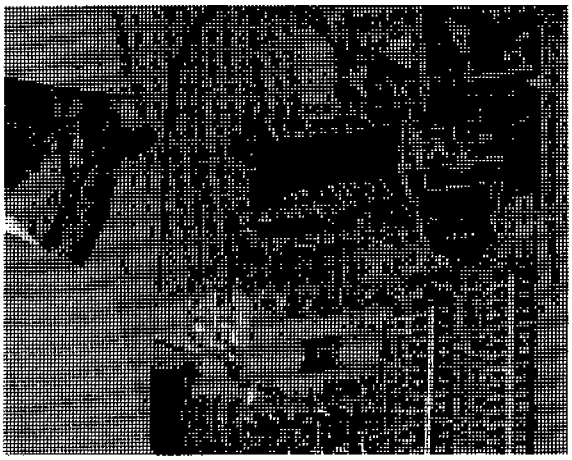
에너지 節約을 위한 連載



運轉改善으로 達成할 수 있는 에너지 節減

③

1·2·4 電力管理와 計測

電力의 에너지 節減成果는 企業인 以上 窮極的으로는 企業 비젼에 의하여 經濟效果로 評價된다. 電力供給者側에서 말하면 어떻게 하여 供給 코스트를 줄일 수 있나에 있고 電力消費者側에서 보면 어떻게 하여 電氣料金의 支拂을 줄일 수 있나에 있다.

電力供給者側에서 보면 다음과 같은 두가지의 課題가 있다.

(a) 發電效率의 向上이나 送配電損失의 低減等 에너지 損失의 低減

(b) 脫石油를 中心으로 한 代替 에너지 源을 값싸고 安定되게 入手하여 電力으로 加工한다.

모두가 供給 코스트의 低減을 目的으로 하고 있는데 에너지 節減은 그 手段의 하나이다. 電力消費者側에서는 合理的이고 또 科學的인 電力管理를 하여 다음과 같은 두가지 일을 한다.

(a) 電力使用의 合理化에 努力하여 電力原單位의 向上을 도모, 電力料金의 支拂을 低減한다.

(b) 電力料金의 構成要素를 잘 利用하여 料金을 節約한다

이 모든 것을 에너지 節減이라 하겠다. 後者는 에너지 節減이 아니다라고 생각할 수도 있으나 電力供給者를 包含한 큰 視野에서 보면 훌륭한 에너지 節減인 것을 알 수 있다. 電力料金은 原價主義에 의하여 決定되는 것으로 料金 레이트의 값싼 電力은 그 나름대로 相對的으로 적은 에너지로 生産된다고 생각하여도 좋기 때문이다. 또 이 構成要素를 잘 利用하는 努力 속에 電力量의 低減이나 所內損失의 輕減이 도모되는 일이 많다.

個個의 에너지 節減을 하는데 있어서의 着眼點이나 手法은 다른 데서 記述하기로 하고 여기서는 電力料金의 構成要素 및 計測과의 關聯 事項을 약간 記述하기로 한다.

(1) 電力料金의 構成要素

모두 아는 바와 같이 「電氣供給規定」에 자세하게 表示되지만 力率改善에 의한 基本料金의 割引이나 값싼 深夜料金의 利用等 올바른 計測과 改善에 의한 構成要素의 活用等을 생각할 수 있다.

(2) 日負荷曲線

30分 또는 60分 單位로서 日負荷曲線을 作成하는데, 自動的으로 印字記錄하는 裝置를 使用하면 便利하다. 피크 値 및 피크가 發生하는 時間帶를 찾아 그 原因을 알고 그것을 다른 時間帶에 옮길 수 없는가를 檢討한다. 契約電力은 年間契約이므로 1年中에 가장 많은 時期에 重點을 둔다. 契約電力을 넘는 일이 年에 아주 적을 때는 그때에 과감하게 負荷를 줄이는 것이 利得이고 또 契約電力을 줄일 수 있는 경우도 많다. 負荷의 移動이나 줄여야 할 負荷, 調整하여야 할 生産量, 手段, 体制 등의 檢討를 充分히 한다. 이 基礎가 되는 것은 時間마다 또는 年마다의 電力消費의 實態를 細部에 걸쳐 計測調査한 資料이다.

