

工場에서의 電氣使用合理化 診斷

李 光 遇

(韓國電力(株) 技術研究所所長)

1. 電氣使用合理化的 意義와 基本概念

近來 에너지節約 節電이라는 말은 항간에 많이 퍼져있어 그 重要性은 누구나 인식하게 되었다. 電氣 自體는 元來 危險性을 內包하고 있으나 便利한 것이고, 淸淨(Clean)에너지로서 一種의 文明의 利器이다. 따라서 電氣는 利用은 하되 現在와 같은 世界의 에너지 狀況下에서는 그 使用이 至極히 合理的이라야 한다.

電氣의 使用合理化에는 電力에너지(KWH)節約과 電力피크(peak)值의 抑制라는 兩面에서 恒常 고려하여야 한다.

電力의 使用合理化가 이루어질 때 國家의 에너지供給 負擔이 輕減되며 企業内の 電力使用管理가 効率化되어 收益이 向上되고 企業의 生産性이 좋아진다. 近來 電力費의 製品原價에서 차지하는 比率이 上昇하고 있음으로 電氣使用合理化로 인한 節電은 原價節減面에서 極히 重要하다.

元來 工場에서의 重要工程의 스피드化와 設備의 大形化로 生産量을 增大시켜 原單位를 低減시켰다. 그러나 過去設備를 最新의 量産設備

로 바꿈으로써 생기는 에너지節約은 生産과 需要의 增大를 前提로 한 것이고, 이것이 不透明할 때는 오히려 經濟的으로 不利하다. 따라서 이러한 경우 現存設備의 活用에 따르는 電氣使用合理化는 꾸준히 推進되어야 한다.

2. 電力設備의 負荷調整

電氣의 使用合理化는 그 結果가 電氣料金으로 나타난다. 즉 電氣料金이 同一 目的을 이루는데 前보다 감소하였다면 이는 電氣의 使用合理化가 向上되었다고 할수 있다.

電氣料金은 大體로 契約電力(kW, 피크值와 關係)과 電力量(kWH) 및 그 使用時間帶에 따라 決定된다.

우리나라의 契約電力에 關係되는 需用料金은 産業電力(甲)의 경우 深夜使用時는 常時보다 80%가 割引된다. 主로 水資源에 依存하는 特殊條件에 있는 스위스는 國際的 電力融通을 利用하여 外國에서 夜間電力量을 購入하고, 피크時에 反對로 外國에 販賣한다. 즉 深夜에 kWH를 사고, 피크時에 kW를 파는 努力을 하고 있

는 나라이다.

前述한바와 같이 電氣使用合理化로서는 피크抑制와 電力量의 節減을 생각하여야 하는바 피크抑制를 위해서는 電力供給者가 하는 load control과 수용가 스스로가 하는 demand control이 있다.

冷房需用의 伸長이 크고 冬期피크부터 夏季피크로 轉換된 會社가 많은 美國에서는 1974年の 石油危機 以後 負荷管理와 이를 돕기 위한 電氣料金制의 改革에 큰 關心을 가지고 있다.

우리나라의 電力量料金は 産業用 電力(2)의 경우 深夜에 비해 最大負荷時(18時 또는 19時~22時)는 극단의 경우 7倍까지 上昇한다. 따라서 電力使用時의 時間帶(輕負荷時, 重負荷時, 最大負荷時) 調整은 經濟性이 크다.

(가) load control

load control system은 歐州에서의 ripple control로 알려진 것으로 配電線을 使用하여 需用家의 溫水器, 洗濯器(10kW 정도) 등의 專用回路의 開閉나 2種計器의 晝夜間의 切替에 利用되고 있다. 美國은 歐州가 低周波信號를 使用하고 있는데 對하여 高周波信號를 使用하며 또 自動檢針등에도 試驗實施하고 있다.

load control system은 定해진 수용가負荷設備를 대상으로 一定時限으로 開閉조작하는 것이며, 元來가 深夜負荷의 開發을 主目的으로 발전한 것이다. 그러나 이 load control system은 膨大한 設備投資와 長期的 建設期間을 必要로 하기 때문에 가까운 將來의 需給對策으로는 困難할 것으로 보인다.

