

分割手法를 利用한 電壓無効電力의 最適制御

Optimal Control for Voltage and Reactive Power Using Piecewise Method

論 文
31~5~4

劉 錫 九* · 任 化 永**
(Seok-Ku You · Hwa-Young Im)

Abstract

The optimum control of voltage and reactive power in large system requires large amounts of complicated calculation. If the large power system is controlled by the centralized control scheme, the necessary computing time, memory requirements and data transmission channels increase exponentially, and computer control of the system becomes difficult.

Piecewise method which aims at the reduction of the difficulties of centralized control scheme is to decompose a large power system into several subsystems, each of which is controlled by a local computer and the control efforts of each subsystem are coordinated by a central computer.

Unless sufficient coordination is made between subsystems, the control quality may become very poor.

This paper describes how piecewise method can be applied in the optimal control of voltage and reactive power in large system, and presents effective calculating algorithm for the solution of the problem.

The numerical example for model system is presented here.

1. 序 論

電力系統의 電壓·無効電力制御는 無効電力의 需給平衡을 고려하는 것으로, 並列코멘서, 負荷時電壓調整器 및 發電機電壓調整 등을 적절히 조정하므로써, 系統電壓을 規定值內로 유지시킴과 아울러 電力損失을 最小化하는 것이다.^{(2), (3), (4)}

電力系統이 대규모화되면, 全系統에 산재되어 있는 調整設備의 합리적인운용과 電壓및 無効電力潮流의 감시는 매우 어렵게되고, 또한 대규모화된 전력계통에서 集中制御方式을 택하면 情報傳送채널과 計算機記憶容量이 대폭증가되어, 制御時間이 길어지는 등 문제점이

야기된다.⁽²⁾

따라서 本 論文에서는 이들 문제점을 해결하기 위한 방안으로 대규모전력계통의 분할제어에 대하여 연구하였다.

電力系統의 分割制御란 系統을 몇개의 부분계통으로 분할하고, 각 부분계통에 소형계산기를 두어 自體制御를 시행토록하되, 각 부분계통간에 상호협조가 이루어지지 않으면, 系統全體로 보아 制御의 質이 매우 빈약하게 되므로, 중앙제어계산기로 말미암아 이들 부분계통간에 상호협조가 합리적으로 이루어지도록하게 하는 것으로, 이른바 계층제어(hierarchical control)^{(1), (2)}를 말한다.

2. 멀티컴퓨터제어의 협조이론

電力系統의 最適制御問題는 數理計劃法의 문제로 定

* 正 會 員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 副教授 · 工博

** 正 會 員 : 光云工大 電氣工學科 專任講師

接受日字 : 1982年 3月 30日

式化된다.

대규모전력계통을 몇개의 부분시스템으로 分割하여 各部分系統에서는 獨立的으로 制御를 實行하되, 相互協調理論을 적용하므로써, 全系統의 最適解가 成立되도록 하는 것이 分割制御의 核心이다.

部分系統간의 協調는 協調變數라 일컫는 部分系統內의 어떤 變數나 파라미터가 제 2레벨의 컨트롤러(controller)에 의해서 操作되는 것처럼 생각하므로써 이루어진다. 한편, 컨트롤러의 역할은 독립된 제 1레벨에서 전체계통의 最適條件에 대응하는 解를 선정하도록 協調變數를 조정하는 것이다.

따라서 멀티컴퓨터시스템의 最適制御문제는 두개의 스텝(step)을 거쳐 解決된다. 즉, 제 1스텝은 綜合問題(評價函數와 拘束條件)을 각자 다른 역할을 갖는 2개의 레벨(일반적으로 多重레벨)의 형식으로 개조하는 것이다.

제 2스텝은 서로 相互作用이 미치지 않는 부분으로, 제 1레벨의 역할 또는 문제를 分割하는 것이다.

어떤 拘束條件을 가진 最適化문제를 멀티레벨(multi-level) 문제로 變換하는 方法은 여러 가지가 있겠으나 本論文에서는 그중 하나인 目的協調法^{(2),(4)}(雙對實行可能法)에 대하여 기술하고, 이를 계층제어에 적용키로 한다.

目的協調法은 部分系統間의 結合을 絶단 하므로써, 綜合最適化問題를 각 부분계통에서 독립적으로 시행하는 것이다. 즉, 한개의 系統을 그림 2-1과 같이 分割하고, 部分系統 i 는 自己의 目的函數를 最小化하기 위하여 相互作用變數 $x^i(i \neq j)$ 를 다른 操作變數로 취급한다.