(3) 測定値의 同時性

關聯되는 複數의 測定値를 比較檢討할 때 그 同時性을 잃어 버리면 안된다. 여기서는 비근한 例로서 디멘드 時限開始時刻과의 同期를 든다. 디멘드 値를 正確하게 알기 위하여는 去來用 最大需用電力計의 時限開始 時刻과 電力量計를 읽는 타이밍의 사이에서의 同期가 필요하다. 표1·3에 同期가 흐트러졌을 때의 例를 들었다. 同時刻을 옆으로 比較하여 보기 바란다. 差異가 나는 것은 당연 負荷變動이 클 때 크게 된다.

(4) 力率의 改善

力率改善用 콘덴서를 設置하여 力率改善을 하고 있으나 負荷의 變動이나 輕負荷時에 콘덴서 容量이 過大하여 進電流가 되는 곳도 이따금 볼 수 있다. 電力料金의 構成要素로 보아 뒤진 力率의 改善에 대한 一般의 關心이 높으나 앞선 力率에 대해서는 無關心하다 할 수 있다. 앞선 電流에 의한 系統電圧의 上昇도 생각되고 또 變圧器나 系統의 損失增加는 實際로 電力量料金에도 연관을 준다. 앞선 力率用 無效電力量計나 力率計 등에 의하여 앞선 力率의 實態를 파악하고 콘덴서 容量의 再檢討나 負荷에 따른 콘덴서의 開閉를 實施하여야 한다.

(5) 損失分析

設備等의 定常的인 運轉狀態에서의 損失이나 使用狀況의 變化에 따른 損失, 그리고 管理上의 損失等 여러가지 損失이 있다. 設備의 效率向上

〈표 1·3〉 需要時限과 需要電力의 關係例

時 刻	15分時限의 경우		30分時限의 경우 (A)		30分時限의 경우 (B)	
	使用電力量	需要電力	使用電力量	需要電力	使用電力量	需要電力
10°00′						
10°15′	150kWh	600kWh	330kWh	660kWh		
10°30′	180	720			380kWh	760kWh
10°45′	200	800	420	840		
11°00′	220	880			520	1,040
11°15′	300	1,200	560	1,120		
11°30′	260	1,040			500	1,000
11°45′	240	960	440	880		
12°00′	200	800				

이나 效率的인 運轉方法等을 追述하여야겠다. 우선 어디에 어떠한 損失이 發生하고 있는가의 定量的 把握부터 시작한다. 電力의 損失은 最終的으로는 熱等의 現象으로 나타나지만 이 過程에서의 個個의 損失의 定量的分析이나 設備目的에의 設備의 適合性等의 判斷이 필요하다. 負荷에 공급한 電力은 熱, 動力, 빛 등으로 變換되어 窮極的 目的에 사용되지만 果然 이 目的을 必要最小限의 電力으로 達成하고 있는가, 또 目的이 과잉하지나 않은가 등도 檢討할 必要가 있다. 따라서 이러한 것들을 판단하기 위하여는 단지 電力用計器만에 의지할 것이 아니라 工業計測器, 例를 들면 溫度, 流量, 圧力의 計器나 照度計 등도 活用하여 多角的인 計測에 의하여 實態를 보다 鮮明하게 하고 理論値와 實績値를 對比하여 問題의 現實化 및 改善案을 作成하여야 한다.

1·2·5 올바른 計測

電力管理, 運轉管理나 損失分析 등을 할 때 올바른 測定値의 파악이 大前提가 된다. 그릇된 計測으로서는 올바른 分析이나 對策을 할 수 없을 뿐 아니라 現狀誤認으로 인한 機器의 損傷을 야기시키고 人命에도 영향을 미칠 수 있다. 그러나 한번 定常的인 運轉에 들어가 버린 工場等에서는 維持管理가 主가 되어 保安裝置의 完備에 委任하고 測定値에 대하여는 대충 맞으면 된다는 認識下에 올바른 計測과 評價는 소홀이 하는 일이 있다. 필요치 않은 計器는 盤面에 없는 것이 좋고, 計測을 필요로 하는 것은 올바르게 하고 그 測定値를 活用하여야 한다. 그러기 위하여는 目的에 맞는 計測器와 測定法(種類, 方式, 精密度 등)이 사용되고 있는가, 檢出個所는 타당한가 등을 한번 再檢討하기를 권장한다. 또 計器의 誤差誘因의 排除도 注意하여야 한다. 이런 要素를 완벽하게 실시하려면 다음과 같은 點에 留意하여야 한다.

