

# 海外論文紹介

## 連系系統의 發電調整計劃을 評價하기 위한 컴퓨터 模型

L.M. Smith, L.H. Fink, R.P. Schulz: Use of Computer Model of Interconnected Power System to assess Generation Controls Strategies [IEEE Trans. Power Apparatus Syst., Vol.\* PAS-94, No. 5, Sept/Oct., 1975, pp. 1835~1842]

이 論文은 수많은 電力會社로 구성된 大連系系統에 있어서의 自動發電調整 및 經濟負荷配分을 위하여 開發된 非線形動的 模型의 妥當性 및 그 有用性에 관해서 說明한 것이다. 또 여기서 사용된 模型은 새로이 開發된 系統制御 및 負荷配分을 實施하는데 있어서의 動特性을 評價하는데 없어서는 안될 有用한 道具가 되고 있다는 것을 밝히고 있다.

PJM (Pennsylvania-New Jersey-Maryland) 系統처럼 미국에서도 제일 큰 大連系系統에서 地域制御誤差 (ACE)를 精確하게 制御한다는 것은 아주 어렵기 때문에 이러한 경우 原子力, 汽力, 水力 및 內燃力 Unit의 長時間에 걸친 動特性이 問題로 된다. 따라서 系統의 需要負荷와 原動機의 出力系統과의 相互作用을 結付시키는 發電調整模型이 필요하게 된다.

이 模型에서의 制御는 階層的으로서 그 基本構造는 그림 1에 보인바와 같다.

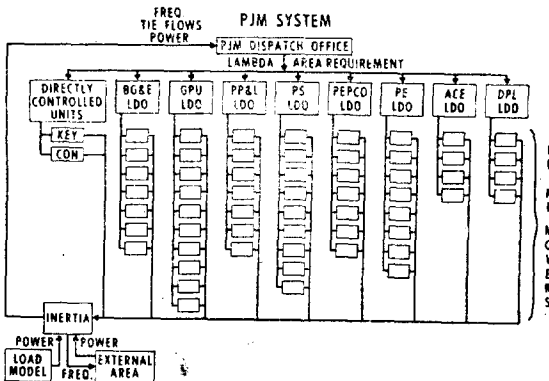


그림 PJM 系統의 模型 構造

PJM系統의 負荷配分指令時(Load Dispatch Office; LDO)는 8개의 構成멤버會社와 직접 制御될 2개의 plant에 Lambda와 地域要求(Area Requirement; AR) 信號를 보낸다. 各 멤버會社는 보내진 信號에 의거해서 自社의 LDO로부터 負荷와 AR信號를 각각의 原動機에 보내게 된다. 멤버內의 各原動機는 火力, 水力

등의 形式, 制御參加의 可否라든가 그 應答性등에 따라 몇개의 그룹으로 나누어져 있다. 앞서든 그림은 PJM系統의 LDO와 멤버會社의 LDO構成線圖를 보인 것이다.

原動機模型의 周波數變動이라던가 負荷配分信號에 대한 應答는 1秒단위의 時間間隔으로 解析할수 있겠끔 짜여져 있다. 드릴형, 貫流型의 보일러·터어빈發電機라던가 BWR型原子爐, 內燃型터어빈發電機, 水力機등의 모형을 어떻게 짜느냐 하는 問題에 대해서도 說明하고 있다.

그밖에 BWR系統에 인접한 外部系統의 模型 및 負荷模型에 대해서도 記述하고 있다. 上記한 模型의 妥當性을 조사하기 위하여 또 장래의 研究解析에서의 有用性을 조사하기 위하여 몇가지 케이스의 運轉狀態(공負荷의 증가가 급격한 時間, 중간정도인 時間, 重負荷時 輕負荷時)에 대해서 시뮬레이션을 行하여 模型系統에서의 應答는 PJM系의 실제의 應答과 잘 一致하고 있다는 것도 확인하고 있다.