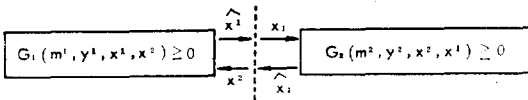


그림 2-1. 結合을 切斷시킨 계통

Fig. 2-1. Decomposed system by cutting tie-line

여기서 他部分系統의 入力이되는 出力을 \hat{x}^i 라 하고, \hat{x}^i 에 대응하는 他部分系統의 入力을 x^i 라 한다. 그리고 系統의 變數를 다음과 같이 定義한다.

m : 操作變數 벡터

m^i : 部分系統 i 의 操作變數 벡터

y : 系統의 出力變數 벡터

y^i : 部分系統 i 의 出力變數 벡터

위에 기술한 바와 같이 相互作用을 切斷하였으므로,

\hat{x}^i 와 x^i 는 같을 必要가 없다.

또한, \hat{x}^i 도 操作變數로서 m^i, y^i 와 같이 취급한다. 이와 같이 하면 2개의 部分系統은 완전히 分離되고, 目的函數도 分離되므로 各部分系統의 最適化를 獨立的으로 실행할 수 있는 利點이 있다.

그러나, 개개의 部分系統의 문제에서 전체의 최적값을 얻기 위해서는 相互平衡原理가 만족되는 것, 즉, 독립적으로 선택한 \hat{x}^i 와 x^i 가 실제적으로 같아야 한다.

따라서 멀티레벨문제의 정식화는 第1레벨에서 相互作用變數를 絶단하여 독립된 部分系統의 最適制御를 실행하고, 제 2레벨에서는 各部分系統의 문제를 풀이할 때 相互平衡原理를 만족시키는 解를 갖게끔하는 것이다. 이것은 제 1레벨 문제의 목적을 수정하므로써 이루어진다.

相互作用의 平衡을 취하기 위하여, Lagrange 乘數를 導入한 目的函數를

$$P(m, y, \hat{x}, x, \lambda) = P_1(m^1, y^1, \hat{x}^1) + P_2(m^2, y^2, \hat{x}^2) + \lambda^T(\hat{x} - x) \quad (2-1)$$

라 한다.

x 의 變數를 導入하므로써 部分系統에 대한 拘束條件은

$$G_1(m^1, y^1, \hat{x}^1, x^2) \geq 0 \quad (2-2)$$

$$G_2(m^2, y^2, \hat{x}^2, x^1) \geq 0 \quad (2-3)$$

로 된다.

拘束條件을 만족하는 변수 m, y, \hat{x}, x 의 集合은

$$S_0 = \{(m, y, \hat{x}, x) | G_1, G_2 \geq 0\} \quad (2-4)$$

로 定義된다.

이 集合에 속하는 변수에 의해서 目的函數를 最小化 하려면

$$H(\lambda) = \min_{(m, y, \hat{x}, x) \in S_0} P(m, y, \hat{x}, x, \lambda) \quad (2-5)$$

와 같이 λ 만의 函數로 된다.

$H(\lambda)$ 의 定義域으로서

$$S_1 = \{\lambda | H(\lambda) \text{가 存在한다}\} \quad (2-6)$$

를 定義한다.

Lagrange定義의 항을

$$\lambda^T(\hat{x} - x) = \lambda_1^T(\hat{x}^1 - x^1) + \lambda_2^T(\hat{x}^2 - x^2) \quad (2-7)$$

와 같이 展開한다.

이와 같이 하여 제 1레벨문제는 다음과 같이 分離된다. 즉,

(i) 부분계통 1.

$$G_1(m^1, y^1, \hat{x}^1, x^2) \geq 0 \quad (2-8)$$

의 조건하에서

$$\min_{m^1, y^1, \hat{x}^1, x^2} P_1(m^1, y^1, \hat{x}^1) + \lambda_1^T \hat{x}^1 - \lambda_2^T x^2 \quad (2-9)$$

를 실행한다.

(ii) 부분계통 2.

$$G_2(m^2, y^2, \hat{x}^2, x^1) \geq 0 \quad (2-10)$$

의 조건하에서

$$\min_{m^2, y^2, \hat{x}^2, x^1} P_2(m^2, y^2, \hat{x}^2) - \lambda_1^T x^1 + \lambda_2^T \hat{x}^2 \quad (2-11)$$

를 실행한다.

한편, 제 2 레벨의 목적은 λ 를 操作하므로써, 제 1 레벨의 目的函數 P_1, P_2 에 영향을 주어 최종적으로

$$\hat{x}^1 = x^1, \hat{x}^2 = x^2 \quad (2-12)$$

가 성립되게 하는 것이므로 目的協調法이라 부른다.

