

〈技術資料〉

鍍金工場の 에너지節約對策*

廉 熙 澤**

1. 省에너지의 重要性

각 工場에서는 에너지의 原單位가 아주 낮은 경우로부터 높은 경우에는 40~50%까지 이르는 곳이 있다. 에너지 原單位는 電力費, 燃料費 및 輸送費의 合計를 말한다. 이 에너지費의 引上은 73年以來 繼續적이었으며, 금년 4 月에도 15%内外의 引上이 있었다. 이러한 에너지費의 引上分이 商品價格에 전가되어 결국 에너지 原單位が 原來대로 還元된 것도 있으나 거의 모든 工場은 販賣價格의 引上을 단행하지 못하여 이 原單位를 전혀 吸收도 못하는 實情이 大部分이다.

1973年 第1次 오일 쇼크를 계기로 아주 쌀 값의 石油가 하루 아침에 5~6 배로 뛰었다. 이것은 모든 産業의 原價코스트를 밀어올리고, 인플레이션을 加速化시켰으며 그 이래 「省에너지」는 모든 企業에 重要한 經營戰略의 하나로 대두되었다.

大企業體 中에는 省에너지戰略에 무릎을 꿇고 倒産에 이른 企業이 있는가 하면 반대로 倒産의 위기에 처한 企業이 「省에너지 戰略을 企業 再建의 戰略으로 삼아 코스트 削減을 徹底하게 한 결과 오히려 企業의 內實을 거둔 경우도 있다.

이와 같이 省에너지 對策은 지난 70年代 以來 企業經營上의 초점을 이루어왔고 今後에도 常分間 繼續될 것이 明약관화하다. 이러한 에너지 비용부담을 어떻게 줄여 나가야 할 것인가 하는 것이 오늘날에 와서 企業의 成敗와 직결되는 문제가 되고 있기도 하다. 그러므로 經營戰略은 省에너지, 脫에너지, 創에너지의 順으로 展開 되어야 하며 이 3개의 戰略을 總合化하므로써 「勝에너지化」를 할 수 있다는 것이 經營專門家들의 見解이기도 하다.

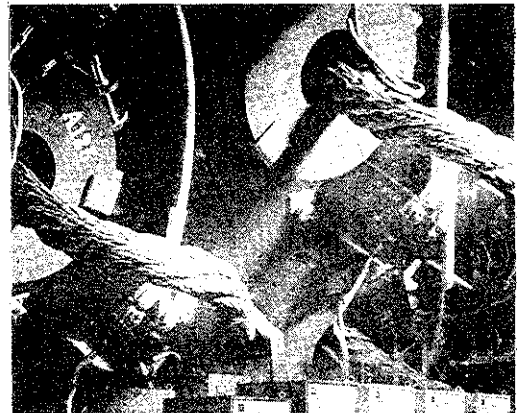


그림 1. 適切한 電氣設備로서 省電力을

* 本稿는 中小企業經營情報 第17號 1~16(1981. 8)에 “中小企業現場의 에너지節約對策의 題下에 掲載하였던 것임)

** 태양금속공업주식회사 科員

그러나 우리나라 中小企業들은 대부분 省에너지, 省資源도 口聲에 그치고만 있어서 이에 대한 對策이 너무 소극적이거나 형식적임을 볼 수 있다.

大企業들이 積極的으로 脱에너지, 創에너지 對策을 推進하고 그 效果를 着實하게 올리고 있는데 비해 零細한 中小企業들은 대부분 코스트링上 要因을 自体 吸收하기가 어렵고 그렇다고 과다경쟁상태에 있는 企業들이 이를 製品價格에 전가시키는 것도 어려워서 競爭商品體는 競爭力維持와 企業發展에 크나큰 障礙요인이 되고 있다.

● 省에너지 戰略의 過程

工場이나 事務室의 照明을 낮게하고 不必要時에는 소등을 하는등 소극적인 省에너지運動이 계속되면 에너지의 낭비가 모두 없어진 것으로 錯覺을 하게 된다. 그러나 이때가 省에너지를 시작하여야 할 단계인 것이다.

省에너지 戰略에서 좋은 成果를 올린 企業體의 에너지 節約對策을 살펴보면 다음과 같은 段階를 밟고 있다.

第1 段階: 浪費의 追放

우선 얼른 보아서 浪費라고 생각되는 것은 追放한다. 다시말하면 不必要할때 잠깐 불을 끈다든가 蒸氣가 셀 때 배관이나 保溫을 다시 손질한다던가 하는 것을 말한다.

第2 段階: 工程改善

에너지 浪費量이 얼마인가를 알아보는 것등 눈에 보이지 않는 부문도 工程分析을 한다. 그래서 더욱 省에너지가 이루어질 수 있는 工程을 생각해 낸다. 이 段階에서는 반드시 「省에너지投資」 즉 에너지 절약을 위해서 이에 必要한 새로운 投資를 해야한다.

第3 段階: 脱에너지化

必要하다고 생각되어 推進하는 새로운 技術開發이나, 新製品을 開發하는 段階로서 오일 레스(Oil-less; 오일을 사용하지 않는 방법)化를 생각해 본다.

第2 段階의 省에너지 投資의 경우 처음에는 극히 적은 金額으로 큰 成果를 얻을 수가 있으나 점점 일이 進行하책 되면 投資額도 많아지고 回收年數도 점차 길어진다. 따라서 1~2년에 回收할 수 있는 省에너지 戰略은 곧 實施하는 것이 좋다.

第3 段階인 脱에너지 段階에서는 長期間에 걸쳐 技術開發을 해야한다. 더우기 脱에너지를 수행하고자 할 때는 그 以前에 상당한 省에너지 戰略을 實踐하고 있었어야 하며, 第1 段階, 第2 階

階를 거치지 않은 상태에서는 脱에너지가 不可能한 것이 많다.

● 省에너지 戰略의 目標와 手法

省에너지 戰略을 組織的, 계획적으로 또한 效率的으로 推進하고자 할 때에는 우선 에너지消費量을 完全히 파악해야 한다. 이 消費量의 파악이 에너지 原單位의 把握이기도 하다.

具體的으로 생각할 때 第1次 오일쇼크가 생긴 1973年을 起點으로 하여 현재까지의 動力費, 燃料費, 輸送費 등의 에너지費를 서로 비교해 보면 놀라운 上昇曲線을 보여주고 있다. 賣上에서도 이와 똑같은 比率로 平行曲線을 긋고 있다고하면 經營上 問題는 하나도 없다. 일반적으로 에너지費와 에너지 原單位가 다같이 急커브로 上昇하여 生産코스트가 上昇하고 있을때 이 上昇分을 賣上에 附加시킬 수가 있다면 문제가 없으나 그렇지 못하게 되는 것이 常例이므로 문제가 된다.

