

# 電壓 · 無効電力制御에 있어서의 最適運轉 目標狀態의 簡略決定法

(A Simplified Method for the Determination of the Optimal Operating Patterns in System Voltage-Reactive Power Control)

宋 吉 永\*  
(Kilyeong Song)

## ABSTRACT

The past several years have strongly anticipated the advent of a more integrated system control combining active power and voltage-reactive power controls. This paper presents a new approach to the intergrated system control with primary emphasis on the development of a new control method which combines the conventional economical load dispatching(ELD) and voltage-reactive power controls.

The control method, in its fundamental principle, first determines the optimal active power allocation in accordance with the conventional ELD controller. By a proper manipulation of the remaining reactive power sources in the system, the control method then reduces the transmission losses of the system by the adjustment of system voltage distribution and also by the proper allotment of reactive power flows.

## 1. 序 論

系統의 有効電力制御(周波數) 및 無効電力制御(電壓)의 兩者를 同時에 考慮한 總合的인 系統運用的 實現이 오늘날 크게 要望되고 있다.

이에 對하여서는

(1) 無効電力의 適正配分까지 包含한 總合的인 ELD 方式의 開發.

(2) 現在의 ELD에 無効電力制御를 直列的으로 結合시킨 새로운 制御方式의 開發.

의 두가지 方法이 生覺되고 있다.

이 中, 第1의 方法은 現在의 ELD의 基本方針을 주는 協調方程式을 다시 더 擴張하여, 有効電力 및 無効電力의 兩者를 同時에 最適配分 시키고져 하는 것으로, 이것을 實現하려면 現在의 ELD 裝置를 大的으로 改造할 必要가 있을것이 豫상된다.

한편 第2의 方法은, 基本的인 方針으로서 現在 사용되고 있는 ELD에서 우선 有効電力의 經濟配分을 實施하고, 그後에 남은 系統內無効電力源을 操作하여 電壓分析의 改善 및 送電損의 輕減을 꾀하고져 하는 것이다.

특히 後者의 方法에 따르면, 系統內 無効電力源을 正確하게 取扱할 수 있는 利點外에, 現在의 ELD 裝置를

살려 둔채, 여기에 새로히 無効電力制御機構를 附加시키므로서 容易하게 無効電力配分까지 包含한 總合的인 系統運용을 期할 수 있다는 利點이 있는 것이다.

本文에서는 主로 第2의 直列的인 制御方式의 開發에 重點을 두고, 具體的으로는 系統의 運轉目標狀態가 最適運轉 Pattern의 決定을 생각하고 있다.

이에 對하여는 앞서 Lagrange의 未定係數를 使用한 反復計算法을 開發하였으나, 2), 6), 8) 本論文에서는 보다 大規模의 系統에 適用을 可能케 하는 簡略決定法을 算出하고 있다.

## 2. 計算 方法

### 2-1 系統構成 및 運轉 條件

從來의 ELD에 있어서는 系統網外에 負荷 및 電源의 兩者만을 생각하고 왔으나, 前述한바와 같이 여기에 電壓無効電力制御를 함께 包含시키기 위하여서는 系統內에 있는 無効電力源, 특히 中間變電所에 있는 調相設備의 存在를 無視할 수 없게 된다.

그림 1은 이와같은 觀點에서 一般化시킨 電力系統의 構成이다.

그림에서 보는 바와 같이 여기서는 系統을 (1) 負荷, (2) 中間變電所, (3) 發電所의 三者로 大別시키고, 또 이것들은 各各 다음과 같은 運轉條件에 따른다고 생각