다시 이 論文에서는 여기서 開發된 發電調整模型을 사용해서 장래의 ACE制御라든가 經濟負荷配分制御의 모순성을 지적하고 새로운 制御構造를 確立하고 그 내용을 밝히면서 上述한 運轉狀態에 대한 시뮬레이션등의 결과까지 보이고 있다. 또 地域制御誤差의 標準偏差를 시스템의 評價函數로 하였을때 그 函數와 필요한 發電容量과의 관계등도 제시하고 있다. (李丙鎬 抄譯)

## 線路 및 變壓器事故에 의한 系統不安全을 豫防하는 手法

M.S. Sachder, S.A. Ibrahim: An Approach for Preventing System Insecurities arising from Line and Transformer Outages.

[IEEE Trans., Power Apparatus & Syst. Vol. PAS-94, No. 6, Nov/Dec., 1975, pp. 2101~2114]

本 論文은 電力系統의 定常狀態의 信賴度를 향상시키는 새로운 最適化엔고리즘에 대해서 說明하고 있다. 基底狀態를 出發點으로 해서 本엔고리즘에 의하여 系統의 全要素의 事故(당연히 1회에 대해서 1個所로 취급함)를 시뮬레이트해서 基底 및 事故後의 상태를 信賴度の 面에서 검토한다. 만일 이때 運用制限値가 침범되지 않으면 系統은 安全한 것이며 침범되었다면 不安全한 것이므로 調整해 주지 않으면 안된다. 不安全상태와 직결되는 事故에 대하여 過負荷要素許容運轉値를 초과한 母線電壓을 확인한다. 이들 초과한 量의 크기 및 事故發生의 頻度を 기초로 해서 目的函數를 形成하고, 이 函數를 미리 指定한 制約條件아래에서 最適化하

도록 한다. 여기서 計算時間을 줄이기 위하여 非線形潮流計算을 실시하는 대신에 感度法(Sensitivity relations)을 사용하고 있다.

종래까지는 最適化에 感度方程式을 사용했을 경우 모든 電壓位相角과 모든 負荷母線電壓은 發電機의 端子, 電壓, 變壓器의 タップ에 의해서 표현되어 왔으나 本手法에서는 이것을 感度方程式에 線路라던가 變壓器의 有効, 無効電力潮流까지 포함할수 있게끔 發展시킬수가 있었다고 한다. 그밖에 線路潮流, 母線電壓의 不安全 레벨(level)을 나타내는 두개의 指標를 定義하고 있다. 本手法를 6母線 및 26母線系統에 적용해서 여러가지로 흥미있는 結果를 얻고 있다.

가령 表1은 6母線系統의 基底狀態에 있어서의 各事故에 대한 被制御變數의 違反과 인접하는 母線間의 相差角의 最大値를 나타내고 이때의 損失은 0.0519pu라는 것이다.

表 1. 基底狀態에서의 不安全狀態

事故要素	違反된 變數	最大相差角
L <sub>1</sub>	V <sub>5</sub> , V <sub>6</sub> , L <sub>6</sub> , Q <sub>r1</sub>	12.403
L <sub>2</sub>		15.803
L <sub>3</sub>	V <sub>5</sub> , L <sub>3</sub> , L <sub>5</sub> , L <sub>6</sub> , Q <sub>r1</sub> , Q <sub>r2</sub>	11.801
L <sub>4</sub>		51.051
L <sub>5</sub>	L <sub>3</sub> , L <sub>4</sub> , Q <sub>r2</sub>	63.160
L <sub>6</sub>	V <sub>5</sub> , V <sub>6</sub> , L <sub>2</sub> , L <sub>4</sub> , Q <sub>r1</sub>	23.037
L <sub>7</sub>	V <sub>5</sub> , L <sub>4</sub>	11.837

送電損失 0.0519pu

또 表2는 本論文이 제안한 手法으로 求한 最適化狀態(安全狀態)에 있어서의 各事故에 대한 違反과 인접하는 母線間의 相差角의 最大値를 보인 것인데 同表에서 보는바와 같이 이 경우에는 違反은 전혀 없고 最大相差角도 36.38度로서 基底狀態의 63.16度보다 훨씬 작아서 安定度面에서도 良好한 結果를 보이고 있을 뿐만 아니라 損失도 0.0408pu로 減少되고 있다.