(1) 測定方法, 設置場所에 注意한다.
(2) 計器의 原理와 許容誤差를 念頭에 둔 測定
(3) 必要하다고 認定되면 補正을 한다
(4) 校正의 勵行

計器의 눈금은 定期的으로 校正하여야 한다. 試驗하는 計器보다는 上位級의 計器를 基準으로 實施한다. 配電盤 電氣計器에서는 通常 檢定 또는 校正完了의 携帶用計器를 配電盤의 試驗用端子에 接續하여 實施한다.

1·2·6 電力用計器 및 計測裝置

主된 指示計器는 다음과 같다.

(1) 電力量計

受電點 및 主要한 分岐回路의 電力量을 計測한다. 從前에는 去來用과 維持管理에 焦點을 맞추고 에너지 節減을 目的으로 한 電力管理面에서 보면 細分回路에는 設置되지 않은 곳이 많은 것 같다. 製品의 工程別, 用途別마다에 設置하는 것이 바람직하다. 不得已할 때는 定期的으로 電力을 測定하는 것으로 代身할 수 있으나 에너지·플로우를 우선 完備할 必要가 있다.

(2) 電力計

時時刻刻으로 變化하는 電力을 파악함으로써 工場의 操業狀況을 알 수 있다. 즉, 操業과 電力과의 關係를 그때 그때 파악하여 改善點 탐색의 指標로 한다. 또 無效電力計에 의한 無效分의 定量化도 參考가 된다.

(3) 力率計

平常時 어떠한 力率로 電力이 使用되고 있는가를 알 수 있으며, 力率改善의 指標가 된다. 一般的으로 電力料金에 反映되는 뒤진 力率에 초점을 맞추고 있으나 앞선 力率에도 配慮하여야

한다.

(4) 電圧計

一般的으로 電氣機器는 定格電圧으로 使用하는 것이 가장 效率이 좋고 또 三相機器는 相間電圧이 平衡되도록 設計되어 있다. 各回路의 電圧을 확인함으로써 回路의 死活을 알고 同時에 電圧降下, 電圧変動, 各相間의 電圧不平衡狀態를 알 수 있다. 이를 基本으로 하여 設備에 대한 改善도 圖謀하고 올바른 電圧의 維持를 꾀할 수 있다.

(5) 電流計

時時刻刻의 回路電流의 크기에서 負荷의 稼動이나 負荷狀態를 파악한다. 에너지 節減의 見地에서는 過大設備의 摘發이나 損失의 發見 等에 간편하게 利用된다. 또 電力損失面에서의 考察에는 力率을 加味한 無效電流도 檢討對象으로 할 수 있다.

다음에 에너지 節減을 進行시키는데 있어 效果的인 것에 대하여 若干 記述하여 둔다.

(1) 클램프·미터

低圧用으로 携帶用인 것이 一般的이지만 케이블 1相마다에 클램프함으로써 電流를 簡單하게 測定할 수 있다. 最近에는 電力計도 있고 또 디지털 表示가 되는 것도 市販되고 있다. 端末補機等에 計器가 없고 그 電力消費實態가 파악되고 있지 않은 것이 많은데, 이것으로 쉽게 測定된다. 改善點의 發見이나 改善結果의 評價에 有效하다.

(2) 記錄計

瞬時的인 電氣量, 즉 時時刻刻의 変化가 時系列的으로 連續 또는 間歇的으로 애널로그로 記錄된다. 同一紙에 複數의 關聯計測値가 同時에 記錄되며 監視나 데이터 分析에 효과적이다.