\* 早稻田大學 大學院 電力工學研究室 · 正會員

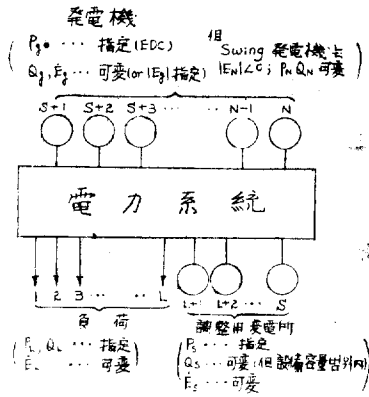


그림 1 電力系統의 構成

하고 있다.<sup>8)</sup>

- (1) 負荷(母線  $i=1, 2, \dots, l$ )  
 指定條件:  $P_{Li}, Q_{Li}$  (需要電力)  
 運轉範圍:  $|E_{Li}|_{\min} \leq |E_{Li}| \leq |E_{Li}|_{\max}$
- (2) 中間變電所(母線  $j=l+1, l+2, \dots, S$ )  
 指定條件:  $P_{sj}$  (通過電力=0)  
 操作量:  $\Delta Q_{sj}$  (調作設備의 單位 Bank 量)  
 運轉範圍:  $|E_{sj}|_{\min} \leq |E_{sj}| \leq |E_{sj}|_{\max}$   
 $Q_{sj, \min} \leq Q_{sj} \leq Q_{sj, \max}$
- (3) 發電所(母線  $k=s+1, s+2, \dots, N$ )  
 指定條件:  $P_{gk}$  (ELD로부터 設定)  
 操作量:  $\Delta E_{gk}$  ( $\Delta Q_{gk}$ 에 對應, 適當히 離散化 시킴)  
 運轉範圍:  $|E_{gk}|_{\min} \leq |E_{gk}| \leq |E_{gk}|_{\max}$   
 $Q_{gk, \min} \leq Q_{gk} \leq Q_{gk, \max}$

따라서 總括的인 系統運用은, 먼저 指定된 系統負荷에 對하여 各發電機出力을 ELD로부터 定하고, 다음에 남은 系統內無効電力源,

- (1) 中間 發電所에 있어서의 調相設備(SC, ShR.....)
- (2) 發電機의 無効電力出力( $Q_{gk}$ ) 또는 運轉電壓( $|E_{gk}|$ )을 各各 適當하게 操作하여 系統內各點의 運轉 電壓을 所定의 許容運轉範圍內에 維持시키고 同時에, 이때의 送電損失이 最少로 되도록 輕減시키 고저하는 것이다.

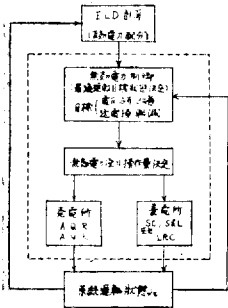


그림 2 電壓無効電力 總制御의 概念圖

그림 2는 이와 같은 制御의 方針을 보인것으로 本文에서는 이 그림의 點線으로 둘러싼 電壓無効電力制御機構를 새로이 ELD와 直列的으로 結合시키는 方式을 採用코져 하고 있다.

2-2 計算式的 誘導<sup>1), 3), 6), 8)</sup>

一般으로 系統各點의 電力은 節點法(Nodal Method)를 使

用하여 아래와 같이 電壓의 函數로서 表現할 수 있다(記號는 附錄 參照).

$$\begin{aligned} \dot{E}_k &= e_k + jfk & (1) \\ \dot{Y}_{km} &= G_{km} + jB_{km} & (2) \\ \dot{I}_k &= \sum_{m=1}^N \dot{Y}_{km} \dot{E}_m = a_k + jbk & (3) \\ W_k &= \dot{E}_k \dot{I}_k^* = P_k + jQ_k & (4) \\ P_k &= \sum_{m=1}^N G_{km}(e_k e_m + f_k f_m) + \sum_{m=1}^N B_{km}(f_k e_m - e_k f_m) & (5) \\ Q_k &= \sum_{m=1}^N G_{km}(f_k e_m - e_k f_m) - \sum_{m=1}^N B_{km}(e_k e_m + f_k f_m) & (6) \end{aligned}$$

다음에 系統各點을 連結하는 送電線路를 흐르는 電力은

$$\begin{aligned} P_{km} + jQ_{km} &= \dot{E}_k (\dot{E}_k - \dot{E}_m)^* (-Y_{km})^* & (7) \\ P_{mk} + jQ_{mk} &= \dot{E}_m (\dot{E}_m - \dot{E}_k)^* (-Y_{mk})^* \end{aligned}$$

또 이들 各線路에 있어서의 線路損失은 다음과 같다

$$\begin{aligned} L_{km} &= P_{km} + P_{mk} \\ &= -G_{km} [(e_k - e_m)^2 + (f_k - f_m)^2] & (8) \end{aligned}$$

지금  $g_{km} = -G_{km}$  라하면

$$L_{km} = g_{km} [(e_k - e_m)^2 + (f_k - f_m)^2]$$

여기서 任意의 Node K를 中心으로 接續되는 各線路에 있어서의 損失의 和  $L_k$ 는

$$L_k = \sum_{m=1}^N L_{km} = \sum_{m=1}^N g_{km} [(e_k - e_m)^2 + (f_k - f_m)^2] \quad (10)$$