(나) demand control system

수용가가 어느 一定容量(kW) 이내로 使用電力을 抑制하면서 負荷設備를 효율적으로 가동시키는 것을 목적으로 한 것이다. 스위스·독일·일본 등에서 代表的인 것이 보인다.

demand control system은 억제 目標 kW가 自由로 선택되고 容量도 여러가지로 開發 할

수 있다. 元來 수용가의 料金부담을 輕減시키려는 동기에서 설치하게 된 것이다. 이것은 load control system과는 달리 開發하는데 長期間을 必要로 하지 않으며 需給面에서 實効의 可能性이 있다고 생각된다.

3. 工場에서의 電氣使用合理化의 推進과 實施上の 문제점

工場에서 電氣使用合理化를 추진코자 할때 다음과 같이 三段階로 고려한다. 우선 第1段階의 短期對策으로는 工場内の 管理 強化로 節電을 주로 하여 即効性을 얻도록 努力하여야 한다. 第2段階로서의 中期對策으로는 節電의 方向을 選定하고 이것을 工學的으로 分析하고 工程을 解析하여 高에너지價時代에 適合한 設計改革과 投資를 수반하는 設備改造 등도 고려한다. 第3段階로서의 長期對策으로는 將次の 에너지需給 바란스와 이의 確保安全性을 고려한 對策의 장구가 있어야 한다.

실제로 이러한 合理化를 시행코자 할때 使用合理化를 위한 管理者 技術者가 없고 또 使用合理化의 方法이나 技術에 대한 知識이 없는 경우도 생각할 수 있다. 또 이러한 技術中 아직도 未開發狀態인 것도 있을 수 있다. 한편 採算面에서 볼 때 어려운 資金調達이 수반하여 使用合理化의 效果가 不分明한 경우도 있을 것이다. 따라서 關係機關의 指導와 援助가 必要하게 된다.

4. 工場에서의 電氣使用合理化의 診斷要點

工場에서의 電氣使用合理化에 關한 診斷을 할 때 모든 것을 全部 列舉할 수는 없으나, 其中 電力管理, 設備管理, 節電管理面에서 大體的으로 共通事項인 것을 골라 기술하기로 한다.

[A] 電力管理

(1) 使用電力量과 最大電力을 把握한다

使用電力量의 把握은 電氣使用合理化를 추진하는데 가장 基礎的인 일이다. 每月 記錄保管함과 동시에 一覽表를 만들어 과거 실적과 항상 比較檢討가 가능하도록 한다. 더욱 내용이 動力과 照明 그리고 季節的인 변동, 冷暖房에 관련되는 負荷變動상태를 포함하고 있으면 더욱 좋다. 使用電力量의 增減의 比較로 電力使用의 大體的인 傾向을 알수 있고 管理調整의 資料가 되어 具體的인 改善策이 마련된다.

最大電力의 과악은 受電契約上뿐만 아니라 設備保全과 損失을 경감시키는데 있어서도 重要한 項目이다. 實測時에 기록電力計나 기록 電流計를 이용하면 더욱 좋다.

(2) 主要製品에 대해서 電力原單位를 算出하고 그 向上대책을 검토한다

電力原單位(消費電力量 / 總生産量)는 電力의 경우 kWh로서도 表示되고 金額으로도 나타낼 수 있으나, 金額의 경우 物價의 影響을 받아 變動하기 쉬우므로 kWh 表示가 좋다. 이 電力原單位는 生産効率과 關係가 깊고 따라서 電氣使用合理化의 實績比較指標로 할 수가 있다. 消費電力量中에는 生産量에 比例하는 比例電力과 生産량과는 無關係이나 必要한 電力 즉 固定電力 및 生産에는 꼭 必要하나 生産量에 比例하지 않는 電力 즉 中間電力이 있다. 比例電力은 技術改善으로 절감되며 工程管理와도 關係가 있다. 固定電力은 工場을 維持하기 위한 常時 一定하게 소비되는 照明, 給水, 衛生用電力이다. 中間電力은 콘베이어 乾燥炉와 같이 量에는 그리 關係가 없으나 生産에는 꼭 必要한 電力이다.

