

## 電力使用合理化에 關해서

吳 永 善\*

### 1. 緒 言

#### 1-1. 電力使用合理化와 進相用 Condenser

電力使用合理化의 要點은 發電—送電—變電—配電된 電氣를 合理的으로 使用하는데 있는 것이다. 合理的이란 말을 技術的인 面에서 말할 때는 良質의 電氣를 高能率로 使用한다는 意味인 것이다. 이 點을 좀더 詳細히 考察해 본다면 下記와 같다.

##### A. 良質의 電氣란

- a. 規定의 周波數
- b. 變動적은 用波數
- ※c. 規定電壓
- ※d. 變動적은 電壓

##### B. 高能率이란

- ※a. 電氣設備에서의 損失이 적고
- ※b. 小設備로도 所要出力을 낼 수 있고
  - c. 設備의 遊休時間이 적고
- ※d. 負荷 作業 能率이 向上되며
- ※e. 負荷 作業 品質의 向上 등 이다.

上記中 ※印은 多少의 差는 있을지라도 condenser 에 依해서 簡單 容易하게 改善될 수 있는 事項이며 30有餘年來 condenser 가 電力界에 널리 普及된 所以인 것이다.

#### 1-2. 力 率

A. 進相用 condenser 에 依해 여러가지의 合理化가 達成된다는 것은 이미 알려진 事實이지만 그 要點은 結局 condenser 에 依해 負荷의 無効電流를 減少시키는 것으로 생각된다. 一般의 負荷電流는 有無効 2個電流의 合成으로 되어 있고 그中 無効電流는 일(work)에는 無關한 없어도 좋은 電流이다. 이것을 進相 condenser 에 依해 相殺시켜 終局에는 負荷電流를 減少시키는 것이다.

負荷電流 = 有効電流 + 無効電流 (vector 和)

B. 負荷電流中에 어느 程度의 有効電流가 包含되어

있는가. 所謂 電流効率의 尺度로서 力率이라는 것이 쓰이는데 式으로 表示하면 다음과 같다.

$$\text{力率} = \frac{\text{有効電流}}{\text{負荷電流}} = \frac{\text{有効電流}}{\text{有効電流} + \text{無効電流}}$$

上式에 依해서 明白한 바와 같이 condenser 에 依해 負荷電流가 減少되면 力率は 當然히 增加된다. 力率改善은 結局 無効電力 減少를 意味하며 力率改善 即「condenser 取付」와 同意語로 쓰이게 된다.

### 2. 進相用 Condenser 取付와 그 效果

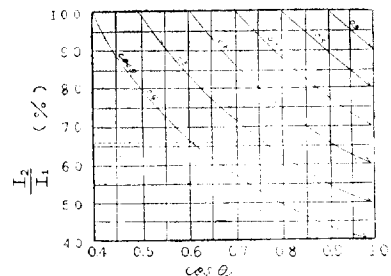
#### 2 1. Condenser 에 依한 力率改善

A. 誘導性 負荷機器에 흐르는 電流中에는 遲相無効電流가 包含되기 때문에 力率을 低下시키고 負荷電流值를 增大시킨다. 그러나 進相用 condenser 는 이와 反對로 進相無効電流를 誘引으로 負荷와 並列로 接續시키면 無効電流分은 遲相 進相이 相殺되어 力率は 改善되고 電流值도 減少된다. condenser 는 自己消費電力이 極히 微小하고 補修 運轉이 簡單하이 合理化機器로서는 매우 적합하다.

B. 力率을 改善시키면 얼마만한 效果를 얻을 수 있는가. 그 根本은 負荷 電流減少에 있는 것이다. 지금 一定負荷에 對한 力率改善으로 인한 電流變化 關係를 表示하면 다음과 같다.

力率改善 前後의 電流를 各各  $I_1, I_2$  } 라 하면  
 “ 力率角을 各各  $\theta_1, \theta_2$  }

$$I_2 = I_1 \times \frac{\cos \theta_1}{\cos \theta_2}$$



力率改善前後의 電流變化圖

\* 三和 Condenser 工業株式會社

上式을 圖示하면 다음과 같다.

例 : 改善前力率 0.6을 0.9로 改善했을 때  $I_2$ 는  $I_1$ 의 66.7%가 된다.

C. 上記와 같은 力率 改善에 依한 負荷電流 減少는 다음과 같은 效果를 나타낸다.

- a. 電壓降下의 減少
- b. 電壓變動率의 減少
- c. 送配電線 및 屋內配線中의 損失 減少
- d. 送配電線 施設의 出力 減加
- e. 需要家의 設備出力 增加
- f. 生産性 向上

이들中 重要한 몇가지를 詳述하면 다음과 같다.