따라서 系統全體의 送電損失은 系統各點電壓의 關數로서 아래式과 같이 線路損失의 總和로서 表現될 것이다.<sup>3)</sup>

$$Loss = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N L_k = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \sum_{m=1}^N g_{km} [(e_k - e_m)^2 + (f_k - f_m)^2] \quad (11)$$

다음, 系統의 無効電力源에 長點을 두고 생각한다. 지금 系統의 任意의 地點에서 無効電力源을 操作하였을 때, 이것이 系統內各點의 電壓分布 및 送電損失에 對하여 어떠한 影響을 주는가 하는것은, 所謂潮流計算問題로서, 系統各點의 電壓에 關한 多元連立方程式을 풀어 살필 수 있을 것이다.

그러나 一般으로는 이와같은 系統의 變化는 Impedance를 通하여 傳達되는 것이며, 또 一地點에서의 無効電力源의 單位操作에 依한 制御效果를 調査하기 위하여서는, 반드시 系統全域을 對象으로 할것 없이 操作點을 中心으로 하는 좁은 範圍에 限하여 檢討하여도 充分할 것이라 생각된다.

따라서 여기서는 計算을 簡單하게 하기 爲하여 無効電力源의 操作點을 中心으로, 이것과 直接 連結되는 母線間의 線路損失 變化에만 注目하여, 이것으로서 無効電力源操作의 制御效果를 代表시키고 있다. 또 이에 따른 具體的인 計算을 實施하기 爲하여서는, 아래와 같이 無効電力源의 單位量操作에 의한 系統電壓의 變化를 나타내는 系統特性定數( $\dot{C}_{km}$ )를 使用한 簡略修正法을 採用하고 있다.<sup>4)</sup>

$$\dot{C}_{km} = \alpha_{km} + j\beta_{km} \quad (12)$$

$$\dot{E}'_k = \dot{E}_m + \dot{C}_{km} = (e_m + \alpha_{km}) + j(f_m + \beta_{km}) \quad (13)$$

2-3 電壓의 修正法

無効電力源의 操作點에 있어서의 새로운 電壓은 各各의 運轉條件에 따라 下式처럼 修正된다.

(1) 中間變電所( $k=l+1, l+2, \dots, s$ )

無効電力源의 操作量:  $Q_k$ (Bank 容量)

$$Q_{ks} = Q_k + \Delta Q_k \quad (14)$$

$$\dot{E}'_{km} = \dot{E}_m + C_{km} (m=1 \sim N) \quad (15)$$

$$\dot{I}'_k = \sum_{m=1}^N \dot{Y}_{km} E'_m = a'_k + j b'_k \quad (16)$$

電壓修正值  $\Delta \dot{E}_k = \varepsilon_k + j \zeta_k$  라 하면

$$P_{ks} + j Q_{ks} = (E_k + \Delta \dot{E}_k)(\dot{I}'_k + \dot{Y}_{kk} \Delta \dot{E}_k)^* \quad (17)$$

여기서

$$\begin{aligned} \Delta P_k &= P_{ks} - P_k \\ &= \varepsilon_k (e_k G_{kk} + f_k B_{kk} + a'_k) \\ &\quad + \zeta_k (-e_k B_{kk} + f_k G_{kk} + b'_k) \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_k &= Q_{ks} - Q_k \\ &= \varepsilon_k (-e_k B_{kk} + f_k G_{kk} + b'_k) \\ &\quad + \zeta_k (-e_k G_{kk} - f_k B_{kk} - Q'_k) \end{aligned}$$

(但  $\Delta P_k, \Delta Q_k$ 의 2次項無視)

따라서 式 (18), (19)로부터 새로운 電壓  $E_k'$ 가 修正된다.

$$\dot{E}'_k = \dot{E}_k + \Delta \dot{E}_k = (e_k + \varepsilon_k) + j(f_k + \zeta_k) \quad (20)$$

(2) 發電所( $g=s+1, s+2, \dots, n$ )

