 發生할 수 있는 것이 條件이므로 이것을 위해서는 磁束의 量 즉 必要한 코일의 卷回數는 出力 鐵心の 모양 크기에 대해서는 거이 澤定되므로 이것들의 制限 中에서 損失을 減少하기 위해서는 스스로 限界가 생긴다. 당연히 損失이 많은 機械에서는 高效率化하기가 쉽지만 損失이 적은 것에서는

鐵心の量 銅量を 増加하더라도 効率에 미치는 영향은 적게 되고 또 鐵心 銅의 増加 때문에 寸法이 크게 되면 機械損이 増加하든가 必要한 토 오크를 내기 위해서 磁束量を 増加하면 鐵損을 減少시킬 수 없는 등 차례로 高効率化하기가 어렵게 된다. 즉 高効率로 하기 위해서 必要한 費用이 増加하는 代身에 効率의 上昇이 적게 된다.

一般으로 小容量機일수록 効率의 값은 낮고, 더욱 價格의인 面도 있고 設計의으로 限界에 到達하고 있으므로 効率은 낮은 傾向에 있다.

또 美國의 에너지省의 調査에 의하면 全電動機의 約 75%는 1~125Hp이고 이 範圍의 電動機로서 全電力의 約 26%를 占有하고 있고, 現

在 高効率電動機로서 發表되어 있는 것은 어느 것이나 低壓籠型이고 容量은 37kW程度 以下가 많다.

그림-1에 表示한 것과 같이 各損失의 構成比率은 容量 極數 電壓等에 따라서 달라지므로 高効率化를 위한 重點으로 하는 損失은 달라진다.

損失의 減少를 위해서 損失이 적은 鐵心材料의 使用, 鐵心量の 増加에 의한 磁束密度의 減少 銅量의 増加 또는 冷却fan의 變更等으로 20~30%의 損失低減을 행한 節電形 電動機가 있다.

〈다음호에 계속〉

— 〈9p에서 계속〉—

서는 水素의 生産, 燃料電池, 畜電池가 代表的인 方法이다. 캐나다나 美國에서는 水力發電에서 얻은 電氣의 저장 方法으로서 水素生産을 研究하고 있는데 여기서 얻은 水素는 都市가스로 쓸 계획에 있다고 한다.

II. 結 言

지금까지 알려진 代替에너지源중에서 太陽力, 風力, 바이오매스 등은 量的으로 볼 때, 증가하는 에너지수요를 충당한다는 것은 기대하기 어려울 것이다. 核融合技術이 實用化만 된다면 문제는 해결될 것이나 이것은 現在의 技術수준으로 볼 때 2천년대에나 가능한 것으로 추정된다. 따라서 現在로는 해결해야 할 문제점은 있지만 原子力과 石炭에 依存할 수 밖에 없는 실정이다. 특히 原子力은 燃料비가 저렴하기 때문에 電力

을 生産하여 二次的으로 수송용 에너지 또는 熱源으로 代替할 수 있다.

그러나 이와같은 새로운 代替에너지의 積極적인 開發에 못지않게 중요한 것은 에너지절약기술이다. 특히 국내 소요에너지의 약 50%를 소비하고 있는 産業部門의 에너지 절약과 合理的인 利用방안은 국가의 長期的인 경제성장과 當面한 에너지 위기를 극복하기 위한 關鍵이 될 것이다. 결론적으로 말해서 전형적인 資源貧國인 우리로서는 國內 부존 자연에너지源의 開發 이용에 積極적으로 나서야 하고, 開發可能한 海外資源에 대해서도 資源확보를 積極 추진해야 할 뿐만 아니라, 모든 에너지 기술분야에 대한 이해와 積極적인 참여의식을 바탕으로 에너지원 확보 및 이용이라는 當面과제를 해결해야 할 것이다.