工程管理의 良否에 따라 固定電力, 中間電力의 比例電力에 대한 影響이 달라진다.

生産技術의 개발, 自動化, 品質改善 등은 積極的인 電力原單位向上策이라고 생각된다.

電力原單位는 製品에 따라 一定 범위의 概略値는 있으나, 工程, 原材料加工方法, 生産量 등

에 따라 다른 그 工場 獨特한 것이다. 이의 向上은 自己改善의 指標이기도 하므로 電力原單位의 기준치(目標値)와 實績値의 차이를 구명하여 向上對策과 연결시켜야 한다.

(3) 負荷率의 算出과 改善을 검토한다

負荷率은 平均電力量을 最大電力으로 나눈 값으로 이것에 의하여 電力의 使用狀況을 짐작할 수 있다. 負荷率의 變動차이는 工場의 操業狀況의 차이를 나타내는 경우가 많고, 또 負荷率이 높을수록 電力單位가 싸고 諸設備를 有效하게 利用하고 있다고 볼수 있다.

負荷率의 改善은 最大電力을 억제하는 것과, 平均的으로 電力을 使用하도록 하는 것이다. 특히 夜間에 電力使用을 이동시킬수 있으면 큰 改善이 된다. 負荷率이 크게 向上되면 契約電力의 저감도 고려할수 있다. 工場의 조업 상태를 검토하여 부하율을 개선하여야 한다.

[B] 設備管理

(1) 變壓器의 負荷를 測定한다

受變電設備는 工場에서는 基幹設備의 하나이며 그중에서도 電氣使用合理化와 關係가 깊은 것은 變壓器이다.

變壓器의 容量은 負荷에 비해 너무 크면 電力損失이 커지며, 또 反對로 너무 적으면 溫度上昇이나 수명에 지장이 되므로 적정한 容量을 選定해야 한다. 또 效率 좋게 使用되고 있는지 定期的으로 체크하고 不必要할 때는 차단한다.

(2) 進力率을 防止하기 위하여 콘덴사는 開閉하면서 使用한다

力率이 저하하는 原因은 回路에 코일이 있는 機器가 접속되고 있는 경우이며 특히 小出力의 誘導電動機가 많이 있는 경우와 電氣溶接機가 있으면 力率は 낮아진다.

力率의 改善에는 경제적이고 保守가 간단한 進相用 콘덴사를 설치하는 것이 一般的인 方法이다.

力率의 改善으로 電力損失의 輕減 電壓 降下

및 電壓變動率의 減少效果가 있으며 生産性이 向上되고 電氣料금이 割引되며 現存設備에 여유가 생기게 된다.

콘덴서는 적용상 그 容量이 負荷에 적합한지 검토하고 可及的 負荷末端에 연결한다. 또 進力率이 되는 것을 防止하기 위하여 休日이나 輕負荷일 때는 回路에서 分離시킨다.

(3) 回路別負荷와 末端의 電壓降下를 측정한다

配電設備가 效率의으로 使用되고 있는지, 配電容量에 대해서 負荷가 과대하지 않은지, 체크하는 것은 設備의 有効利用과 電壓降下의 감소 過熱防止上 必要한 것이다. 또 負荷測定부터 使用電力量을 製品別, 工程別, 用途別로 파악할 수 있으며 電力原單位의 算定에도 利用할 수 있다.

電動機와 같은 電氣機器는 一般으로 定格 電壓으로 使用하는 것이 가장 效率이 좋고 수명에도 利롭다. 普通 負荷端의 電壓이 문제가 되는 데도 送出端의 電壓을 보고 그 適否를 論하는 것을 많이 본다. 주의해야 할 점이다. 線路에는 여러가지 負荷가 걸려있고 이것이 變動하므로 電壓도 時時刻刻 變化한다. 따라서 負荷點에서 의 電壓의 變化를 파악하고 이것이 甚한 것은 개선해야 한다.