無効電力源의 操作量:  $\Delta |E_g|$  ( $\Delta Q_g$ 에 對應)

$$|E_{gs}| = |E_g| + \Delta |E_g| \quad (21)$$

$$E'_{gm} = \dot{E}_m + \dot{C}_{gm} \quad (22)$$

$$I'_{g'} = \sum_{m=1}^N \dot{Y}_{gm} E'_m = a'_g + j b'_g \quad (23)$$

前項과 같이  $\Delta \dot{E}_g = \varepsilon_g + j \zeta_g$  라 하면

$$P_{gs} = R_e(\dot{E}_g + \Delta \dot{E}_g)(\dot{I}'_{g'} + \dot{Y}_{gg} \Delta \dot{E}_g)^* \quad (24)$$

$$|E_{gs}|^2 = |E_g|^2 + \Delta |E_g|^2 \quad (25)$$

여기서

$$\begin{aligned} \Delta P_g &= P_{gs} - P_g = \varepsilon_g (e_g G_{gg} + f_g B_{gg} + a'_g) \\ &\quad + \zeta_g (-e_g B_{gg} + f_g G_{gg} + b'_g) \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \Delta |E_g|^2 &= |\dot{E}_g + \Delta \dot{E}_g|^2 - |\dot{E}_g|^2 \\ &= 2e_g \varepsilon_g + 2f_g \zeta_g \end{aligned} \quad (27)$$

(但  $\varepsilon_g, \zeta_g$ 의 2次項無視)

이 結果, 式 (26), (27)로부터

$$\dot{E}'_g = \dot{E}_g + \Delta \dot{E}_g = (e_g + \varepsilon_g) + j(f_g + \zeta_g) \quad (28)$$

2-4 制御效果의 判定

前項에서 無効電力源의 單位量操作時의 近似的인 電壓修正法을 說明하였다.

어디까지나 이와같은 操作은 系統電壓分布의 改善 및 送電損의 輕減化를 目標로 實行되어야 하기 때문에 아래와 같은 關係式에 의거하여, 各各 操作時의 制御效果를 살필 必要가 있을 것이다.

(1) 電壓制御 效果<sup>7), 8)</sup>

$$\begin{aligned} V_k^{(n)}(k) &= dV^{(n-1)} - dV^{(n)} \\ &= \sum_{i=1}^S \Delta V_i^{(n-1)} - \sum_{i=1}^S \Delta V_i^{(n)} \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \Delta V_i &= |\Delta V_i| \quad (|E_{mi}| - |E_i| > \varepsilon_{vi}) \\ &= 0 \quad (|E_{mi}| - |E_i| \leq \varepsilon_{vi}) \end{aligned} \quad (30)$$

(2) 損失輕減效果

$$\begin{aligned} L_k^{(n)}(k) &= L_k^{(n-1)} - L_k^{(n)} \\ &= \sum_{m=1}^N L_{km}^{(n-1)} - \sum_{m=1}^N L_{km}^{(n)} \end{aligned} \quad (31)$$

$$L_k = \sum_{m=1}^N g_{km} [(e_k - e_m)^2 + (f_k - f_m)^2] \quad (32)$$

다음 制御의 順序로서, 먼저 電壓制御를 생각하고 이 것이 滿足된後에 損失輕減化를 苛하기로 한다. 따라서 無効電力源의 操作可能한 各點( $K=L+1, L+2, \dots, N$ )에 對하여, 上述한 (29), (31)式으로부터 制御效果를 求하고, 各點電壓이 許容運轉範圍를 벗어나 있을 때에는 最大의  $V_k^{(n)}(k)$ 를 주는 地點을, 또 各點電壓이 許容運轉範圍內에 들어 있을 때에는 最大의  $L_k^{(n)}(k)$ 를 주는 地點을 n-step 時의 操作點으로 決定하기로 한다.

이와같이 하여 새로운 操作點이 決定되면, 다음에 이것을 實際로 操作한 경우의 系統狀態를 潮流計算으로부터 求할 수 있을 것이다. 또한 이때 求해진 새로운 系統狀態는 K地點의 無効電力源을 單位量 操作했을때의 結果이기 때문에 이것으로부터 K點을 中心으로 한 系統特性定數  $\dot{C}_{km}$ 의 修正이 可能케 될 것이다.

이와같이 本計算法은

(a) 系統特性定數를 使用한 近代的인 線路損失 輕減效果의 判定으로부터 無効電力源의 操作點을 決定하고,

(b) 無効電力源의 單位 設備容量을 單位操作量으로 取扱하고, 다시 Search 手法를 利用한 反復計算으로부터 最適操作量을 決定한다.

(c) 潮流計算을 併用하여 正確한 系統狀態를 把握함과 同時에 이 結果를 利用하여 上記 系統特性定數의 逐次修正을 實行한다.