數值計算에서 문제를 풀이할 경우에는, 2개 레벨間

에서 문제를 서로 주고받음을 反復하므로써 그 解가 얻어진다. 目的協調法을 圖示하면 그림 2-2와 같다.

여기서 각 레벨의 문제를 요약하면

제 1 레벨문제.

領域 S_0 에서 $P(m, y, \hat{x}, \lambda)$ 를 最小化하고, $H(\lambda)$ 를 定義한다.

제 2 레벨문제.

제 1 레벨문제에 대한 解가 相互平衡原理를 만족하도록 λ 를 選定한다.

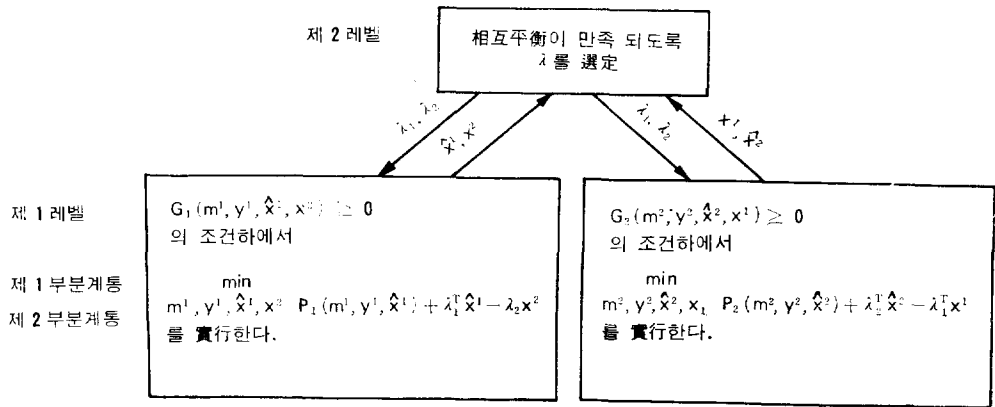


그림 2-2. 目的協調法에 의한 멀티레벨 解法

Fig. 2-2. Multilevel solution by goal coordination method

3. 系統分割과 멀티컴퓨터제어 algorithm

간단한 예로서 電力系統이 1개소의 送電線을 切斷하므로써 2개의 부분계통으로 分離되는 系統分割에 대하여 설명한다.

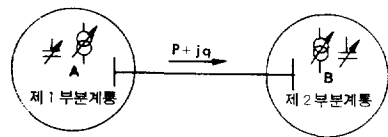
그림(3-1)와 같이 電力系統을 2개의 部分系統으로 분리하고자 할 때, 분리하기전에 2개의 부분계통이 연결된 連繫線에 흐르고 있는 有效 및 無効電力潮流를 p, q 라라 한다(그림 (a)참조).

이때 그림 3-1(b)와 같이 母線A의 바로 앞에서 連繫線을 절단하고, 그 장소에 假想母線C를 생각한다.

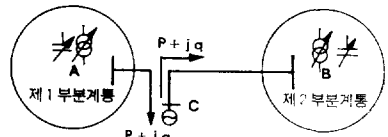
母線A와 C를 각각 負荷母線으로 간주하여, 消費 또는 發生하는 電力을 절단하기 전의 連繫線潮流와 같게 한다.

이와 같이 하면 제 1 부분계통과 제 2 부분계통내의 電力潮流상태는 전혀 변하지 않는다.

系統을 분할하므로써 假想母線을 가진 2개의 部分系統에서, 각각 電壓·無効電力制御를 독립적으로 실행



(a) 분할하기 전



(b) 분할한 후

그림 3-1. 系統의 部分化

Fig. 3-1. Decomposition of a power system

하더라도, 각 부분계통 내의 調整設備를 조작하면 部分系統 상호간에 영향이 미친다. 이것은 連繫線의 潮

流가 변하기 때문이다.

지금 無効電力調整設備의 조작은 連繫線潮流의 無効分에만 영향을 주고, 調整設備의 조작량과 連繫線의 無効電力潮流間에 線形關係가 존재한다고 가정하면, 連繫線에 흐르는 無効電力潮流의 변화분은 각 부분계통의 調整設備操作에 의하여 발생하는 변화분의 합과 같다.

제 1부분계통이 假想調整設備 즉, 第 2부분계통에 대하여 요구하는 無効電力潮流를 q_{21}^* 이라 하고, 제 1부분계통내의 調整設備의操作에 의하여 제 2부분계통으로 流入하는 無効電力潮流를 q_{12} 라 한다.