이와 같은 生産코스트 上昇分을 극복하기 위해서는 에너지 消費量을 節約할 수 밖에 도리가 없게 된다. 반대로 電力이나 重油의 使用量이 적어질 수가 없을 때는 賣上의 증가를 위하여 新製品, 新技術을 開發하는 것도 어느정도 意味에서는 省에너지라고 볼 수 있다.

그렇다면 어떻게 省에너지 單略을 推進해야 할 것인가. 우선 製品의 種類別, 工程別, 또는 라인別로 에너지 消費構造를 分析해본다. 어떠한 工程에 어떠한 에너지가 얼마만큼 사용되고 있는, 이것이 不明하면 省에너지를 推進하는데 있어서 큰 문제가 된다.

省에너지 戰略을 推進하기 위해서는 에너지 技術을 마스터해야 한다는 것은 明確한 일이다. 따라서 다음과 같은 사항에 주의해야 한다.

- ① 에너지 鑑定에 있어서 計算方法
- ② 에너지 測定方法
- ③ 에너지 測定機器確保

예를 들어 ①과 ②는 冊이나 講習會 등에서 工夫할 수가 있으나 ③은 電氣關係나 熱關係의 測定機器를 한개씩 마련하려 해도 個個의 企業體에서는 負擔이 크다. 그러나 共同으로 갖추면 不可能하지는 않을 것이다.

이와 같이 에너지 消費構造가 把握되면 省에너지 戰略을 세울 수 있다.

2) 省電力 戰略

1) 電力料金 算出要領

電력을 節減시키다던가 電력을 能率있게 使用하는 것은 電力料金 計算方法을 充分히 理解해야 可能하다.

가) 電力料金の 計算方法

1個月間의 電力料金は 다음 式으로 計算할 수 있다.

電力料金 = 基本料金 + 電力量料金 + 附加價値稅 (10%)

$$= (\text{契約最大電力}) \times \frac{190 - \text{力率}^*}{100} + \text{使用電力量} \\ \text{料金} \times 1.1$$

* 190은 力率 90%를 基準으로 하여 料金計算을 하기 위한 것.

또한 最大需用電力計 (DM)를 設置했을 때는 다음과 같이 計算한다.

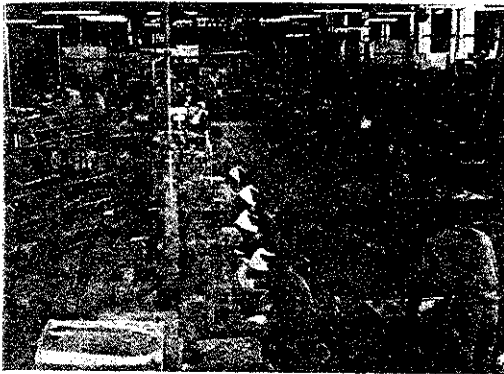


그림 2. 프레스 工場

$$\text{電力料金} = \left[\text{契約電力} \times \frac{190 - \text{力率}}{100} \right. \\ \left. \times \left(\frac{\text{DM 表示電力}^*}{\text{契約最大電力}} + \text{電力量料金} \right) \right] \times 1.1$$

* 0.85이하일 때는 0.85로 計算한다.

나) 用語 및 計算式의 說明

電力料金 計算式에 使用되는 용어는 다음과 같다.

• 契約電力

電力会社와 工場이 契約한 電力(kw)을 말하며 變電室이나 電柱上의 транс 容量의 合計 (KVA)를 말하는 것이 아니다. 最大 契約電力은 транс 容量에 表 1과 같이 乘率을 곱해야 하며 이것이 基本料金の 基礎가 된다.

즉

$$\text{契約最大電力 (kw)} = \text{транс 容量의 合計 (KVA)} \\ \times \text{乘率}$$

[計算例 1]

транс 容量

三相 200(V) × 150(KVA) 1대

單相 100(V) × 10(KVA) 1대

160(KVA)의 경우

表 1. 트란스容量과 乘率, 契約最大電力

트란스容量 (KVA)	乘 率	契約最大電力略算式 *
1~ 75	100 %	트란스容量 × 1.0
76~ 150	85 %	트란스容量 × 0.85 + 11.25
151~ 225	75 %	트란스容量 × 0.75 + 26.25
226~ 300	65 %	트란스容量 × 0.65 + 48.75
301~	60 %	트란스容量 × 0.6 + 63.75

* 契約最大電力略算式은 例를 들어 트란스容量이 140KVA일 때 (140 × 0.85) + 11.25로 乘率을 곱한 후에 11.25를 合하면 쉽게 計算할 수가 있다.

$$\text{契約最大電力} = (75 \times 1.0) + (75 \times 0.85) \\ + (10 \times 0.75) = 146.25(\text{kw})$$

와 같이 計算할 수가 있으나 複雜하므로 略算式을 使用하면 간단하다. 즉

$$(160 \times 0.75) + 26.25 = 120 + 26.25 = 146.26 \\ (\text{kw})$$

• 基本料金 (産業用)

基本料金は 그 用途에 따라서 表 2와 같이 다르며 보통 需用料金を 가지고 계산하지만 最大需用電力計 (DM, demand meter)를 設置하였을 때는 契約最大電力을 100으로 하여 이보다 더 使用했을 때는 더 내고 100보다 적게 使用했을 때는 그만큼 減額한다. 즉 300kw의 最大契約電力일 때 最高 330kw를 단 한번이라도 使用했을 때는 基本料金は $\frac{330}{300} = 1.1$ 배 즉, 10%의 割増料를 물어야 하며, 만일 270kw를 최고로 단 한번 使用하고 항상 그 이하로 使用하였다면 $\frac{270}{300} = 0.9$ 로 基本料金は 90% 즉, 10% 減算해서 支拂하면 된다.