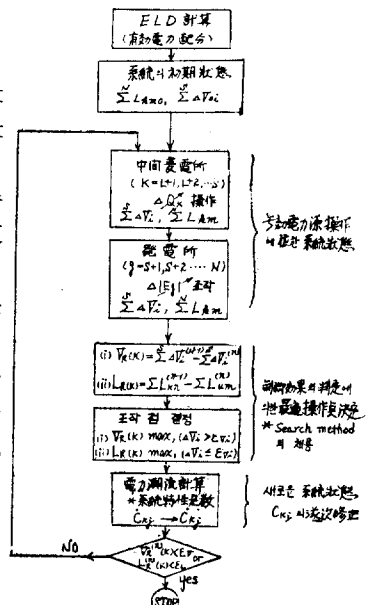


그림 3 最適運轉 目標狀態 簡略決定法

따라서 計算法은 以上 세가지를 主內容으로하는 反復 計算法이라고할 수 있을 것이다.

특히 本法에서는 (b)項의 Search 手法<sup>7),8)</sup>으로부터 無効電力源의 最適配置點 및 投入量을 決定하면 이에 따른 系統狀態를 潮流計算으로부터 每回 確認하고 있기 때문에 計算結果는 近似值가 아니고 언제나 精密한 筭이 되고 있다.

그림 3은 本計算法의 概要를 보인 Flow Diagram인데, 이에 의거한 計算 Program은 Fortran II로 完成시 利用하고 있다.

3. 計算例

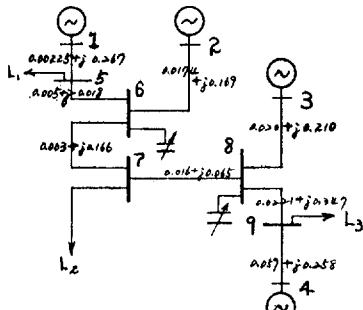


그림 4 모델系統 NO. 1  
(임피던스는 100MVA 基準)

먼저 그림 4의 4機系統에 對하여 前回와 같이<sup>6),8)</sup> 負荷電力 및 母線電壓에 關한 制限條件 아래에서 中間變電所 1, 2(母線番號 6, 8)의 無効電力源投入에 의한 最近 運轉 目標 狀態를 求하기로 한다.

그림 5는 本文의 簡略計算法에 의한 反復演算 Step마다 本 制御過程의 한 例이다.

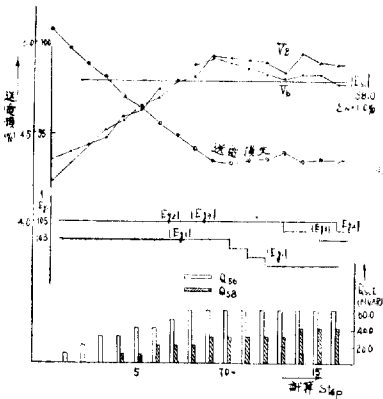


그림 5 反復 計算 過程

이 그림에서 보는바와 같이 調相設備 및 發電機無効電力出力의 單位量 操作을 거듭하면서, 먼저 電壓分布의 改善만을 꾀하고, 다음에 이것이 許容運轉範圍內(本例에는 運轉目標值 0.98(pu)±0.01(pu)에 制御한 後에는 計算目標를 送電損輕減으로 바꾸어 最終적으로는 兩

者를 總括的으로 考慮한 結果를 얻고 있다.

역시, 그림 6은 이때 併用되는 潮流計算結果를 利用하여 系統特性定數  $\hat{C}_{km}$ 가 逐次修正되어가는 過程을 보인 것이다.

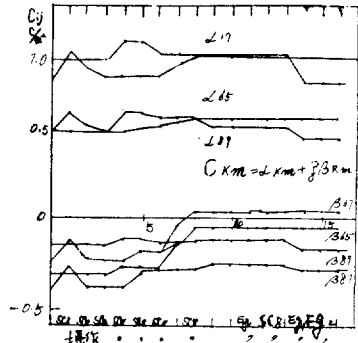


그림 6 系統特性定數( $\hat{C}_{km}$ )의 逐次 修正 過程

前述한 바와 같이 無効電力源 操作에 따른 制御效果를 이  $\hat{C}_{km}$ 를 使用하여 簡略 判定하고 있는데, 이와같이 反復되고 計算過程에서 이것을 逐次 修正시키고 있다는 것은 本計算法이 가지는 하나의 特徵이 될 것이다.