또한 마찬가지로 제 2부분계통에 대해서도 각각 q_{12}^* , q_{21} 라 한다.

이때 제 i 부분계통($i=1, 2$)의 電壓 및 無効電力潮流와 調整設備操作量間에는 線形性이 존재하므로⁽²⁾⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾

$$V_j^i = V_{0j}^i + \sum_{k=1}^{m^i} a_{jk}^i \cdot x_k^i + c_j^i \cdot q_{i'}^i \quad (j=1, 2, \dots, N^i) \quad (3-1)$$

$$Q_l^i = Q_{0l}^i + \sum_{k=1}^{m^i} b_{lk}^i \cdot x_k^i + d_l^i \cdot q_{i'}^i \quad (l=1, 2, \dots, n^i) \quad (3-2)$$

$$q_{ii'} = \sum_{k=1}^{m^i} e_k^i \cdot x_k^i \quad (3-3)$$

와 같이 표시된다. 단, $i=1$ 이면 $i'=2$ 이고, 제 i 부분계통에 대하여

V_j^i : 調整設備의 조작에 의한 j 지점의 制御後의 電壓크기

V_{0j}^i : 同地點의 制御前의 電壓크기

Q_l^i : 調整設備의 조작에 의한 l 지점의 制御後의 無効電力潮流

Q_{0l}^i : 同地點의 制御前의 無効電力潮流

x_k^i : 제 k 번째의 調整設備의 操作量

a_{jk}^i, c_j^i : 각각 x_k^i 및 $q_{i'}^i$ 에 대한 j 지점의 電壓感度定數

b_{lk}^i, d_l^i : 각각 x_k^i 및 $q_{i'}^i$ 에 대한 l 지점의 無効電力潮流의 感度定數

e_k^i : 제 k 번째의 調整設備에 대한 連繫線無効電力潮流의 感度定數

N^i : 電壓監視點의 總數

n^i : 損失監視線路의 總數

m^i : 調整設備의 總數

앞에서 기술한 바와 같이 連繫線을 절단하여 系統을 分割하였을 때, 제 i 부분계통의 電壓·無効電力制御問題는 식(3-1)에서 操作量 x_k^i 와 假想操作量 $q_{i'}^i$ 를 이용하여, 電壓監視母線의 電壓 V_j^i 를 規定值內로 유지

하는 동시에 系統의 送電損失을 最小로 輕減하는 것이다.

따라서 제 i 부분계통에서 最小化하고자 하는 目的函數는

$$P_i = \sum_{l=1}^{n^i} \gamma_l^i \cdot (I_l^i)^2 = \sum_{l=1}^{n^i} \gamma_l^i \cdot \frac{(P_l^i)^2 + (Q_l^i)^2}{(V_l^i)^2} \quad (3-4)$$

로 된다. 여기서 γ_l^i 및 P_l^i, Q_l^i 는 각각 제 i 부분계통내에서 線路 l 의 抵抗 및 有功, 無効電力潮流이며, 만일 線路 l 가 모선 m 과 n 에 연결되어 있고 P_l^i 및 Q_l^i 가 모선 m 에서 모선 n 로 흐를 때는 線路電壓 $V_l^i = V_m^i$ 로 한다. 電壓 및 無効電力制御 문제에서 有功電力潮流는 調整設備의 操作에 의한 영향을 거의 받지 않으며 各母線電壓을 $V_l^i = 1.0$ P.U.로 간주할 수 있으므로 식(3-4)는

$$P_i = \sum_{l=1}^{n^i} \gamma_l^i \cdot (Q_l^i)^2 = \sum_{l=1}^{n^i} \gamma_l^i \cdot (Q_{0l}^i + \sum_{k=1}^{m^i} b_{lk}^i \cdot x_k^i + d_l^i \cdot q_{i'}^i)^2 \quad (3-5)$$

로 나타낼 수 있다.^{(2), (3), (6)}

한편, 제 i 부분계통의 無効電力調整設備의 最適操作量은 식(3-5)의 P_i 를 最小化하므로써 얻어지지만, 連繫線을 절단하였다고 가정하면 제 1부분계통과 제 2부분계통의 상호간섭을 무시한 것이 되므로, 제 1부분계통이 제 2부분계통에 대하여 要求하는 無効電力潮流 q_{21}^* 과 실제로 제 2부분계통의 最適制御結果 連繫線을 통하여 제 2부분계통에서 제 1부분계통으로 流出하는 無効電力潮流 q_{12} 는 일치하지 않는다.