表 2. 電力料金表 (1981.6.30 現在)

區分	需用料金 (基本料金) (契約電力에 대하여 KW)	電力量料金 (모든使用電力量에 대하여 KWh 당)	適用範圍
小 産 業 用 力	3,857 원	53원 67전	① 契約最大電力 300 KW 未滿일 때 ② 供給電圧 20KV 級 未滿이나 20KV 級 이상일 때는 契約 最大電力 500 KW 未滿일 때.~
			大 産 業 用 力 (A)
大 産 業 用 力 (B)	1,862 원	43원 75전	供給電圧 140KV 級 이상 契約最大電力 1,000KW 이상
小 産 業 用 力 (A)	3,857 원	①輕負荷時 25원 03전 ②中負荷時 53원 67전 ③最大負荷時 125원 10전	契約最大電力 300 KW 以上 500 KW 未滿
			供給電圧 20KV 級 未滿 契約最大電力 500 KW 以上
小 産 業 用 力 (B)	3,309 원	①輕負荷時 24원 42전 ②中負荷時 48원 75전 ③最大負荷時 122원 08전	供給電圧 20KV 級 未滿 契約最大電力 500 KW 以上

區分	需用料金 (基本料金) (契約電力에 대하여 KW 당)	電力量料金 (모든使用電力量에 대하여 KWh 당)	適用範圍
大 産 業 用 力 (A)	2,760 원	①輕負荷時 21원 84전 ②中負荷時 43원 43전 ③最大負荷時 109원 14전	供給電圧 20KV 級 以上, 契約最大電力 500KW 以上
			大 産 業 用 力 (B)

表 3. 電力使用 時間帶別 区分

季節別 時間帶別	夏 季 (3 ~ 9 月)	冬 季 (10 月 ~ 2 月)
輕負荷時間帶 (深夜)	22:00 ~ 06:00	22:00 ~ 06:00
中負荷時間帶 (昼間)	06:00 ~ 19:00	06:00 ~ 18:00
最大負荷時間帶 (초저녁)	19:00 ~ 22:00	18:00 ~ 22:00

日曜日은 最大負荷時間帶에 中負荷時間帶로 計量함

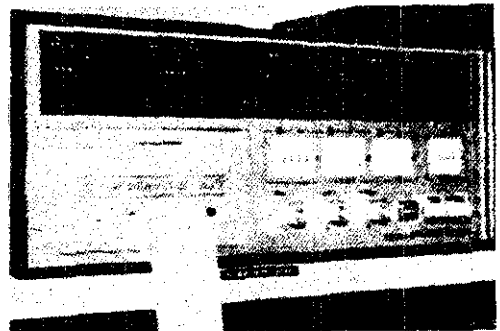


그림 3. 需用監視裝置

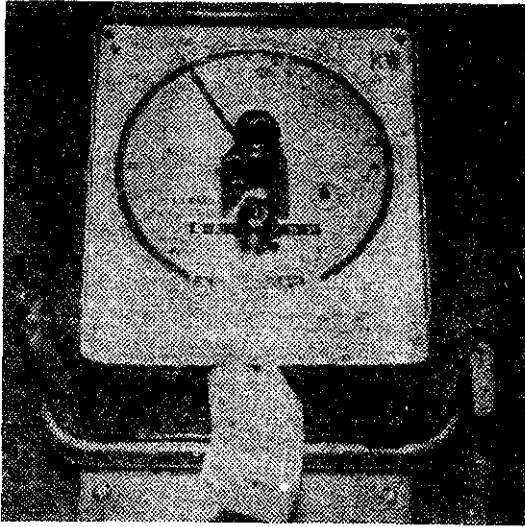


그림 4. 最大需用電力計

그러나 減額率의 低限度는 85%이다. 따라서 만일 300kw 契約에 210kw만 사용하였다면 $\frac{210}{300} = 0.7$ 즉 契約最大電力의 70%만 사용했지만 이 때는 70%의 基本料金を 내는 것이 아니고 85%의 基本料金を 내게 되어 있다. 따라서 最高 電力이 항상 80%이하일 때는 契約最大電力을 300kw 에서 240kw로 줄일 필요가 있다. 이 DM은 希冀하면 누구나 설치할 수 있다. 따라서 大動力일때는 設置하는 것이 有利하다.

• 力率割引
三相交流電力은

$$\begin{aligned} \text{電力} &= \sqrt{3} \times \text{電壓}(E) \times \text{電流}(I) \times \text{力率} \\ &\approx \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \cos \theta \text{ (W아트)} \end{aligned}$$

로 표시된다. 여기서 $\cos \theta$ 를 力率이라 한다.

交流의 경우 負荷의 種類에 따라 그림 5와같이 電壓의 波形위치에 대해 電流의 波形위치가 時間的으로 差異가 생길때가 많다. 즉, 相의 차이가 θ 度일때 電力 $P=EI$ 는 直流일때 보다 $\cos \theta$ 位 즉 $P=EI \cos \theta$ 로 된다는 것이다. 또한 三相일때는 $P=\sqrt{3} EI \cos \theta$ 로 된다.

電熱器나 自然電燈 負荷의 力率은 $\cos \theta = 1$ 즉 100%이며, 熔接器는 약 50%, 모오터의 경우에는 使用方法에 따라서 60~80%이며, 형광등은 매우 나쁘다. 따라서 基本料金에 力率을 곱해주어 力率이 높은 負荷를 使用하는 需用家에는 料金を 割引해주고 力率이 낮은 負荷의 設備를 使用하는 需用家에는 割増料를 내게하며 電力計計

(計量器) 외에 別途로 力率計를 各需用家에 설치하여 매월 電力会社에서는 이것을 체크하여 계산하고 있다.

力率割引은 力率이 90%일때를 基準으로 하여 이것보다 5% 높으면 즉 95%일 때는 5% 割引해주고 10% 낮으면 基本料金を 10% 더 내도록

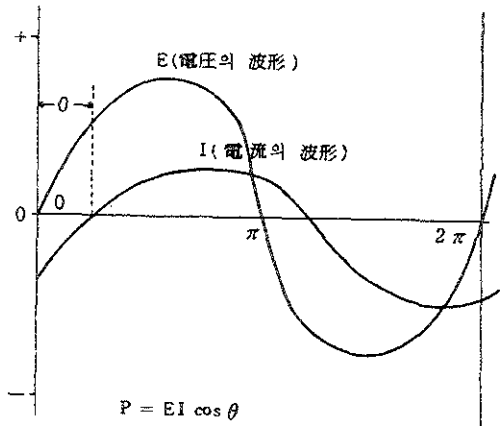


그림 5. 力率의 說明圖(單相일 때)

하고 있다. 따라서

力率에 따라 割引 또는 增額되는 基本料金

$$= \text{基本料金} \times \frac{100 - \text{力率}(\%)}{100}$$

이며, 최고 10%의 할인어 된다.

力率 向上을 위해 電力会社는 供給規定을 만들어서 트란스의 1次側 또는 各 負荷에 콘덴서를 設置하도록 하여 力率을 100%로 만들도록 忠告하고 있다.

• 피크 타임制

表 3에시와 같이 피크 타임은 여름(3月~9月)과 겨울(10月~다음해 2月)에 따라서 다르게 설정하여 낮에 사용하는 中負荷時間帶의 電力料金보다 초저녁에 사용하는 最大負荷時間帶의 電力料金を 약 2.5배가 되도록 규정했다.