表 2. 最適化狀態에서의 不安全狀態

事故要素	違反된 變數	最大相差角
L <sub>1</sub>	違反無	12.939
L <sub>2</sub>		22.109
L <sub>3</sub>		8.225
L <sub>4</sub>		36.381
L <sub>5</sub>		22.250
L <sub>6</sub>		15.810
L <sub>7</sub>		8.663

送電損失

本論文에서는 此外에 26母線系統에 대해서도 같은 計算例를 실고 있다.

(宋吉永 抄譯)

行列法에 의한 無効電力의 最適配分

G.T. Heydt, W.M. Grady: A Matrix Method for Optimal Var Siling [IEEE Trans. Power Apparatus & Syst., Vol. PAS-94, No.4, July/Aug., 1975, pp. 1214~1222]

이 논문은 各種의 評價基準下에서의 無効電力의 最適配分에 관한 計算 알고리즘에 관해서 설명한 것이다. 발표자에 의하면 제안된 방법은 精度, 計算速度面에서 종래의 방법보다 우수하였으며 또한 몇군데의 主要母線에서 無効電力調整設備을 두지 못할 경우에도 있어서도 비교적 간단하게 準最適解(Sub Optimal solution)을 구할수 있다는 利點을 지니고 있다.

어느 系統의 全線路의 潮流狀態를 나타내는 運轉패턴  $\bar{S}_A$ 와  $\bar{S}_B$ 間에는 다음과 같은 關係가 성립된다고 한다.

$$\bar{S}_A = \bar{S}_B + \rho \Delta S_{bus} \quad (1)$$

여기서  $\bar{S}_A$  및  $\bar{S}_B$ 는 負荷/發電力 設定値에 差가 생겼을 경우의 線路負荷(벡터인) 것이며  $\Delta S_{bus}$ 는 設定値( 곧 運轉패턴) A와 B와의 差의 插入電力으로  $(n \times 1)$  벡터이며  $\rho$ 는  $(m \times n)$  行列의 配分係數로서

$$\rho_{line a, bus b} = -\frac{\partial \bar{S}_{line a}}{\partial S_{bus b}} \quad (2)$$

로 주어지는 것이다.

지금 無効電力의 最適配分の 1例로서 損失最小化의 경우에 대해서 생각하여 본다. 損失은

$$\bar{P} = 1/2 [I^T Z I^* + (I^T Z I^*)] \quad (3)$$

로 주어진다. 여기서  $I$ 는 線路의 負荷電流( $m$ 벡터)이며  $Z$ 는  $(m \times m)$ 의 對角行列로서 線路의 임피던스이다. 다음에  $\bar{S}^B \approx \bar{I}^*$ 라고 두면

$$\bar{P} = 1/2 [(\bar{S}^B)^H Z \bar{S}^B + (\bar{S}^B)^T Z^* (\bar{S}^B)^*] \quad (4)$$

$(\cdot)^H$ 는 Hermitian演算을 나타낸다.

損失最小를 위해서는 操作 가능한 無効電力源  $Q_{bus k}$ 로 (4)式을 偏微分하고  $\nabla Q_{bus} \bar{P} = 0$  또는

$$\frac{1}{2} \nabla Q_{bus} [(\bar{S}^B)^H Z \bar{S}^B] + \frac{1}{2} \nabla Q_{bus} [(\bar{S}^B)^T Z^* (\bar{S}^B)^*] = 0 \quad (5)$$

로 하는  $Q_{bus}$ 를 求하면 된다. 以下の 計算에 있어서

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{S}_{line i}}{\partial (i Q_{bus k})} &= \rho_{line i, bus k} \\ \frac{\partial \bar{S}_{line i}}{\partial Q_{bus k}} &= -j \rho_{line i, bus k} \\ \frac{\partial \bar{S}_{line i}^*}{\partial Q_{bus k}} &= j \rho_{line i, bus k}^* \end{aligned} \quad (6)$$

이라고 定義하고 途中의 計算을 생략하면 無効電力의 最適配分値는 다음式으로 주어진다.

$$Q_{bus} = -[Re\{\rho^* R \rho\}]^{-1} I_m \{\rho^* R S^A\} \quad (7)$$

여기서  $R = 1/2(Z + Z^*)$ 이다.