그러나 實際로 2개의 부분계통이 連繫線을 통하여 連結되어 있으므로 식(3-5)를 最小化할 경우에

$$q_{12}^* = q_{12}, \quad q_{21}^* = q_{21} \quad (3-6)$$

를 만족시키도록 하여야 한다.

따라서 제 2장에서 설명한 목적함조건을 도입하여, 제 1부분계통에서는 단가 λ_{21} 으로 q_{21}^* 을 구입하고, 자체供給力 q_{12} 를 단가 λ_{12} 로 매출한다고 생각하므로써, 새로운 目的函數는 費用으로 표시되며

$$\hat{P}_1 = P_1 + \lambda_{21} \cdot q_{21}^* - \lambda_{12} \cdot q_{12} \quad (3-7)$$

로 된다. 마찬가지로 제 2부분계통의 목적함수는

$$\hat{P}_2 = P_2 + \lambda_{12} q_{12}^* - \lambda_{21} q_{21} \quad (3-8)$$

로 된다.

위에 설명한 部分系統間의 關係를 도시하면 그림 3-2와 같다.

이상 설명한 것을 토대로 멀티컴퓨터제어 algorithm에 대하여 설명한다.

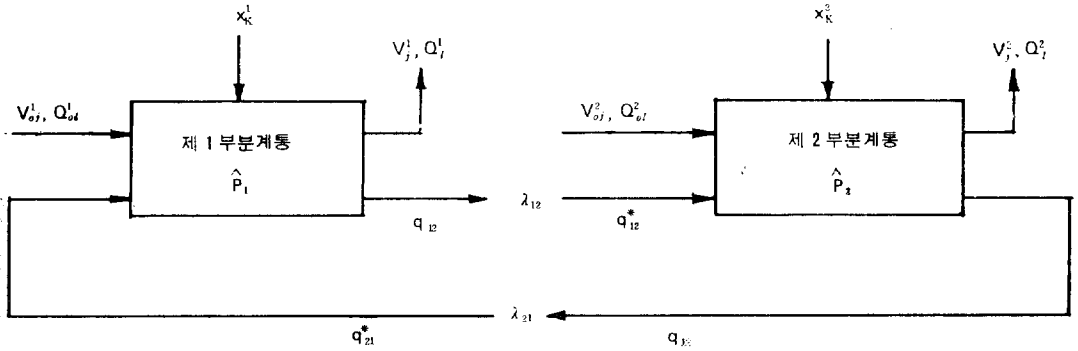


그림 3-2. 부분계통의 접속
Fig. 3-2. Connection of subsystem.

멀티컴퓨터시스템은 제 2 레벨의 중앙계산기와 제 1 레벨의 지역계산기들로 구성되어 있다. 지역컴퓨터가 실행하여야 할 계산내용은 부분계통내에 있는 電壓監視母線의 電壓制限條件과 調整設備의 制限條件下에서 부분계통의 目的函數를 最小化하는 것이다. 즉, 제 *i* 부분계통의 계산기는

$$V^i \leq V^i(x^i; q_{i,i}^*) \leq \bar{V}^i \quad (3-9)$$

$$x \leq x^i \leq \bar{x}^i \quad (3-10)$$

인 條件下에서 目的函數

$$\hat{P}_i(x^i; q_{i,i}^*) = P_i(x^i; q_{i,i}^*) + \lambda_{12} q_{12} - \lambda_{21} q_{21}(x^i) \quad (3-11)$$

를 最小化하는 x^i 및 q_{21}^* 을 求한다음 q_{12}^* 를 계산하여, 중앙컴퓨터에 q_{12}^* 와 q_{21}^* 를 傳送한다. 여기서

V^i, \bar{V}^i : 각각 제 *i* 부분계통의 電壓上下限值

\bar{x}^i, x^i : 각각 제 *i* 부분계통내에 있는 調整設備容量의 上下限值

한편, 중앙계산기는 지역계산기에서 받은 q_{12}^* 와 q_{21}^* 를 가지고, 구매와 판매액을 점검한 후, 각각의 단가를 조정하여 賣買에 의한 不利益의 總和가 最小가 되도록 한다. 즉, 만일 제 1 부분계통이 제 2 부분계통에서 매입코저하는 q_{21}^* 가 제 2 부분계통이 제 1 부분계통에 매출코저하는 q_{12}^* 보다 크면 단가 λ_{21} 을 買入과 賣出間의 差額의 比例로 增額한다. 다시 말해서 單價 λ_{21} 은 식 (3-12)에 의하여 조정된다.