이 方法은 300kw 이상의 契約電力 需用家에게만 適用시켰으므로 300kw 이상의 契約電力의 需用家는 最大한 피크타임의 電力使用을 피해야 할 것이다.

• 契約電力

電力会社와 電力契約를 하게 되면 50KVA 이상 自家變電도 할 수 있게 되어 있으며 보통 100 KVA 이상일때 自家變電을 하고 있다. 自家變電

을 할 경우 變電設備契約과 負荷設備契約의 두가지 契約方法이 있다. 變電設備契約을 하게 되면 어떤 設備을 하든지 표 1 과 같이 變電容量에 따른 契約電力 이상만 사용하지 않으면 罰금이 없다. 그러나 負荷設備契約일 때는 2次側設備容量의 合計로 따지게 되므로 2次側의 1部設備의稼動여부에 관계없이 全体設備容量이 초과되면 罰금을 내도록 되어있다.

2) 契約電力 基本料金 節減

가) 契約電力의 타당성 재검토

일반적으로 變電室의 變電容量은 安全性이 優先이라고 생각하여 무조건 過大容量으로 設備하는 곳이 많다. 예를 들어 電解工場이나 도금공장에서 整流器등을 定格 10V, 5,000A로 設置하였다고 하면 다음과 같이 計算한다.

$$\text{交流入力} = \frac{\text{電壓(V)} \times \text{電流(A)}}{1,000 \times \text{効率}} = \frac{10 \times 5,000}{1,000 \times 0.8} = 62.5(\text{kw})$$

그러나 실제 작업할 때 5V 를 사용한다면 소비 電力은

$$\text{交流入力} = \frac{5 \times 5,000}{1,000 \times 0.8} = 31.25(\text{kw}) \text{이다.}$$

따라서 契約電力과 실제 消費電力 사이의 차이인 31.25(kw)는 過大容量이라고 할 수 있다.

가끔 사용하는 지게차, 엘리베이터, 펌프, 冷暖房機器도 連續運轉하는 것으로 規定되어 있어 變電容量을 그만큼 크게 設備하고 있다. 負荷設備契約일 때는 할 수 없지만 變電設備契約일 때는 省電力戰略의 첫 걸음이 되는 이러한 過剩契約電力을 가능한 한 縮小하여 基本料金を 節減시켜야 한다. 또 負荷設備契約이라도 자주 사용하지 않는 것은 電氣接續을 절단하여 倉庫 등에 넣어 두어서 契約最大電力量을 초과시키지 않는 範圍의 設備로 사용하도록 한다. 電氣를 연결해 놓으면 사용하지 않아도 負荷設備의 合計로 간주되어 초과분에 대해 많은 벌금을 물게 된다. 특히 熔接器등은 力率을 50%로 책정하고 있기 때문에 容量의 2倍를 負荷設備量으로 간주하므로 주의해야 한다.

나) 契約內容 타당성의 再檢討와 改善事例

變電容量 動力150(KVA), 電燈10(KVA)
 契約: 契約電力 111kw
 力 率 95%
 1個月 使用한 電力量=19,272(kwh)

$$\text{作業時間 } 10(\text{時間/日}) \times 25(\text{日/月}) = 250(\text{時間/日})$$

$$\text{連續負荷 } 24\text{時間 通電하는 投入電熱히이터 } 2(\text{kw}) \times 6\text{개} = 12(\text{kw})$$

단, 産業電力(甲)의 경우

• 契約電力의 타당성 檢討

月間 電力使用量을 作業時間으로 놓으면 實際 사용하고 있는 電力을 算出할 수 있다.

우선 24時間 通電하는 保安用 投入電熱 히이터의 電力使用量은

$$12(\text{kw}) \times 24(\text{h/月}) \times 30(\text{日/月}) = 8,640(\text{kwh/月})$$

이므로 히이터 이외의 電力使用量은

$$19,272 - 8,640 = 10,632(\text{kwh/月})$$

로 되며 이것을 作業時間으로 놓으면 히이터 이외에 必要로 했던 電力은 다음과 같다.

$$10,632(\text{kwh/月}) / 250(\text{h/月}) = 43(\text{kw})$$

결국 실제 사용하고 있는 電力은

$$12 + 43 = 55(\text{kw}) \text{로서 여기서 電燈用 } 10(\text{KVA})$$

을 加算하면 變電室의 變電容量은

$$55 + 10 = 65(\text{KVA}) \text{면 된다.}$$

따라서 過剩契約電力은 $111 - 65 = 46(\text{kw})$ 로 年間 損失基本料金は 다음과 같다.

$$\text{損失基本料金} = 3,857 \times 46 \times \frac{190 - 95(\text{力率})}{100}$$

$$\times 1.1 \times 12(\text{年}) = \text{₩ } 2,224,872 / \text{年}$$

• 改 善

變電容量을 표 4 와 같이 變電하면 契約電力을 46kw로 減소시킬 수가 있다.

表 4 . 變電室의 變電으로 契約電力의 節減

	改 善 前	改 善 後
動力變電	50 KVA × 3개 = 150 KVA	75 KVA × 1개 = 75 KVA
電燈變電	10 KVA × 1개 = 10 KVA	10 KVA × 1개 = 10 KVA
合 計	160 KVA	85 KVA
契約電力	111 KW	65 KW

이와 같이 變電室의 變電容量을 65KVA로 節減시키고자 하나 定格 變電容量의 組合으로 어쩔 수 없이 85KVA로 되는 수가 있다. 一般 定格 變電容量의 種類와 容量은 표 5 와 같다.

表 5.. 트란스의 種類와 無負荷損失 (KW)(60Hz)

트란스의 種類	트란스容量 (KVA)에 따른 無負荷損失 電力量					
	30	50	75	100	200	300
單相트란스	0.18	0.24	0.31	0.38	0.6	1.02
三相트란스	0.22	0.36	0.96	1.02	1.56	1.8

3) 變電室의 無負荷電力 損失量

가) 트란스容量과 無負荷損失電力

變電室의 트란스는 作業을 전혀 하지않는 夜間이나 休日에도 약간이나마 電力을 消耗시키고 있다.

工場과 住宅이 混在하는 地域에서는 夜間에 트란스가 응하는 소리를 내어 소리公害로 指適되는 경우도 있다. 이것을 無負荷損失이라고 하며, 표 5에 나타난 바와 같이 트란스의 種類나 크기에 따라서 그 損失電力量이 다르며 트란스가 오래될 것일수록 그 損失量은 더욱 커진다.