(3) 디지털 測定器

表示된 것은 누가 읽어도 誤差가 없고 一般的으로 高精密하며 測定이 간단하다. 測定結果는 디지털 信號로 引出 가능하므로 印字記錄裝置에의 結合도 容易하다.

(4) 데이터·로거

디지털 計測을 一步 前進시킨 것으로 電算機를 利用하여 사람 손을 거치지 않고 多數의 計測을 同時에 하고 短時間에 演算處理하여 바라는 形式으로 表를 만든다. 데이터의 축적은 勿論 各 데이터의 照合分析에 편리하고 人力節減도 된다.

(5) 其 他

最近 엘렉트로닉스化나 電算化의 計測制御 裝置의 發展은 눈부신 바 있다. 例를 들면 電力디맨드를 監視, 디맨드 오버를 豫測하여 警報나 制御를 하는 디맨드 監視制御裝置, 負荷의 変動에 추종하여 適正力率이 되도록 進相 콘덴서를 開閉하는 自動力率調整裝置, 工場全体의 各種 에너지의 發生이나 負荷狀況을 파악하여 適合한 에너지 管理를 하는 에너지 管理 시스템 등이 있다.

1·2·7 電力量計

電力量計는 電力料金의 算定 및 電氣 使用實態의 主役計器이므로 그 取扱上의 注意를 記述하기로 한다.

一般的으로 電圧이나 負荷는 時時刻刻 変動하므로 電力消費量을 정확히 計測하려면 電力計가 아니고 電力量計를 使用한다. 電力會社에의 電力料金 支拂은 積算値에 依하고 있으므로 이와 같은 方法으로 測定하는 것이 管理도 하기 쉽다.

電力料金은 電力量計, 無效電力量計, 最大 需要電力計를 基本計器로 하여 算定하고 있다.

電力量計는 普通級(精度 2%), 精密級 (精度 1%), 特別精密級(精度 0.5%)가 있고 去來用 電力量計는 去來의 公正을 期하기 위하여 大電力이 될수록 精度가 높은 計器로 測定한다. 500 kW 以上의 경우 精密電力量計를, 10,000kW 以上의 경우는 特別精密電力量計를 使用한다. 또 高圧 또는 特別高圧으로 電氣를 供給받는 需用家에 對하여는 力率計算을 위하여 無效電力計를 設置한다. 다만, 契約電力 300kW 以上 需用家에 對하여는 晝間時間에만 計量하기 위하여 타임스위치가 있는 無效電力量計 및 電力量計를 設置한다. 無效電力量計는 平均의 力率을 算出하기 위하여 쓰여진다. 電力量計의 指示를 P_1 無效電力量計의 指示를 Q라 하면 다음 式에서 그 期間의 平均力率이 算定된다.

平均力率 $= P/\sqrt{P^2+Q^2}$

(1) 電力量의 올바른 測定法

業務用 또는 産業用 電力의 去來는 거의가 三相 3 線式이지만 構內配線은 單相 2 線式, 三相 3 線式, 三相 4 線式 등 여러가지 方式이 사용되고 있다. 既設된 것은 問題될 것이 없다고 생각되나 새로이 計器를 增設할 때는 다음과 같은 事項에 留意하여야 한다.

電力量計 : 우선 配電方式에 一致된 計器를 사용할 것. 負荷의 언밸런스에 의하여 意外의 測定誤差가 생길 수 있다. 다음은 라인의 電圧과 計器의 定格電圧을 一致시킬 것. 計器의 定格電圧에 대하여 라인의 電圧과 計器의 定格電圧을 一致시킬 것. 計器의 定格電圧에 대하여 라인의 電圧이 ± 10% 以內의 差異이면 이에 대한 誤差는 別로 신경쓸 것 없다. 單相 3 線式과 三相 4 線式의 경우에는 中性線과의 사이의 電圧이 計器에 記載되어 있으므로 特히 注意하여야 한다. 高圧이나 大電流의 電力을 測定할 때는 PT와 CT를 利用하는데, 計器와의 接續이 틀리면 엉뚱한 數値를 表示하므로 接續이 올바르게 되었나의 여부를 確認하여야 한다. 電力量計는 電流의 変動에는 어느 程度 對應되도록 만들어졌기 때문에 CT와 함께 使用하는 定格電流 5A의 計器에서는 0.25A로부터 6A 間이면 精密度에 구애받을 必要가 없다.