그림 7은 3個所의 負荷力率이 同時에 遲相 95%에서 85%까지 變化하였을때

( $\sum_{i=1}^3 P_{Li} = 230\text{MW}$  一定)의 最適 運轉目標 狀態를 앞서 說明한 Lagrange의 方法과 本文의 簡略計算法에 의한 結果를 함께 比較한 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이

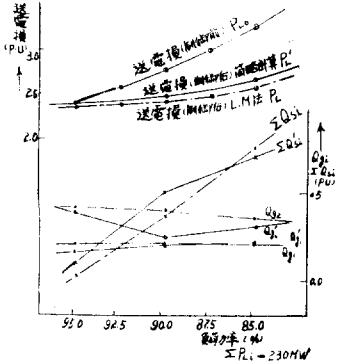


그림 7 計算例 (L.M法과의 比較)

이 兩者의 計算結果가 거의 一致되고 있으나, 다만 前者의 方法에서는 各無効電力源의 操作量을 連續量으로 取扱하고 있기 때문에 같은 運轉條件下에서도 더 精密한 制御를 期待할 수 있음을 알 수 있다.

다음, 兩者의 所要計算 時間을 보면, 運轉 條件 및 單位操作量의 크기에 關係되는 것이지만, 대체로 後者의 簡略計算이 數倍以上의 時間短縮이 可能케 되고 있음은 簡單한 計算內容으로 보아 充分히 짐작될 것이다.

다음 實用系統規模의 것으로, 그림 8에 보는 바와같은 9機 28母線系統을 檢討하였다.

前例와 같이 負荷點에 近接된 7個所의 中間變電所에 있는 調相設備(主로 SC 및 RC)와 6個所의 發電機의 無効電力出力과의 協調操作으로 系統主要母線에 있어서의

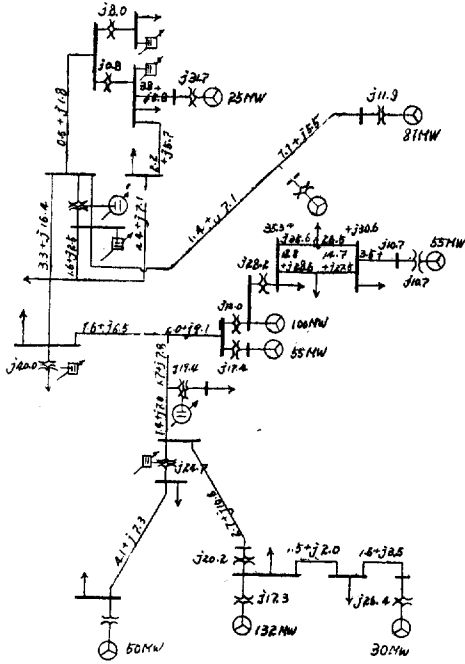


그림 8 모델시스템 No. 2(임피던스는 100MVA 基準)

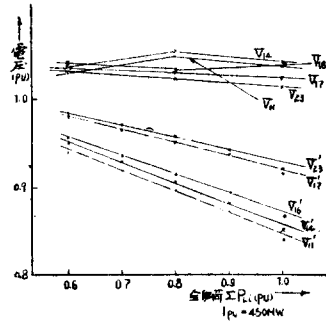


그림 11(A) 最適電壓分布曲線

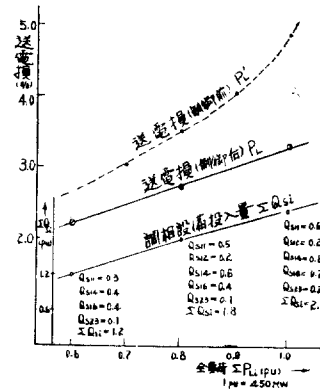


그림 11(B) 送電線 및 調相設備의 投入量

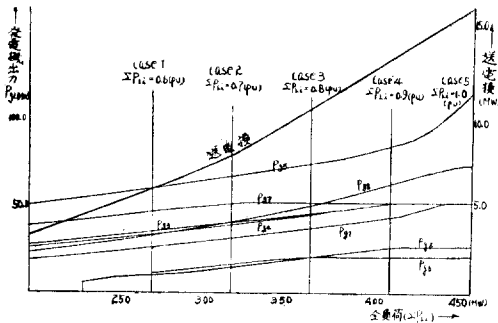


그림 9 各發電機의 出力分擔曲線

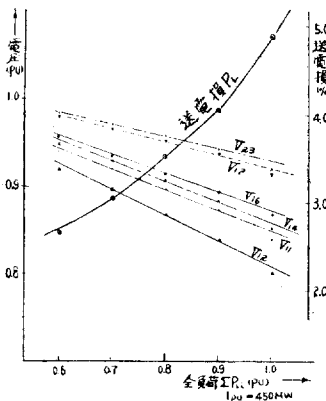


그림 10 電壓分布曲線

電壓分布의 改善 및 無効電力潮流의 適正分配에 따른 送電損輕減을 計算의 目標로 하였다.