$$\lambda_{21} \leftarrow \lambda_{21} + K(q_{21}^* - q_{21}) \quad (3-12)$$

여기서 K 는 先驗的으로 選定되는 定數임. 마찬가지로

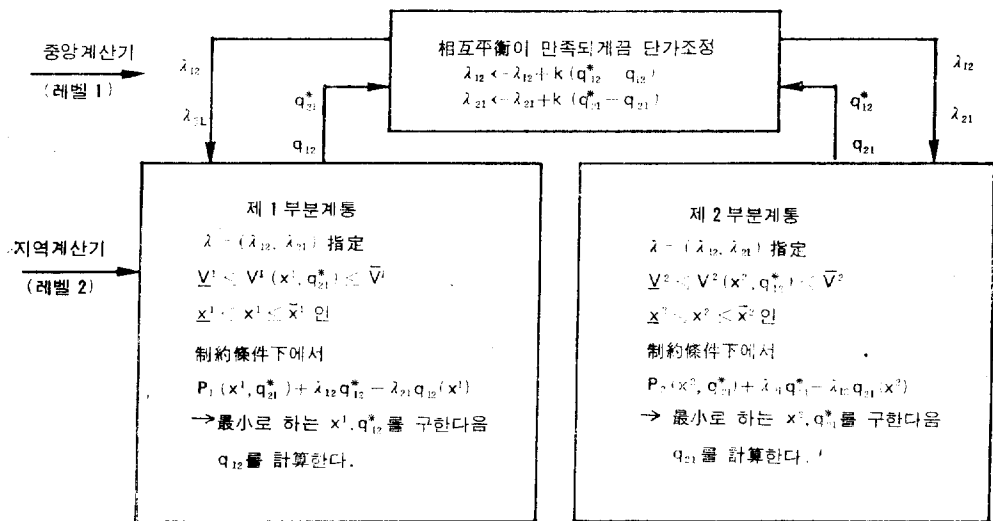


그림 3-3. 멀티컴퓨터제어의 계산흐름
Fig. 3-3. Calculating flow of multi-computer control

로

$$\lambda_{12} \leftarrow \lambda_{12} + K(q_{12}^* - q_{12}) \quad (3-13)$$

로 된다.

즉, 중앙계산기의 임무는 식(3-12), 식(3-13)로 표시된 賣買單價의 조정이다.

실제로 數值計算에 의해서 문제를 풀이할 경우에는 2개의 레벨간에서 데이터를 서로 주고 받음을 반복하므로써 최종 解가 구해진다.

멀티컴퓨터제의 계산흐름을 도시하면 그림 3-3과 같다.

4. 모델계통에 대한 計算例

分割手法를 이용한 電壓·無効電力의 最適制御에 대하여 앞장에서 설명한 계산 algorithm의 효과를 검토하기 위하여 모델계통에 제시된 algorithm을 적용하여 보았다.

모델계통은 그림 4-1과 같고, 制御對象으로서는 3개소의 電壓監視母線과 8개소의 無効電力潮流監視線路를 선정하였다.

또한, 電壓·無効電力 調整設備는 負荷時電壓調整器(LRC) 3개소의 並列콘덴서(Sh.C.) 뱅크 3개소를 택하였다.

系統分割의 1개소의 線路(連繫線)을 切斷하므로써

표 4-1. 調相設備의 制限値

Table 4-1. The specified values of regulating device

Reg. Device No.	Subsystem 1.				Subsystem 2.	
	1	2	3	4	1	2
Upper Bound	10	10	9	4	10	11
Lower Bound	-10	-10	0	0	-10	0

제 1 부분계통과 제 2 부분계통으로 분리하였다.

電壓監視母線의 制限條件은 모두

$$97(\%) \leq V_j^i(\%) \leq 103(\%)$$

로 정하였으며, 調整設備의 制限條件(上下限值)은 표(4-1)과 같이 한다.

電壓·無効電力의 最適制御에 필요한 각종 感度定數 및 電力潮流計算 方法은 오래전부터 널리 알려져 있으며, 또한 本 論文에서 提示한 最適解法의 效果를 검토하기 위하여, 모델계통의 初期狀態와 모든 感度定數는 참고문헌(7)에서 引用하였다. 모델계통의 初期狀態는 표 4-2와 같고 각종 感度定數는 표 4-3과 같다.