無效電力量計 : 上記한 注意事項外에 相順檢定器로 相順을 조사한 후 正相順으로 接續하는 것이 긴요하다. 또 뒤진 力率用과 앞선 力率用의 區別이 있다는 것을 알아 두어야 한다.

需要電力을 分析하는데 있어 언제 最大値가 發生하였는가, 두번째로 큰 값은 몇 kW인가, 最大値에 가까운 값이 되는 頻度는 어느 程度 있는가를 알고자 하면 最大需要電力計보다 印字式電力量計를 使用하는 것이 좋다. 最近 市販되고 있는 디맨드 監視製御裝置에는 印字式電力量計의 機能을 갖춘 機種이 있다.

(2) 計測에 수반되는 誤差

計器의 特性을 알고 될 수 있는 限 正確한 값

을 求하는 努力을 하여야 한다.

電力量計 : 使用狀態에 따라 어떠한 誤差를 수반한다. 표 1·4에 그것을 表示하였다. 同表의 값은 JIS C 1216, 1217, 1218에 의한 規格値이므로 모든 것이 이 만큼의 영향을 받는 것은 아니고 그 속에는 이 程度가 있을 수 있다는 것이다. 一般的으로는 이 값의 半程度로 볼 수 있다.

實際의 測定에서는 여러가지 條件이 複合되기 때문에 規格上의 試驗條件과 實際의 使用條件과 比較하여 誤差의 程度를 推定하기 바란다.

다음에 電力量計의 特性에 대한 一般的인 傾向을 記述한다.

(a) 器 差

가장 基本的인 項目으로서, 電圧, 電流 모두 平均狀態일 때와 電圧은 平衡이나 電流가 不平衡(3線中 1線의 電流를 0으로 하여 測定한다) 時에 대하여 表示하고 있다. 不平衡負荷에서는 電流가 클 때에 器差가 플러스(円板이 빠르게 돈다) 傾向이 된다. 計器가 古物이 되면 베어링나 레지스터의 마찰이 커지므로 電流가 적을 때 器差가 마이너스 傾向이 된다. 5年程度 經過하면 오버홀 하는 것이 좋다. 変成器附 去來用計器의 경우 7年마다 再檢定한다.

〈표 1·4〉 電力量計의 精密度(三相3線式 変成器附 計器의 경우)

項 目	試 驗 條 件		普通電力量計		精密電力量計		特別精密電力量計	
			PF 1	PF0.5	PF 1	PF0.5	PF 1	PF0.5
			%	%	%	%	%	%
器 差	平衡負荷	電流 0.25A	±2.0	–	±1.5	–	±0.75	–
		0.5A	±2.0	±2.5	±1.0	±1.5	±0.5	±0.75
		1~6A	±2.0	±2.5	±1.0	±1.0	±0.5	±0.5
	不平衡負荷	0.5A	±3.0	–	±2.5	–	±1.0	–
		1A	±3.0	±3.0	±2.0	±2.5	±1.0	±1.5
		2.5A	±3.0	±3.0	±2.0	±2.0	±1.0	±1.5
		5A	–	–	±2.0	±2.0	±1.0	±1.5
電圧의 영향	電圧이 定格電圧의 ±10% 변하였을 때의 영향치		±1.0	±1.0	±1.0	±1.0	±0.4	±1.5
周波數의영향	周波數가 定格周波數의 ±5%변하였을 때의 영향치		±1.0	±2.0	±1.0	±1.5	±0.8	±0.8
温度의 영향	温度가 10℃ 변하였을 때의 영향치		±0.6	±1.0	±0.4	±0.5	±0.2	±0.2
傾斜의 영향	3도기울어졌을 때의 영향치	電流 0.25A	2.0	–	1.5	–	(1.2)	–
		2.5~5A	1.0	(1.2)	0.5	(0.7)	(0.3)	(0.5)
	1도기울어졌을 때의 영향치	0.25A	(0.6)	–	(0.5)	–	0.4	–
		2.5~5A	(0.3)	(0.4)	(0.2)	(0.3)	0.1	(0.2)
波形의 영향	正弦波의 5A에 第三調波의 0.5A가 加하였을 때의 영향치		1.0	–	0.8	–	0.6	–

( ) 內는 推定値

(b) 電圧의 영향

電圧이 떨어지면 器差가 플러스가 되는 傾向이 있다.