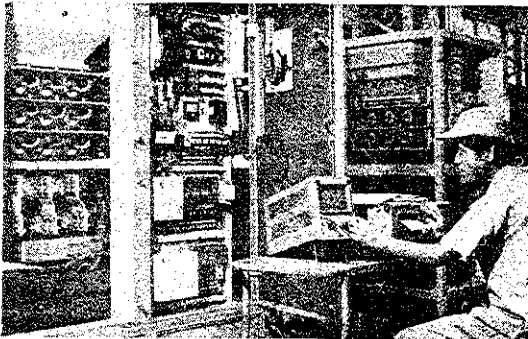


그림 6. 整流器 및 自動制御盤의 点檢

이와 같은 無負荷損失은 電氣機器에는 모두 해당된다.

나) 無負荷損失改善事例

트란스容量 :

動力單相 100KVA×3대=300KVA

動力三相 200KVA×1대=200KVA

電 燈 10KVA×1대= 10KVA

無負荷時間 : 7 : 00~ 量料金

平日 PM 7 : 00AM 8 : 30 13.5(h/日)
290(日/年)

休日 : 24(h/日)→75(日/年)

위와 같은 설비를 갖춘 變電室의 오일스위치를 매일 작업이 끝난 후 끄고 표 5에 의해 계산하였더니 절약된 電力料金は 다음과 같았다. (전등 불은 끄지 않았음)

$$\text{無負荷損失電力} = (0.38 \times 3) + 1.56 = 2.7(\text{kw})$$

操業日의 無負荷損失電力量

$$= 2.7 \times 13.5 \times 290 = 10,507.5(\text{kwh})$$

休日의 無負荷損失電力量=2.7×24×75

$$= 4,860(\text{kwh})$$

節約되는 金額 = (10,570.5 + 4,860) × 53.67

$$= 828,155(\text{원/年})$$

이와 같은 省에너지 戰略은 省에너지 投資가 전혀 必要하지 않으면서도 努力만으로 얻을수 있는 利益이다. 따라서 모든 電氣機器는 사용하지 않을 때 반드시 스위치를 빼놓는 습관을 갖도록 하는 것이 중요하다. 그것은 곧 無負荷損失 防止뿐 아니라 災害防止 安全對策에도 큰 효과가 있기 때문이다.

4) 直流配線의 再檢討

가) 配線抵抗의 把握

工場内の 交流配線은 電氣管理技術者에 의해서 管理되고 있으나 整流器나 鍍金탱크 등의 電解槽에서의 直流配線은 設置한 後 그대로 放置하는 경우가 많다. 때때로 손으로 만져보아 뜨겁다든가 덩다든가 하는 것으로 配線에 電氣抵抗이 있다는 것을 알 程度다. 이와 같은 것은 接觸抵抗에 의한 發熱이지만, 때로는 탱크 周邊의 부스바가 電解液으로 부식되어 導體面積이 不足해져 있을 때도 있고 許容電流值을 초과한 것도 있다. 또한 부스바와 절이(락크), 부스바와 陽極주머니사이 또는 부스바의 表面에 때가 끼어 接觸不良이 되고 있는 곳도 많다.

이들 直流配線의 電氣抵抗은 省에너지 戰略뿐 아니라 鍍金 두께의 管理에도 대단히 중요하다.

그러나 종래에는 이런 점에 대하여 過히 關心을 가지고 있지 않았다. 그 理由는 간단하고 精確한 測定方法이 없었기 때문이다. 오래 전부터 回路用 테스터로 接觸不良 여부를 測定할 것을 중용해 왔으나 現場에서는 테스터의 精度때문에 點檢을 하여도 별로 나타나지 않았다.

最近에는 電子技術의 發展으로 DMM(digital multi-meter, 바늘의 表示를 數字로 나타낸 것)을 사용하여 直流配線의 直流電壓을 測定할 수 있게 되었다. 이 때 나타난 電壓降下를 가지고 損失電

力を算出할 수 있으며 이 방법으로 導體의 接觸抵抗 뿐만 아니라 鍍金에서는 陽極주머니, 티탄 바스켓, 걸이, 바렐(回轉鍍金筒)電氣抵抗 등 電氣抵抗과 關聯된 모든 것을 測定할 수 있다.

나) 測定實施事例

• 直流電壓測定結果

電解工場 즉 電氣鍍金の 自動 또는 半自動設置에서 그림 7에 表示한 곳을 測定하여 表 6과 같은 結果를 얻었다.

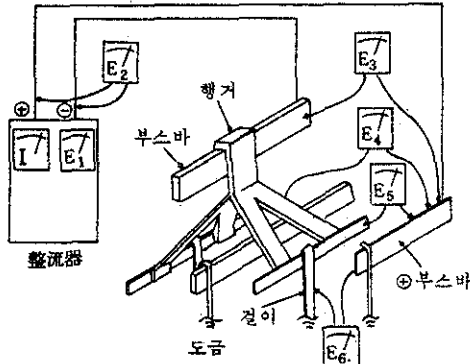


그림 7. 直流配線의 電壓測定場所

表 6. 直流電壓 測定結果(V)

	I	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₂ -E ₆
A工場	7980A	8.0	6.8	6.8	6.6	6.5	6.4	0.4
B工場	9900A	8.0	7.8	6.2	6.2	6.2	6.1	1.7

測定の 順序는 整流器 出力端子로부터 점차 내부로 測定해 들어가는 것이 좋으나 現場에서는 랄을 닫기 어려우므로 처음에는 整流器의 出口와 鍍金槽의 入口를 대략적으로 測定하여 問題가 있을 때 상세히 測定하는 것이 能率的이다.

DMM테스터에도 여러가지가 있으나 0.1mv에서 1,000V까지 測定하는 것이면 된다. 따라서 너무 精度를 높여 낮은 電壓範圍에서 測定하면 整流器의 電源電壓의 變動, 接觸抵抗의 變化 등으로 變화가 安定되지 않는다. 實用上에는 소수점 이하 두자리까지 읽을 수 있는 것을 사용하여 소수점 이하 첫째 자리까지 測定한다.

표 6의 測定結果로부터 알 수 있는 바와 같이 A工場에서는 整流器에서 鍍金槽까지는 電壓降下

가 없는 대신 탱크 周邊에서는 降下하고 있다.

그러나 B工場에서는 整流器로부터 鍍金槽사이의 電壓降下가 크다. 測定結果를 정리하면 다음과 같다.