그림 9 및 그림 10은 이 시스템의 여러가지 크기를 가진 負荷狀態에 對한 發電機出力의 經濟負荷分配曲線 및 이때의 電壓分布를 그린 것이다. 또 表 1(a), (b)는 여기에 使用한 B 定數 및 燃料費定數이다.<sup>5)</sup>

그림 11은 想定된 몇가지의 代表的인 系統負荷에 對하여 總括的인 系統制御를 實施하였을 경우의 改善된 電壓分布 및 送電損을 그린 것이다.

이 그림 (a)에서 보는바와 같이 主要母線의 運轉電壓(여기서  $V_{11}$ ,  $V_{14}$ ,  $V_{16}$ ,  $V_{17}$ ,  $V_{23}$ )을 미리 指定한 任意의 許容運轉範圍內에 維持시킬 수 있고, 또 그림 (b)에서 보는바와 같이 ELD로서 有効電力의 最適分配을 實施한 後에도 다시 이와같은 無効電力의 適切한 制御에 의하여 相當量의 送電損輕減(最大負荷時 約 7.5MW)을 이루고 있다. 또 이때의 調相設備의 投入量에 對하여서는 그림 11(b)의 下半部에 그린바와 같이 거의 負荷의 크기에 比例하여 所要되고 있다.

마지막으로 그림 12는 課相設備의 總 設備用量에 따른 送電損輕減量을 그린 것으로, 이와같은 計算結果로

表 1(A)

$B_{mn}$  定 數 表

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>	G <sub>7</sub>	G <sub>8</sub>	G <sub>9</sub>
G <sub>1</sub>	0.21154	-0.04343	-0.03169	-0.04042	-0.03585	-0.04857	-0.02656	-0.03197	-0.04718
G <sub>2</sub>	-0.04343	0.13440	0.01839	0.00998	-0.00130	-0.00311	0.07868	-0.01765	-0.02747
G <sub>3</sub>	-0.03169	0.01839	0.25611	-0.01567	-0.01992	-0.02234	0.01511	-0.03066	-0.03203
G <sub>4</sub>	-0.04042	0.00998	-0.01567	0.11611	0.03528	0.03937	0.00862	-0.02462	-0.03213
G <sub>5</sub>	-0.03585	-0.00130	-0.01992	0.06014	0.03528	0.06540	0.00073	-0.02650	-0.03157
G <sub>6</sub>	-0.04857	-0.00311	-0.02234	0.03937	0.06540	0.22885	-0.00047	-0.03243	-0.04088
G <sub>7</sub>	-0.02656	0.07868	0.01511	0.00862	0.00073	-0.00047	0.05395	-0.01366	-0.01858
G <sub>8</sub>	0.03197	-0.01765	-0.03066	-0.02462	-0.02650	-0.03243	-0.01366	0.06399	0.06025
G <sub>9</sub>	0.04713	-0.02747	-0.03203	-0.03213	-0.03157	-0.04088	-0.01858	0.06025	0.08282

表 1(B)

$F_{mn}, f_n$  定 數 表

	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>	G <sub>6</sub>	G <sub>7</sub>	G <sub>8</sub>	G <sub>9</sub>
$f_{mn}$	0.009	0.0086	0.0094	0.0084	0.0078	0.010	0.009	0.008	0.0082
$f_n$	1.20	1.30	1.00	1.10	0.96	1.30	1.00	1.20	1.20

부터 最適 設備 容量 決定 問題를 系統電壓分布改善과 關聯시켜 容易하게 取扱할 수 있을 것이다. (6), (8))

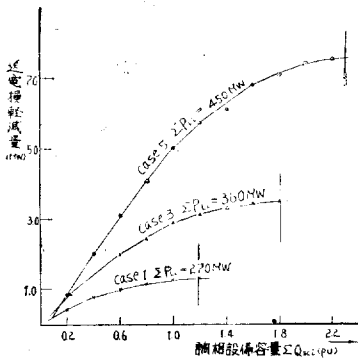


그림 12 調相設備容量과 送電損輕減量

參考로 이들 計算은 UNICON을 通하여 IBM 7090 計算機를 利用하였는데 1-case의 所要時間이 50~60秒 정도에 不過하였다.