(c) 周波數의 영향

周波數가 떨어지면 器差가 力率 1의 負荷에서는 플러스로, 力率이 0.5(遲)의 負荷에서는 마이너스로 될 때가 많다. 그러나 電力周波數가 安定되어 있으면 單獨系 自家發電이 아니면 이러한 영향은 전혀 없다고 보아야 한다.

(d) 温度의 영향

計器에는 温度補償裝置가 붙어 있다. 補償方法은 機種에 따라 다르기 때문에 그 傾向은 一律的으로 말할 수 없다.

(e) 傾斜의 영향

傾斜된 狀態에서는 베어링의 마찰이 늘어나기 때문에 電流가 적을 때 器差가 마이너스 傾向이 된다. 回轉子軸이 垂直이 되도록 注意하면 이러한 영향은 생기지 않는다.

(f) 其 他

正確한 測定을 하기 위하여는 다음과 같은 點에 注意하여야 한다. 强한 磁場이 있는 곳에서는 計器에 誤差가 發生하므로 그곳으로부터 멀리 두어야 한다. 計器에 通電하여 30分程度 經過하여야 보다 정확한 값에 가깝게 된다. 電流波形이 많이 이그러지면 그러한 영향이 생긴다.

無效電力量計 : 이 誤差가 平均力率의 誤差에 미치는 영향을 記述한다. 平均力率은 電力量計와 無效電力量計의 指示로 求하게 되므로 兩側에 誤差가 있으면 算出된 平均力率에도 誤差가 있는 것은 當然하다. 어느 期間中의 電力量計의 誤差를 ε_p, 無效電力量計의 誤差를 ε_q, 算出된 平均力率을 $\cos\theta$ 라고 하면 平均力率의 誤差 ε〔%〕는

$$\varepsilon = \cos\theta \sin^2\theta(\varepsilon_p - \varepsilon_q)$$

로 表示된다. $\varepsilon_p = \varepsilon_q$이면 誤差는 생기지 않는다. 지금 가령 $\varepsilon_p - \varepsilon_q = 1$〔%〕인 경우의 平均力率의 誤差를 求하면 力率 95% 以上이면 0.1% 以上, 力率 80%에서도 0.3% 以下가 되어 無效電力量計의 精密度는 別로 영향이 없다고 할 수 있다.

1·2·8 結 語

計測이 不充分하고 實態가 不分明할 때 改善案이 나올 수 없다. 또 있다 하더라도 과감하게 改善하기 쉽지 않다. 또한 그 效果도 定量的으로 파악이 안되고 企業 비전에도 反映되지 않는다. 이것으로서는 오래 繼續되는 에너지 節減活動이 될 수 없다. 반드시 目的에 맞는 正確한 計測方法을 硏究하여 損失의 原因이 되는 點을 探求하는 등 正確히 하여 改善點을 發見하는 案을 만들어 實施하여야 한다.

끝으로 이에 該當되는 체크 項目을 열거한다.

(1) 計測하여 實態를 定量化하고 있지만 測定을 위한 測定으로 끝나고 있지 않은가?

(2) 에너지 消費의 實態把握, 分析이 可能하도록 適所에 計測器가 設置되어 있는가?

또 時系列로 計測値를 把握하여 分析하고 恒常 改善策을 講究하고 있는가?

(3) 올바른 計測과 計測管理에 細密한 配慮가 되고 있는가?

또 計測値 自体의 信賴性에 確信을 가질 수 있는가?

(4) 校正이나 詳細計測을 위한 計測器가 完備되어 있는가?

(5) 에너지 節減의 改善效果가 定量的으로 파악되고 있는가?

(6) 全体의 行動이 管理 서클에 올라 있는가?

(다음호에 계속)