### 2-2. 電力損失의 輕減

A. 電力損失은 흐르는 電流의 自乘에 比例하기 때문에 力率改善 前後의 損失比는 다음과 같다.

力率改善 前後의 損失을 各各  $L_1, L_2$  }라 하면  
力率角을 各各  $\theta_1, \theta_2$  }라 하면

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{\cos^2 \theta_1}{\cos^2 \theta_2}$$

例컨대 改善前 力率 0.7을 1.0으로 改善했다면 損失은 49%로 減少된다.

B. 이 損失減少의 效果는 condenser 取付 個所에서 電源側에 向해 效果가 있는 것으로 低壓負荷 末端에 condenser를 取付한다면 屋內配線 受電變壓器, 配電線, 受電端變電設備, 送電線, 送電端變電設備 및 發電機를 一貫해서 效果를 發揮한다. 部分的으로보면 少量의 改善일지라도 全 電力網을 通해 볼때는 極히 큰 效果가 있다는 것을 짐작할 수 있다.

輕減된 3相電力式은 다음과 같다.

$$L_0 = L_1 - L_2 = \frac{3P^2R}{E^2} = \left( \frac{1}{\cos^2 \theta_1} - \frac{1}{\cos^2 \theta_2} \right) (W)$$

$P$ ; 電力(W)     $E$ ; 電壓(V)     $R$ ; 1相抵抗( $\Omega$ )

上式에서  $\left( \frac{1}{\cos^2 \theta_1} - \frac{1}{\cos^2 \theta_2} \right)$ 은 式에서 보면 損失 輕減係數라고 생각되며 이것을 算出해서 表示하면 다음과 같다.

損失輕減係數表

改善前力率 ( $\cos \theta_1$ )	改善 壓 力 率 ( $\cos \theta_2$ )							
	1.00	0.950	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
0.95	0.108							
0.90	0.235	0.126						
0.85	0.384	0.276	0.150					
0.80	0.563	0.454	0.328	0.178				
0.75	0.778	0.670	0.545	0.394	0.215			
0.70	1.041	0.933	0.806	0.657	0.479	0.263		
0.65	1.366	1.258	1.132	0.982	0.804	0.589	0.325	
0.60	1.778	1.67	1.542	1.394	1.215	1.00	0.737	0.411

### 2-3 受電變壓器中의 損失輕減

A. 電壓器中의 電力損失( $L$ )은 鐵損( $L_i$ ), 銅損( $L_c$ )의 和로 表示할 수 있다. 即  $L=L_i+L_c$ , 여기서 鐵損은 力率改善前後에 있어 變化가 적으니까  $L_c$ 만에 關해서 생각해 보면 銅損이단 結局 高壓 및 低壓코일 中에서 생기는  $I^2 R$  損으로 變壓器 2次側 力率改善에 依해 當然히 輕減된다. 지금 鐵, 銅損의 比를 1:2라 假定하면 銅損은  $L_c = T_c \times \left( \frac{100}{\eta} - 1 \right) \times \frac{2}{3}$  가 된다. 여기서  $T_c$ : 變壓器容量(kVA)  $\eta$ : 變壓器能率(%)

### 2-4. 設備의 餘力發生

變壓器, 스위치類 및 配電線等의 出力은 電流에 依해 制限을 받는데 力率改善에 依해 電流를 減少시키면 餘裕가 생기는 것은 明白한 일이다. 처음  $P_1$ (kVA)의 負荷가 力率改善에 依해  $P_2$ (kVA)로 減少되었을 때 餘力

發生의 內割率을 보면 다음과 같다.

$\frac{P_1 - P_2}{P_1} = \frac{\cos \theta_2}{\cos \theta_1} - 1$  이것을 算出하면 다음表와 같다.

力率改善과 餘發電力發生率表

改善前力率 ( $\cos \theta_1$ )	改善 壓 力 率 ( $\cos \theta_2$ )				
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5	20%	40%	60%	80%	100%
0.6	0	17%	33%	50%	67%
0.7		0	15%	29%	43%
0.8			0	13%	25%
0.9				0	11%

例 力率 0.6을 0.9로 改善해서 생기는 餘力은 처음 負荷의 50%가 된다. 但 發生餘力은 改善後의 力率

로 사용하는 것으로 한다.

高壓 需用자가 때에 따라서는 低壓 condenser를 利用함은 그만큼 設備合理化가 經濟的임을 말해준다.