물론 여기서  $Q_{bus}$ 의 符號에 아무런 制限을 안부쳤기 때문에 위의 (7)式은 誘導性無効電力이건 容量性無効電力 어느것에 관한 最適配分結果를 주는 것이다.

論文에서는 (7)式에 추가해서 조정될 無効電力의 費用에 관한 加重值를 부가했을 경우, 電壓에 관한 評價基準을 사용했을 경우, 더 나아가서 모든 評價基準을 混用했을 경우에도 위와 똑같이 定式化할 수 있다는 것을 밝히고 있다.

線路定數가 변화했을 경우에 대해서는 Kron氏의 Reduction公式를 사용해서  $\rho$ 를 計算하고 上記한 바와 같은 방법으로 最適의  $Q_{bus}$ 를 計算할 수 있다는 것을 제시하고 있다. 또한  $\rho$ 의 計算을  $Z_{bus}$ 에 關連시킨 効率的인 計算方法에 대해서도 言及하고 있다. 數值例로서는 母線系統을 대상으로 사용해서 구체적으로 適用하여가지고 얻은 結果를 심고 있다. (宋吉永 抄譯)

#### 神經細胞의 反復的인 發火作用을 위한 모델

R.M. Oliver: A Model for Repetitive Firing in Neurons, [Kybernetik, 16, (1974), pp. 53~64].

본 논문은 배열 형태가 매우 복잡한 신경세포 회로망의 해석을 위하여 단일 신경세포에서 일어나는 반복적인 발화작용에 대하여 고찰하였다. 본 논문에서 제작한 모델은 順應을 위한 Kernell's Model과 適應을 위한 Hill's Model을 종합하여 확장시킨 모델로 이의 특성 해석을 위해서는 CDC 6400의 전자계산기를 사용하였다. 본 모델의 특성은 실제의 신경세포에서 얻을 수 있는 데이터와 상당히 접근되고 있음이 나타나고 있다. 특히 정상상태의 발화율과 인가된 정상치 전

류의 크기에 관계되는 방정식이 얻어지는데, 이것은 인체내에서의  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ 의 이온 상태 방정식과 같아짐을 보여주고 있다.

한편 step 자극에 대한 phasic response와 tonic response 형태가 전자계산기에 의하여 구체적인 모양으로 표현되고 있다. (李明鎬抄)

神經細胞의 任意配列을 위한 一般目的의 電氣의 모델  
R.J. MacGregor: A General-purpose Electronic Model for Arbitrary Configurations of Neurons, [J. Theor. Biol., (1975), 8, pp. 527~538]

본 논문은 임의의 배열 상태로 나열되어 있는 소규모 집단의 신경 세포에서 전기적 특성을 시뮬레이션하기 위한 목적의 전기모델에 관한 연구로서, 세포체 (cell body)와 시냅스(synapse)를 포함한 축색(axon)을 2개의 기본 단위로 하는 44개의 신경모델로 구성되며 이것은 다시 여러가지의 생리적 특성과 관련되는 배열 특성을 살피게 된다. 각 기본 단위의 활동상태는 신경모델의 침단에 부착된 lamp에 불이 켜짐과 동시에 시각적으로 확인할 수 있게 하였다.

또한 각 세포모델 침단에는 tap이 있으며, 이 top으로부터 각 세포 및 모든 세포들의 전기적 활동에 관계되는 보다 유익한 정보를 얻을 수 있다.

따라서 이들 신경세포의 modnles은 신경활동의 기본적 매카니즘에 대한 실제적인 응용으로써 신경세포에서의 전기적 신호의 흐름을 일목요연하게 관찰할 수가 있다.

한편 본 논문은 이러한 단위 신경 세포모델을 하나의 단위로 하여 구성될 수 있는 신경회로망의 기초적인 체계와 실증적 응용 방법이 언급되고 있다.

(李明鎬抄)

庶政刷新은 좋은나라를 建設하겠다는 우리社會의

“조용한 精神革命”이라고 생각하여야 한다.