① A工場의 損失電力

$$\text{損失電力} = \frac{(6.8 - 6.4) \times 8,000 (A)}{1,000 \times 0.8 (\text{效率})} = 4 (kw)$$

$$\text{損失電力料金} = 4 \times 11.5 (\text{時間 / 日}) \times 25 (\text{日 / 月}) \times 53.67 (\text{원}) = 740,646 (\text{원 / 年})$$

② B工場의 損失電力

$$\text{損失電力} = \frac{(7.8 - 6.1) \times 10,000}{1,000 \times 0.8} = 21.25 (kw)$$

$$\text{損失電力料金} = 21.25 \times 11.5 \times 25 \times 12 \times 53.67 = 3,934,681 (\text{원 / 年})$$

③ 直流配線의 電壓降下를 전혀 없게하는 것은 매우 어려운 일이지만 B工場의 損失電力에서와 같이 1.7볼트의 電壓降下가 年間 393萬원의 엄청난 損害를 가져다 주고 있다. 이와같은 損失은 다른 電解工場이나 大電流의 直流을 사용하는 工場에서는 損失이 高額으로 되므로 直流配線의 定期的 점검이 반드시 요망되고 있다.

5) 電解液의 代借로 省電力化

가) 鍍金液과 液電壓

電氣鍍金이나 電解反應에서 필요로 하는 에너지는 거의 모두 電流(鍍金反應은 $A^+ + \ominus$ (電子) $\rightarrow A$ (金屬)이므로 反應에는 電子의 흐름 즉 電流만이 必要하다)이며, 電壓은 抵抗을 이겨서 電流가 흐르도록 하는 手段이다. 따라서 電氣抵抗이 높은 鍍金液은 抵抗이 낮은 液에 비해서 같은 電



그림 8. 自動鍍金機械

류를 흐르게 하는데 더 높은 電壓이 필요하게 된다. 이것은 마치 파이프에 水道물을 一定時間 동안 더 많이 흐르게 하려면 水壓을 높이면 되는 것과 같다. 이 때 파이프의 直徑을 크게하면 水壓이 같더라도 더 많은 물을 흘릴 수가 있다.

이와 같은 電氣抵抗이 적은 鍍金液이나 電解液을 사용하면 從來보다 낮은 電壓으로 作業을 할 수 있다. 따라서 같은 두께로 같은 面積을 鍍金할 때 電壓이 낮으므로 작은 電力으로 鍍金할 수가 있어서 省電力이라고 볼 수 있다.

나) 電解液으로 轉換

表 7. 亜鉛鍍金液과 液電壓

液 名	실험할 때의 液 電 壓	工場の 液電壓
鹽化칼리型液	2.2	2.8
鹽化암모늄型液	2.8	3.3
苛性소오다型液	5.4	8.0
靑化소오다型液	5.2	8.0

표 7은 각종 電線鍍金液의 液電壓을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 苛性소오다型液, 靑化소오다型液, 鹽化物型液등의 液電壓에 큰 차이가 있는 것을 알 수 있다. 예를 들어 直流配線의 電壓測定을 한 A工場에서 靑化소오다형 액이 鹽化칼리型液으로 轉換했다면

$$\begin{aligned} \text{절약할 수 있는 電力} &= \frac{(6.8-2.8)8,000}{1,000 \times 0.8 (\text{效率})} \\ &= 40 (\text{kw}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{節約할 수 있는 電力料金} &= 40 \times 11.5 \times 25 \\ &\quad \times 12 \times 53.67 \\ &= 7,406,460 (\text{원} / \text{年}) \end{aligned}$$

年間 740萬원 이상 節約된다.

또한 整流器도 檢討해야 한다. 最近의 整流器는 리모오트 콘트롤(리모콘), 定電壓, 定電流, 定電流容額, 소프트 스타트(低電流에서 高電流로 自動적으로 점차 흐르게 한 裝置) 등의 調整이 되는 SCR 整流器를 많이 사용하고 있다. 이들은 纖細한 自動制御가 되는 반면, 位相制御에 의해서 自動調節이 되는 것이므로 定格電壓(10V, 1,000 A用이면 10V를 말한다)을 사용하면 效率는 比較

의 좋아져 80~90%가 된다. 그러나 定格電壓 이하로 사용하면 極端으로 惡化된다.

一例로서 定格電壓 8V의 整流器를 4V에서 사용하면 整流器의 效率는 40%정도가 된다.

이렇게 되면 鍍金에 사용되는 電力보다는 열로 소모되는 양이 더 많다.

따라서 鍍金液을 靑化型에서 鹽化型으로 轉換하더라도 SCR 整流器를 그대로 사용하면 液의 轉換에 따른 省電力은 整流器의 效率低下로 相殺되어 버리던가, 오히려 消費電力이 더 많게 된다. 그러므로 이미 설치된 整流器의 트랜스를 定格電壓인 4V가 되도록 바꾸던가 트랜스의 코일을 다시 감던가 해서 整流器의 效率低下를 防止 해야 한다.

最近의 SCR 整流器는 과거의 突次式이나 스텝이달식과 같이 大는 小를 兼할 수 있다는 概念을 없애야 한다.

6) 電流效率提高로 省電力化

가) 電解液과 電流效率

크롬鍍金은 電流效率이 낮다. 그러므로 陰極電流效率을 약간이라도 높일 수 있는 液이 있다면 크롬도금은 大電流를 사용하기 때문에 省電力을 얻을 수 있다.

表 8. 크롬鍍金液의 組成과 陰極電流效率

液 名	陰極電流效率(%)
黃酸型液	8 ~ 13
弗化物型液	18 ~ 20

같은 組成이라도 不純物, 作業條件 등에 따라서 큰 차이가 있으나, 黃酸型和 弗化物型과의 效率의 차이가 최소한 5%라고 해도 年間電力料金の 차이를 計算하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{지금 8V 5,000A, 2대를 크롬도금 한다면} \\ \frac{5,000}{1,000} \times 8 \times 11.5 (\text{作業時間}) \times 25 (\text{日}) \times 12 (\text{日}) \\ \times 2 = 276,000 \text{kw} \\ 276,000 \times 53.67 \text{원} \times 0.05 = 740,646 (\text{원}) \text{의 年間} \\ \text{利益을 가져올 수 있다.} \end{aligned}$$

나) 電解液중의 不純物 除法에 의한 電流效率 向上

크롬도금액 중 黃酸型에서 鐵, 銅, 니켈, 亞鉛,

三價크롬 등의 金屬不純物이 증가하면 陰極電流 效率이 低下된다.

不純物의 濃度와 電流效率과의 關係는 그림 9 에서 알 수 있는 바와 같이 金屬不純物이 增加하면 電流效率이 相當하게 低下된다.