### 2-5. 電壓降下的 減少

送電端電壓을  $E_s$  受電端電壓을  $E_r$ 라 하면 電壓降下  $e$ 는  $e = E_s - E_r$ 이다. 線路抵抗을  $R$ , Reactance를  $X$  電流를  $I$ , 力率을  $\cos \theta$ 라 하면  $e$ 는 近似的으로 다음과 같이 求해진다.

$$e = I(R \cos \theta + X \sin \theta) = I \cos \theta (R + X \tan \theta)$$

지금  $I_1 \cos \theta_1$ 의 狀態를 力率改善에 依해  $I_2 \cos \theta_2$ 로 改善했다면 前後 電壓降下の 比는 다음과 같다.

$$e_2/e_1 = \frac{R + X \tan \theta_1}{R + X \tan \theta_2}$$

여기서  $\cos \theta_1 < \cos \theta_2$ 이면  $\tan \theta_1 > \tan \theta_2$ 이므로 上式은 1보다 적다. 即 力率改善으로 電壓降下는 減少된다.

### 2-6. 生産性向上

生産성에 寄與하는 要因은 多數이기 때문에 力率改善에 依한 效果만을 明確하게 알아내기에는 一般的으로 困難하지만 上記한 諸 效果, 即 電壓降下の 減少, 電壓變動率의 減少, 設備餘力の 發生 등이 生産성에 寄與하면 했지 "마이너스"인 理는 絶對 없는 것이다. (生産성에 寄與하는 率의 多少는 論難되지만)

生産性 向上에 關해 過去에 發生되었던 效果를 列舉하면 다음과 같다.

- 定負荷連續作業(精米, 揚水 等等)에 있어서 電壓降下 改善에 依해 作業能率 向上이 顯著하다.
- 電壓變動을 極히 避하는 作業(織布, 製紙 等等)에 있어서 그 變動減少에 依해 品質向上이 顯著하다.
- 熔接機에 있어서 arc를 安定시킨다.

## 3. 高 低壓 Condenser 設備의 比較

進相用 condenser는 變壓器 및 配電線의 損失輕減 및 配電能力의 增大 등으로 볼 때 末端負荷에 取付해서 力率을 改善함이 더욱 理想的이다.

따라서 低壓負荷에는 低壓 condenser를 高壓負荷에는 高壓 condenser를 負荷에 直結하는 것이 가장 좋다. 그러나 低壓 condenser 1kVA當 價格은 高壓 condenser의 그것보다 高價이기 때문에 低壓 condenser를 各 負荷에 直結하면 最初의 設備費는 비싸진다. 따라서 負荷를 一括해 低壓側에 取付할 때가 많다. 이 境遇를 比較해 볼 때 圖 1과 같이 低壓負荷에 直荷해서 取付하면 그 負荷에서 電源側에 對해 被相入力가 減少되고 變壓器 및 配電線의 損失이 減少되는 同時에 設備의 配電能力을 向上시키는 利益이 있으므로 工場 實態에 따라 condenser를 綜合負荷에 取付하기 보다는 見

므로 볼 때 더 經濟的인 때가 많다. 또 이 境遇에는 配電線에 依한 電壓降下가 적어지기 때문에 負荷 端子 電壓이 向上되어 負荷 運轉能率이 向上되는 點도 생각하게 된다.



圖 1. 個別負荷에 對한 Condenser 接續圖

또는 圖 2와 같이 變壓器 低壓側에서 綜合力率을 改善했을 境遇 即 低壓負荷를 一括해서 低壓 condenser를 取付했을 境遇는 變壓器의 電力損失 輕減 및 配電能力 向上은 期待되나 condenser에서 負荷까지의 配電線의 損失輕減은 바랄 수 없기 때문에 低壓配電線이 相當히 길때는 이 點을 考慮해야 한다.

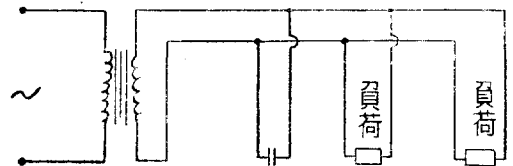


圖 2. 一括負荷에 對한 Condenser 接續圖

또한 圖3에 表示된 바와 같이 變壓器 高壓側에서 力率을 改善했을 때는 變壓器 및 配電線의 損失과 配電能力의 向上은 一切 期待할 수 없다. 다만 力率改善에 依한 設備費가 比較的 低廉할 뿐이다.

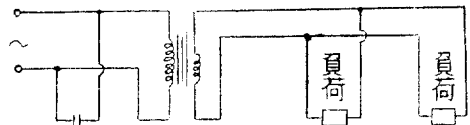


圖 3. 變壓器 1次側에 對한 Condenser 接續圖

以上으로 電力使用 合理化와 condenser에 關해서 極히 總括的인 面만 略述했으나 本稿로 因해서 電力使用 面에 多少나 寄與된다면 더 없는 多幸으로 생각합니다.

(1964年 2月 27日 接受)