電壓降下를 적게 하기 위하여 負荷에 적합한 電線 굵기와 높은 電壓을 선택하고 線路는 짧게 한다. 電氣溶接機와 같은 負荷는 이것을 別個 回路를 마련하여 연결한다.

(4) 電動機의 負荷를 測定하고 點檢을 실시한다.

보통 工場消費電力의 大半은 電動機 負荷이다. 電動機가 效率이 第一 좋은 負荷상태에서 가동하도록 수시로 負荷를 測定한다.

電動機는 또 回轉機械이므로 點檢을 잘 하지 않으면 電力損失이 많아지고 고장의 원인도 된다. 分解掃除 등 日常點檢, 精密點檢을 실시하여 效率 좋은 운전이 되도록 한다. 其他 絶緣抵抗, 接地抵抗, 絶緣耐力, 溫度上昇과 같은 測定도 必要하다.

특히 電動機의 補修와 修理를 要하는 경우 延世大 오상세교수가 고안한 ring short coil 을 利用한 回轉子로 바꿔 使用하는 것을 권한다. 한 例로서 1HP 誘導電動機의 경우 100% 負荷에서 效率이 10% 以上 向上되고 過負荷特性이 大端히 우수하기 때문이다.

(5) 電動機의 空運轉을 防止한다

電動機는 보통 相對機械와 連結되고 있음으로 空運轉이라 하더라도 그 消費電力은 無視할수 없다. 따라서 必要없을 때는 一時 정지시켜서 空轉로스 없애야 한다. 空轉時間이 짧을 때는 空轉時 電力量과 始動時 電力量의 比較에 따라 空轉억제 여부를 決定한다.

電動機가 無負荷상태가 되면 自動停止 시키거나 警報를 發하게 하고 作業工程을 自動化시켜 作業의 준비시간을 짧게 한다든가 스위치는 作業者의 조작하기에 便利한 곳에 設置하는 것등은 空轉을 防止하는 對策이 된다.

(6) 作業面의 照度를 測定하고 照明器具를 清掃 保守한다.

作業能率과 安全性을 向上시키기 위하여 照明器具의 밝기와 빛의 色이 適正해야 한다. 目的에 따라 適切한 灯具를 選定하고 點滅장치 의 取付 清掃와 定期保全에 留意한다. 即 灯具의 높이와 灯具間隔을 合理的으로 하고 反射率이 높고 效率이 높은 光源, 灯具를 定格電壓에 서 使用하도록 한다. 作業面의 照度는 必要에 따라 測定한다. 灯具의 反射面과 렌즈의 먼지는 照度を 현저하게 抵下시킴으로 定期的인 청소가 必要하다.

照明器具는 使用期間에 따라 光束이 감소하고 電壓降下, 먼지 등으로 그 機能이 떨어진다 壁面의 더러움과 變色에 依한 反射率의 低下를 방지하기 위해서는 청소와 새칠을 하는 것이 效果의이다.

(7) 不必要時의 消燈을 爲한 配電設備와 晝光利用이 適切해야 한다.

晝光(自然光)은 가장 싼 光源이며 이것을 有

効하게 利用하는 것은 快適性뿐만 아니라 節電面에서도 重要하다. 한편 窓부터의 入射熱은 冷房負荷에 주는 영향이 크므로 冷房建築에서 照明과 空調의 양쪽을 充分히 加味해야 한다.

照明은 不必要할 때 끄는 것이 重要한데 이렇게 할수 있는 配線에 유의해야 한다. 한 回路에 많은 灯具가 들어 있으면 이것을 數個回路로 나누고 可能하면 個別스위치를 取付한다. 또 建物の 出入口, 通路, 階段 등에서는 三路스위치를 利用하는 것이 좋다.

(8) 電氣溶接機에는 콘덴사를 取付한다.