위에서 기술한 전압 및 조정설비의 制限條件下에서 모델계통의 최적제어 계산결과를 표 4-4와 같다. 여기서 제 2레벨(부분계통)의 最適手法는 수속이 가장 빠르고 간편한 gradient法⁽⁶⁾을 이용하였으며, 또한 實系統에서는 設備與件에 따라 調整設備의 操作量이 정

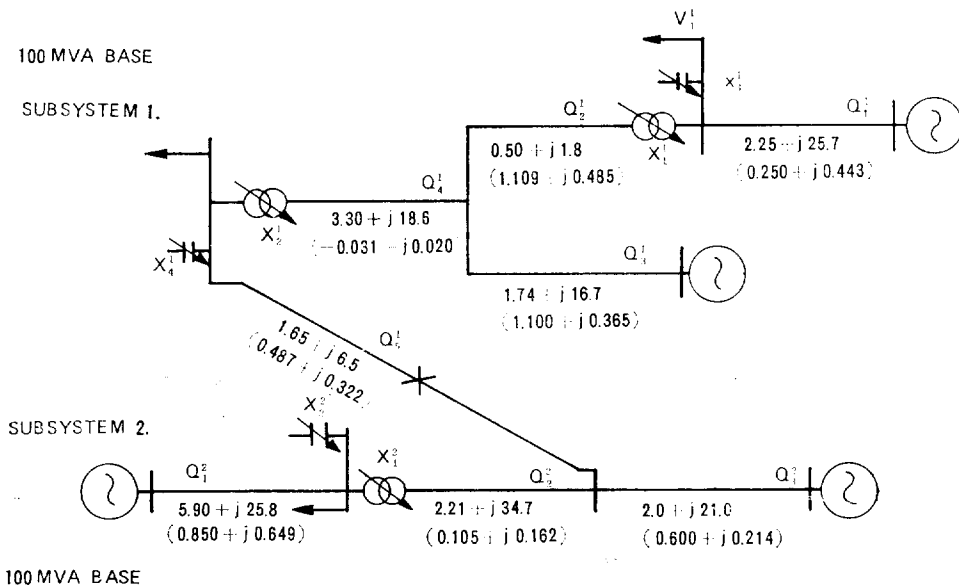


그림 4-1. 모델 계통

Fig. 4-1. Model system

(Line impedance are shown without parentheses; line real and reactive power are shown in parentheses).

표 4-2. 모델계통의 初期狀態

Table 4-2. Existing conditions on sample system

Vlg Control Bus No	Subsystem 1					Subsystem 2		
	1		2			1		
Initial Voltage	97.5(%)		98.5(%)			98.5(%)		
Line No.	1	2	3	4	5	1	2	3
Resistance	2.25	0.50	1.74	3.30	1.65	5.90	2.21	2.00
Initial Line Flow	0.443	-0.485	0.365	-0.02	-0.322	0.645	-0.162	0.214
Initial Losses	0.963					2.604		

표 4-3. 感度定數

Table 4-3. Sensitivity constants

(a) $a_{jk}^1, b_{ik}^1, c_j^1, d_i^1$

$\Delta V, \Delta Q$	x_k^1, q_{21}^*	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	q_{21}^*
ΔV_1^1		0.4905	0.147	0.356	0.175	9.753
ΔV_2^1		-0.127	-0.3365	0.173	0.491	27.31
ΔQ_1^1		-0.019	-0.0057	-0.0138	-0.0068	-0.379
ΔQ_2^1		-0.019	-0.0057	0.0258	-0.0068	-0.379
ΔQ_3^1		-0.0133	-0.0094	-0.0181	-0.0111	-0.6201
ΔQ_4^1		-0.0057	-0.0151	0.0077	-0.0178	-1.0
ΔQ_5^1		-0.0057	-0.0151	0.0077	0.0220	-1.0

(b) $a_{jk}^2, b_{ik}^2, c_j^2, d_i^2$

$\Delta V, \Delta Q$	x_k^2, q_{12}^*	x_1^2	x_2^2	q_{12}^*
ΔV_1^2		-0.267	0.681	6.784
ΔQ_1^2		0.0101	-0.0257	-0.256
ΔQ_2^2		0.0101	0.0142	-0.256
ΔQ_3^2		-0.0063	-0.0088	-0.744

(c) e_k^i

q_{ii}	x_k^1	x_1^1	x_2^1	x_3^1	x_4^1	x_1^2	x_2^2
q_{12}		-0.0057	-0.0151	0.0077	0.022		
q_{21}						0.00385	0.0054

수이어야하므로, 최적제에에 요구되는 調整設備의 操作量을 구함에 있어서, 最適化過程에서는 操作量을 連續的으로 보다가, 부분계통간의 상호협조가 충분히 이루어졌을 때 반올림처리를 하였다.