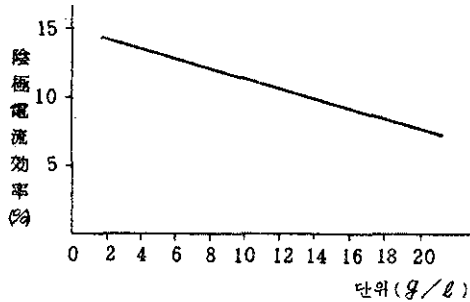


그림 9. 黃酸型 크롬鍍金液에서 金屬不純物과 電流效率과의 關係

따라서 金屬不純物이 增加하지 않도록 항상 管理하는 것이 省電力 戰略에 큰 도움이 된다.

다) 浮遊物 除去에서 오는 省電力

크롬도금액(黃酸型)에서 浮遊物質은 크롬酸鉛과 黃酸鉛이 대부분인데 이것이 電流의 흐름을 妨害하여 電流效率을 低下시켜 주며, 鍍金도 거칠게 만들어준다. 이 浮遊不純物은 濾過에 의해서 간단하게 除去시킬 수 있으나 크롬도금액은 보통 濾過를 하지 않는다.

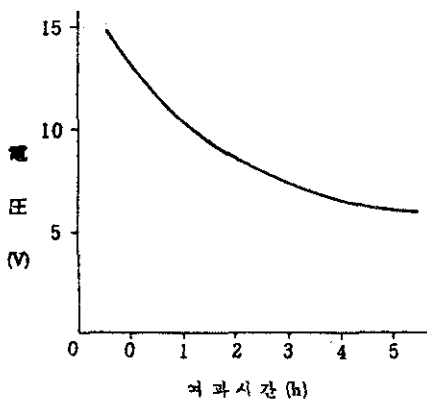


그림 10. 여과에 의한 省電力

그림10에서 이 液은 濾過前에는 4,500A가 흐르는데 11.3V가 必要하였다. 이때 浮遊物인 SS는 110mg/l 였다. 濾過를 5時間 하였더니 液電壓은 같은 電流를 흘리는데 6.6V로 低下되었다. 이

때 SS는 10mg/l 였다.

이 例로 보아 省電力은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{節約되는 電力} &= \frac{(11.3 - 6.6) \times 4,500}{1,000 \times 0.8 (\text{效率})} \\ &= 26.4 (\text{kw}) \end{aligned}$$

通電時間 8 (h/日), 作業日數 290 (日/年), 電力料金を 53.67 (원/kwh)라고 하면

$$\begin{aligned} \text{節約되는 電力量料金} &= 26.4 \times 8 \times 290 \times 53.67 \\ &= 3,287,180 (\text{원/年}) \end{aligned}$$

다만, 이때 濾過器의 動力에 2.2kw의 電力을 必要로 했다고 하면

$$2.2 \times 8 \times 290 \times 53.67 = 273,931 (\text{원/年})$$

이므로 약 300萬원 이라는 큰 金額을 年間節約할 수가 있음을 알 수 있다.

7) 排氣電力의 削減

가) 미스트防止劑

電解反應에는 미스트(mist, 물방울)의 發生이 수반되는 경우가 많다. 보통 이런 때는 局所排氣나 局所排氣와 全体換氣를 併用해서 作業環境을 깨끗하게 하고 있다.

특히 酸이나 알칼리液으로 電解하는 즉 亞鉛電解製鍊, 크롬鍍金, 黃酸皮膜工場 등에서는 보통 面積 1 m²당 30~50m³/分の 排氣를 하고 있는데 槽가 大型이 되면 排氣에 요하는 電力도 적지 않다. 또한 吸氣된 미스트는 浮化裝置를 통해서 제거할 수 있지만 濕式除去일 때는 洗淨펌프의 電力, 吸氣用 藥品費, 管理費 등이 의외로 많이 所要된다.

따라서 미스트防止劑를 사용하여 排氣裝置 및 排氣電力을 削減하고자 할 때 最近에는 耐藥品性 耐熱性이 우수하면서도 低發泡性이며, 미스트防止力도 높고 水洗性도 좋은 것이 2~3가지 市販되고 있다. 이들은 適切히 사용하면 強制排氣를 廢止해도 좋은 우수한 性能을 가지고 있다.

특히 크롬鍍金에서는 補完하는 크롬酸의 1/3이 미스트로 없어진다고 한다. 따라서 省資源的, 省에너지의 立場에서 볼 때 미스트가 가지고 가는 熱損失이 크므로 이런 方法을 廢止하도록 한다.

나) 알루미늄의 黃酸 酸化皮膜

液表面積 12.8m², 液量 16,000l, 電流 8,000 A 인 工場에 미스트防止劑를 添加해서 미스트의 發生을 防止하고, 排氣設備의 運轉을 廢止했다면 排氣팬 5.5kw × 2臺

洗淨 펌프 0.7kw×2 대 計 12.5kw가 절약 된다. 따라서 얻을 수 있는 利益 經費는

$$\begin{aligned} \text{節約한 電力料金} &= 12.5 \times 11 (\text{時間/日}) \\ &\times 25 \times 12 \times 53.67 \\ &= 2,213,887 (\text{원/年}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{미스트防止劑의 費用} &= 200 / \text{月} \times 12 \text{月} \\ &\times 6,500 \text{원} \\ &= 1,560,000 (\text{원/年}) \end{aligned}$$

$$2,213,887 - 1,560,000 = 654,000 (\text{원/年})$$

이다.

이외에 소음이 없어지므로 작업능률 향상에도 큰 보탬을 준다.

8) 모오터類의 省電力運轉

電解工場이나 도금工場에서는 濾過器 循環펌프, 排氣팬, 排水펌프, 콤프레서, 工作機械, 오일머머너, 크레인, 電解裝置 등 三相모오터의 使用個所가 대단히 많다. 여기에는 주로 三相 200V, 4極 모오터가 사용되고 있으며 이것의 省電力運轉法은 다음과 같다.

表 9. 電圧과 周波數가 모오터에 미치는 影響

	電圧이 變化했을 때	周波數가 變化했을 때
同期速度	速度의 變化없다.	比例的으로 速度變化
無負荷電流	2~3 乘에 比例해서 電流가 變化	2~3 乘에 反比例
無負荷損失	2~3 乘에 比例해서 損失이 커진다.	2~3 乘에 反比例
定格電流	電圧이 減少하면 電流가 增加한다.	反比例
始動電流	比例해서 電流가 커진다.	反比例
停動틀쿠	自乘에 比例	自乘에 反比例
最大出力	自乘에 比例	反比例
始動틀쿠	自乘에 比例	自乘에 反比例
効 率	電圧이 減少하면 効率が 低下한다.	比 例
力 率	電圧이 增加하면 力率が 低下한다.	比 例
스 립	自乘에 反比例	比 例
溫度上昇	電圧이 약간 上昇해도 거의 溫度變化없다. 大幅的인 電圧上昇 및 低電圧일 때 溫度가 上昇한다.	出力一定한 경우, 周波數가 上昇 溫度는 低下된다.
備 考	周波數가 一定하면 電圧도 一定	電圧이 一定하면 周波數도 一定

가) 人力電圧의 影響

모오터에 들어가는 交流電圧이 定格電圧 (200 V) 보다 높던가 낮던가 하면 표 9와 같이 모오터에 영향을 주게 된다. 즉, 電源電圧이 上昇하면 出力, 無負荷電流는 증가하지만, 力率은 低下한다.