#### 4. 結 論

以上 電壓無効電力制御에 있어서의 最適 運轉 目標 狀態의 簡略決定을 中心으로 總括的인 系統運用問題로 考察하였다. 그 結果,

- (1) 從來의 ELD에 無効電力制御機構를 直列的으로 結合시킨 새로운 計算方式을 誘導하였다. 이 結果, 現在의 ELD裝置를 살려둔채 有効電力의 經濟配分과 아울러 無効電力의 適正配分으로 系統電壓分布의 改善 및 送電損輕減을 容易하게 達成할 수 있게 되었다.
- (2) 上記 最適 運轉 目標 狀態의 簡略決定에 關한 具

體的인 計算方法을 系統特性定數를 導入하여 끌어 내고, 여기에 潮流計算을 併用시킴으로서 正確한 系統狀態의 把握과 아울러 系統特性定數의 逐次修正機能을 包含시킬 수 있었다.

- (3) 實用規模系統에 本計算法을 適用한 結果, 計算內容 및 必要計算時間面에 있어 한층 더 計算機制御 適用의 有望성을 크게 할 수 있었다.

마지막으로 本研究에 對하여 구준하게 指導하여 주신 埴野一郎 教授 및 UNICON關係 諸氏에게 깊이 感謝를 드리는 바이다.

#### 附 錄

##### 使用記號의 說明

- $\dot{E}_k$  = 母線 k의 電壓 Vector
- $|\dot{E}_k|$  = // 電壓의 크기(運轉電壓值)
- $\dot{Y}_{km}$  = 自己 어드미턴스( $k=m$ )
- 母線  $k-m$ 間 相어드미턴스( $k \neq m$ )
- $\dot{I}_k$  = 母線 k의 電流 vector
- $P_k, Q_k$  = 母線 k의 有効電力 및 無効電力
- $P_{km}, Q_{km}$  = 母線  $k-m$ 間을 흐르는 有効 및 無効電力潮流
- $|E_{ks}|$  = 母線 k의 運轉電壓指定值
- $P_{ks}, Q_{ks}$  = 母線 k의 有効電力 및 無効電力 設定值
- $\Delta P_k, \Delta Q_k$  = 母線 k의 有効 및 無効電力 設定值로부터의 偏差分
- $\epsilon_k, \zeta_k$  = 母線 k의 電壓修正量  $\Delta \dot{E}_k$ 의 實數分 및 虛數分
- $L_{km}$  = 母線  $k-m$ 間을 맺는 線路의 有効電力損失
- $L_k$  = 母線 k를 中心으로 直接 接續된 線路損失의 和
- $L_{loss}$  = 全送電損 ( $= \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N L_k$ )
- $\dot{C}_{km}$  = k地點의 無効電力源의 單位量 操作에 의한 m地

點電壓의 變化를 나타내는 系統特性定數

$\Delta|E_k|, \Delta Q_{ks}$  = 母線  $k$ 의 運轉電壓 및 無効電力의 操作量

$A_k^{(n)}(k)$  =  $k$  地點의 無効電力源 操作時의 電壓制御效果指數

$L_k^{(n)}(k)$  =  $k$  地點의 無効電力源 操作時의 送電損輕減效果指數

$dV_k^{(n-1)}, dV_k^{(n)}$  =  $(n-1)$  step,  $(n)$  step 時의 電壓偏差의 總和

$L_k^{(n-1)}, L_k^{(n)}$  =  $(n-1)$  step,  $(n)$  step 時의  $k$ -母中心으로 直接 接續된 各線路 損失分의 和

p. 404 1956.

2. R.B. SQUIRES. Tr. AIEE VOL. 80. p. 1235~p. 1245 1961.
3. H.W. SMITH Tr. AIEE VOL. 82. p. 542~p. 544 1963.
4. 梅津·金子 電力中央研究所技報 No. 61032 1961.
5. 宋 大韓電氣學會誌 VOL. 13. No. 4 1964-12.
6. 宋 大韓電氣學會誌 VOL. 14. No. 3 1965-8.
7. 宋 日本電氣給電專問委 資料 No. 61 1965-9
8. 宋 日本電氣學會誌 VOL. 86 No. 930 1966-3

(1966年 6月 28日 接受)

### 參 考 文 獻

1. J.B.Wand & Wale. Tr. AIEE VOL. 75. p. 398~