電氣溶接機는 力率이 낮고 또 負荷를 단속(斷續)시키는 동작이 빈번하고 1回 通電時間이 짧다. 이와같은 低力率負荷는 電氣料金도 割増되므로 溶接機의 1次回路에 進相用 콘덴사를 取付하여 力率을 개선한다. 이로因해 電氣料金上的 利點뿐만 아니라 配電線의 電壓降下와 電壓變動이 감소하고 電源設備에 여유가 생겨 生産性이 向上된다.

(9) 電氣炉의 벽과 문의 開閉에 따르는 熱損失에 留意하고 溫度制御장치를 檢査한다.

電氣炉에서는 炉壁부터의 熱損失과 문을 開閉할 때 外部로 放散하는 熱損失 및 被加熱物 出入時에 使用하는 容器 때문에 생기는 熱損失이 있다. 따라서 炉壁의 두께와 構造를 檢査하고 문의 開閉回數를 줄이고 被加熱物 出入時의 容器의 材料 構造를 檢査 改善한다.

炉의 溫度制御를 自動化시키면 計劃에 따르는 所定品質의 것을 얻을수 있고 人件費의 節減과 熱損失의 낭비를 방지할수 있다.

電熱設備는 電動機 變壓器와 比較해 볼때 各種 熱損失이 많고 그 保温性能 여하에 따라서는 熱效率에 相當한 幅이 있음으로 計劃 設計段階에서 熱效率과 自動制御方式을 明確히 하고 溫度 過昇防止等 安全對策도 세운다. 또 이들 過熱防止장치를 定期的으로 檢査해야 한다.

[C] 節電管理

(1) 經營者は 節電의 必要性을 인식하고 그 推進體制를 마련한다.

節電은 國家的, 國際的 課題이며 企業에서의 節電에 대한 關心과 推進은 社會的 義務이기도 하다. 그러나 節電이라고 하면 곧 不便을 참고하는 節約이라고 생각하기 쉬우나 어디까지나 電氣에너지의 高效率 活用을 目標로 하고있는 것이라는 것을 잊어서는 안된다.

工場에서의 節電推進은 스스로 調査研究하는 등 꾸준히 努力을 계속해가는 것이 가장 重要한 것이다. 經營者は 從業員의 先頭に 서서 節電을 指揮하고 激勵하는 태도이어야 한다. 또 節電을 강력히 推進하기 위해서 단순한 마음가짐만으로는 不足하고 이에 대한 體制와 擔當者의 選定이 不可缺한 것이다.

(2) 電氣以外的 重油, 증기등 에너지使用 實態를 파악한다.

各原料는 여러가지 에너지를 선택使用하여 한 개의 製品으로 加工된다. 各工程은 가장 低廉한 加工費로 目的達成이 되게 研究되고 있다. 따라서 電力뿐만 아니라 다른 에너지使用 과의 合計를 調査하고 比較함으로써 將次의 電氣 및 其他에너지의 使用合理化를 강구해야 한다.

(3) 作業工程改善으로 코스트低減을 검토한다.

코스트低減 合理化는 工程의 간소화와 原料料의 餘分과 設備 에너지등의 餘力을 축소함으로써 이루어진다. 따라서 工程, 原材料, 設備, 加工方法 등의 改訂으로 品質개선, 원가절감 등의 실적과, 또 改訂前後에 있어서의 電力原單位 또는 電力使用量의 變化를 파악한다.

(4) 外灯, 看板灯 등에 自動點滅器, 타이머등을 使用한다.

일반으로 사람이 조작하는 것은 잊기 쉽다. 不必要한 照明은 自動除去시켜 節電에 기여하여야 한다. 節電의 即効는 照明부터 나오므로 많은 사람이 보는 晝間에 있어서의 外灯의 點灯 狀態는 없어야 한다.

(5) 冷暖房의 設定溫度의 適正化 및 斷熱材의 活用 등 節電을 目的으로 한 管理를 한다.