표 4-4에서 나타난 바와 같이 전압감시모선의 電壓

은 모두 制限範圍內에 들고 있으며, 全系統의 無効電力潮流에 의한 電力損失은 3.567에서 2.191로 減小되었다. 이때 要求되는 調整設備의 操作量은 부분계통 1에서 No.1 변압기 1 tap up, No.2 변압기 1 tap down, No.3 및 No.4 병렬콘덴서 각각 2 뱅크투입, 부분계

표 4-4. 최적제어에 대한 결과

Table 4-4. Results for optimum control

Voltage(%)	Operating values of Reg. devices	Tie line flows	Line flow		Transmission loss
$V_1^1=99.09$	$x_1^1(LRC)=1$	$q_{21}^*=0.0195$	$Q_1^1=0.3814$	$Q_1^2=0.4789$	2.191 $(P_L^1=0.767)$ $(P_L^2=1.424)$
$V_2^1=100.56$	$x_2^1(LRC)=-1$	$q_{21}^*=0.0193$	$Q_2^1=-0.4674$	$Q_2^2=-0.1286$	
$V_3^1=100.56$	$x_3^1(S.C)=2$	$q_{12}^*=0.0685$	$Q_3^1=0.2905$	$Q_3^2=0.1312$	
$V_1^2=102.91$	$x_4^1(S.C)=2$	$q_{12}^*=0.0688$	$Q_4^1=-0.0809$		
	$x_1^2(LRC)=-2$		$Q_5^1=-0.3133$		
	$x_2^2(S.C)=5$				

통 2에서는 No.1 변압기 2 tap down, No.2 병렬콘덴서 5백크 투입이었다.

5. 結 論

電力系統의 電壓·無効電力最適制御를 실시함에 있어서, 系統의 규모가 대형화되면, 集中制御方式으로는 앞에서 기술한바와 같이 여러가지 문제점이 야기되므로, 本論文은 이에 대한 대책으로서, 分割手法를 이용한 系統制御에 대하여 기술하였다.

分割制御方式이 集中制御方式에 비하여 유익한 점을 얻거하면,

1. 分割制御에 따른 情報傳送距離의 단축으로 傳送 채널이 대폭감소한다.

2. 계산기의 기억용량을 크게 줄일 수 있으므로, 계통의 확장으로 인한 기존계산기의 대체문제가 해결된다.

3. 대규모전력계통에서는 제어시간이 단축될 것이므로 on-line real-time 제어가 가능해진다.

4. 중앙계산기의 협조 algorithm은 부분계통의 최적 제어 algorithm과 무관하므로 부분계통별로 별개의 최적 algorithm을 이용할 수 있다.

本論文에서는 제시한 algorithm을 모델계통에만 적용하여 보았으나 실제계통에도 적용가능하며, 계통의 규모가 크면 클수록 그 효과가 더욱 좋아질 것으로 사료된다.

끝으로 本研究를 지원하여 주신 문교부 당국에 감사 드리는 바입니다.

參 考 文 獻

- [1] Mihajlo D, Mesarevic; "Multilevel system and concepts in process control", Proc. of IEEE, vol.58, No.1, pp.111~125, 1970.
- [2] 小林 俊史, "電力系統의 最適運用에 관한 研究", 學位論文
- [3] 宋吉永, "電力系統에 있어서 電壓·無効電力制御에 관한 研究", 學位論文, 1967.
- [4] M.G. Singh, A. Titli; "Systems: decomposition, optimisation and control", pergamon press, 1978.
- [5] 成田, 多田, "感度定數에 기초를 둔 電壓·無効電力에 관한 系統特性定數의 決定法", 日本電氣學會誌, vol.88, No.959, 1968.
- [6] 劉錫九, "電力系統에 있어서 電壓 및 無効電力潮流의 最適制御", 學位論文, 1979.
- [7] S. Narita, M.S.A.A. Hamman; "Multicomputer control of voltage and reactive power in large scale pools", 4th pssc, 1972.
- [8] H.H. Happ; "Piecewise methods and applications to powersystem", Willey, 1980.
- [9] R. Schüpbach, A.P. Ppeiser; "Real-time control of electric power systems," Edmund Handscihin, 1972.
- [10] C.H. Jolissaint, N.V. Arvanitidis; "Decomposition of real and reactive power flows: A method suited for on-line applications", IEEE, Trans. PAS 91, pp.661~670, 1972.