交流電力은 低壓電力契約에서는 柱上 트란스로, 高壓變電電力契約에서는 自家變電室의 트란스로 適切히 電圧을 調整할 수가 있다. 일반적으로 定格보다 트란스電圧은 높으므로 使用 모오터의 仕様에 따라서 電圧을 調整하면 된다.

低壓電力契約일 때는 피크電力時間帶 에서는 電圧이 低下할 때가 있으므로 電力会社에 問議할 必要가 있다.

나) 負荷率의 影響

일반적으로 機械에는 큰 모오터가 붙어있게 마련이고 機械가 100% 稼動하고 있을때도 모오터의 負荷는 100%가 걸리지 않을 때가 많다. 그림 11은 모오터의 負荷率과 効率, 力率의 關係를 나타낸다.

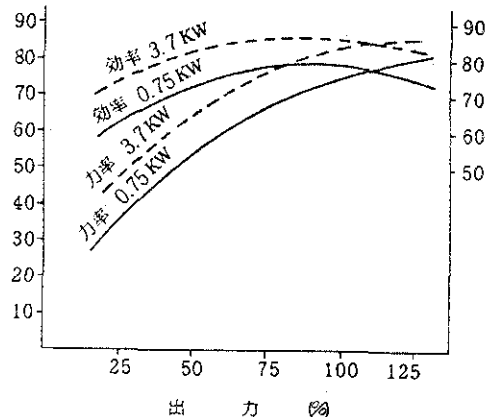


그림 11. 誘導電動機의 効率, 力率特性

보통 三相 200V 4極모오터의 全負荷時 (負荷率 100%)의 力率은 80~85%라고 하며 그림과같이 負荷率이 低下하면 力率도 低下한다. 그래서 이 力率低下分을 低壓進相콘덴서로써 補完 하는 것도 한가지 方法이다.

進相콘덴서의 進相이라고 하는 것은 그림 5에서 相의 사이클波形的 높은 位置가 서로 겹쳐야 100%의 힘 즉 力率 100이 되지만 相이 서로 附合되지 않으면 즉 電流의 相이 늦으면 遲相이라고 하여 100%의 힘을 얻을 수가 없다. 따라서 電流의 相을 빠르게 하는 進相콘덴서를 사용하고 있

는데 모오터 등은 遲相이므로 進相콘덴서를 사용하면 相이 附合된다.

進相콘덴서는 變電室 내에 設置하기도 하고 高壓側 즉 트란스보다 앞이다 電力会社側에서 力率改善을 위해 「高壓進相콘덴서」를 設置한다. 이것은 트란스 이후의 需用家側의 力率改善을 위한 것이 아니기 때문에 需用家は 각각 進相콘덴서를 적소에 設置해야 한다. (보통 모오터 옆)

表9에서 參考值로써 모오터의 全負荷電流 를 알게되면 모오터의 電流計가 나타내는 電流의 값과 이 표의 電流의 값이 100%負荷이며, 電流計의 값이 표의 값보다 낮은 값이면 負荷가 적다는 것을 의미한다. 너무 輕負荷로 電流가 적을 때는 過大모오터를 사용하고 있는 것을 交替할 필요가 있다.

表 10. 三相 誘導모오터와 進相콘덴서 容量

	定格出力 (KW)	全負荷電流 (A)	無負荷電流 (A)	콘덴서容量 (μF)
4 極 모오터	0.2	1.4	1.0	15
	0.4	2.3	1.6	20
	0.75	3.8	2.5	30
	1.5	6.8	4.1	50
	2.2	9.5	5.4	75
6 極 모오터	3.7	15	8.1	100
	5.5	25	15	175
	7.5	33	19	200
	11	47	25	300

이와 같은 표가 없더라도 모오터의 適正電流를 알면 kw數의 4 倍, 또는 電力數의 3 倍의 암페어數가 大략적으로 基準電流라고 생각하면 된다.

다) 펌프 모오터

물이나 溶液을 사용하는 工場에서 廢水處理 등에 사용되는 펌프의 所要電力은 다음 式으로 구할 수 있다.

$$L = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75\eta}$$

여기서 L : 펌프의 所要電力(HP)

H : 揚程 (m) γ : 液의 比重(물 : 1.0)

Q : 吐出量 (ℓ / sec)

η : 펌프의 效率(표10參照)

실제로 펌프用 모오터를 選定할 때는 L에 係數 1.1~1.2를 곱한 것을 모오터의 所要動力으로 하면 된다.

表 11. 펌프의 效率

펌프의 種類	센트리퓨갈펌프		터빈 펌프		往復動力 펌프
	小型	大型	小型	大型	
效率 η	0.6~0.65	0.75~0.80	0.65~0.72	0.75~0.82	0.75

溶液이나 스라지의 脫水에 사용되는 濾過器, 脫水機는 펌프와 濾材의 結合이므로 加壓濾過에서 처음으로 濾液이 잘 빠져서 吐出量當의 電力은 작아도 된다. 그러나 濾材表面이 배워져서 濾過抵抗이 증가하면 濾液이 잘 빠지지 않는다. 즉 最高 濾過量에 대한 消費電力은 濾過器의 運轉時間에 비례해서 증가한다.

따라서 어느 經濟壓力의 時점에서 濾材의 洗淨이나 交換을 하지 않으면 電力效率은 低下하게 된다. 最近 省入力의 方面으로 自動洗淨 또는 自動濾材更新型的 濾過器가 登場했다.

라) 기타의 省電力

廢水處理에서의 廢水가 流入되고 있지 않아도 攪拌機가 廻轉하고 있다던가, 配電盤의 開閉器에 端子의 나사가 느슨해서 電線과의 熱을 받고 있다던가, 被覆電線의 皮복이 헐어서 漏電이 된다던가 配線이 가늘어서 熱을 받고 있다던가, 排氣가 다 되었는데도 排水팬이 돌고 있다던가, 하는 낭비는 省에너지의 逆方向이다. 近年에 마이크로컴퓨터나 마이크로 프로세서를 사용하여 相當히 복잡한 處理工程을 간단히 處理하고 있다. 이런 方法은 省力化가 되는 동시에 省電力, 省資源도 된다.