冷暖房의 實施時期를 定하고 溫度를 규정해 둔다. 節電을 위한 斷熱材의 活用實績을 調査하고 또 이들의 實施計劃을 마련한다.

5. 節電改善事例

工場設備의 운영을 電氣使用合理化面에서 診斷을 하고 그 內容을 分析檢討하면 뭔가 問題의 解決策과 改善方案이 나온다.

한 工場의 문제解決方案이 他工場의 改善策이 반드시 된다고는 할수 없다. 그 問題가 工場間에서 同一하게 보여도 各工場이 갖고 있는 문제 발생 前後的 상태와 條件이 同一하지 않기 때문이다. 그러므로 他工場의 成功事例를 導入할 때는 그 문제의 발생 原因과 대책 실시까지의 經過조치에 대한 조사를 하는 것이 重要하며 이것은 또 自己能力의 啓發에도 도움이 된다.

한 工場의 節電事例에서 그 數値내용을 詳細히 列擧하여도 이것을 참고로 하는 입장에서는 큰 意義가 없음으로, 여기서는 前章과 다소 중복되는 點이 있으나 節電改善 事例의 개략 내용을 기술하기로 한다.

(1) 變壓器停電에 의한 節電

同一容量의 變壓器 3 臺로 운전하고 있는 한 工場에서 減産體制에 따라 平均負荷가 감소한 경우 2 臺 운전으로서 電力을 절감한 例가 있다. 運轉臺數의 變更이니까 所要費用은 없으며 단지 鐵損이 1/3 감소한다. 銅損은 電流의 自乘에 比例하므로 1 臺 停止時 오히려 全體損失이 증가하는 경우도 있음으로 注意를 요한다. 長期間에 걸쳐 同一變壓器를 停止시키는 것보다 交代로 停止시키는 것이 절연 管理上 有益하다.

(2) 電動機의 空運轉의 防止

한 組立工場에서 一部 製品部署의 停滯로 工

程間의 흐름이 나쁘고 設備의 가동율이 低調하였다. 또 電動機의 空運轉臺數와 空運轉時間이 40% 정도까지 되었다. 이러한 狀況에서 제품의 흐름을 좋게 하기 위하여 설비의 配置를 全面的으로 變更하였다. 또 空運轉이 많은 設備은 無接點계전기, 光源스위치 등을 利用하여 製品을 檢出하여 自動운전정지가 되게 하였다.

(3) 事務照明的 回路分割

事務室 照明에서는 밝은날 自然光으로도 充分한 밝기인데도 불구하고 回路關係上 消灯할수 없는 경우라든가 數名의 殘業에 相當한 部分까지 點灯하는 경우가 있다. 이때 사무실의 作業狀況과 照度를 조사하고 自然光의 有効利用을 檢討하였다. 窓側의 灯에 單獨스위치를 取付하고 個別點滅이 되도록 하였다.

(4) 피크抑制

㉑ 製品의 製作과 試驗을 하는 工場에서 電力費의 檢討를 해본 結果 最大電力이 豫想보다 높은 것을 알았다. 여기서 日日電力管理表를 만들어본 結果 A試驗負荷와 B試驗負荷가 重複되어 피크가 上昇하였음이 나타났다. 여기서 A, B試驗作業을 午前·午後로 分離시킴으로써 相當한 피크의 抑制가 가능하였다.

㉒ 夏季冷房電力으로 피크가 決定된 工場에서 塔式冷凍機의 運轉을 심야로 이행시켰다. 즉 蓄熱槽를 設置하고 심야에 冷水를 만들고 晝間에 그 冷水와 電力消費量이 적은 吸收式 冷凍機를 併用하여 冷房하였다. 이로 因해 相當한 피크의 감소를 이루었고 동시에 電氣料金이 삭감되었다.

〈참고서적〉

- (1) 省에너지의 實際(日本省에너지센터)
- (2) 電氣使用合理化의 實務手引(日本電氣協會)
- (3) 中小企業 診斷指導委員用매뉴얼(日本省에너지센터)