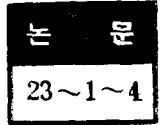


小形電子計算機에 依한 多機電力系統의 動的安定度 解析



New Techniques of Digital Simulation of Multimachine Power Systems for Dynamic Stability by Memory-Limited Computer

박 영 문*
(Young Moon Park)

Abstract

Digital simulation algorithms and program for multimachine dynamic stability have been developed which represent the effects of machines much more completely than have been available previously. Emphasis is given to the savings of the memory spaces required, thus making it possible to use a small computer with limited capacity of core storage (without auxiliary storage). Both d- and q-axis quantities are fully represented, and the speed-governing and voltage-regulating system available are extensive, thus allowing a very close approximation to any physical system.

Facilities for dynamic and nonlinear loads are also included.

The computational algorithms and program developed have been shown to be extensive and complete, and are very desirable features minimizing memory spaces for stability calculations. The capabilities have been demonstrated by several case studies for an actual power system of 44 generators, 22 loads and 33 buses. About 13-K words of memory spaces have been required for the case studies on the basis of two words per real variable and a word per integer variable.

1. 緒 論

近年 電力系統의 大規模化 내지 自動化 傾向으로 高速 電壓調整裝置 및 調速裝置가 新銳 大單位 發電所에 採用되기에 이르러 이로 인한 電力系統 安定度의 安定 範圍가 擴大되고 있으며, 따라서 安定度 解析時에는 그 影響을 無視할 수 없게 되었다. 先進 各國에서는 이들 影響까지를 考慮한 電力系統의 安定度 解析에 관한 여러 技法이 開發되고 있으며 (1, 3, 4, 20), 이들 技法은 각기 그 長短點을 지니고 있다.

本 論文은 記憶容量이 적은 小形 電子計算機로서도 多機電力系統의 動的安定度를 嚴密하게 解析할 수 있는 新技法을 提示하고, 끝으로 우리나라의 電力系統에 對한 事例 研究를 通하여 그 效用性을 立證한 結果를 記述한다.

2. 發電機 動特性 數理模型

發電所內에는 複數個의 發電機가 設置되어 있고, 每 發電機마다 이에 附屬된 電壓調整裝置, 調速裝置 및 昇壓變壓器가 設置되어 있는 바, 一般의 第 i 發電機 및 그 附屬裝置의 動特性 數理模型을 나타내는 式들은 다음과 같다.

發電機 [2]

$$\begin{cases} \frac{dE'_{q_i}}{dt} = \frac{1}{T'_{d_{oi}}} [V_{f_i} - E'_{q_i} - (X_{d_i} - X'_{d_i}) I_{d_i}] & (1) \\ \frac{dE'_{d_i}}{dt} = \frac{1}{T'_{q_o}} [X_{q_i} - X'_{q_i}] I_{q_i} & (2) \end{cases}$$

電壓調整裝置 [3, 4]

$$\begin{cases} \frac{dV_{s_i}}{dt} = \frac{\mu_{s_i}}{\tau_{e_i} \tau_{s_i}} [\mu_{s_i} V_{i_i} - V_{s_i}] - \frac{V_{s_i}}{\tau_{s_i}} & (3) \\ \frac{dV_{f_i}}{dt} = \frac{1}{\tau_{e_i}} [\mu_{e_i} - V_{i_i}] & (4) \end{cases}$$

*당회원 : 서울대工大 副教授(工學博士)

단, $V_{i_i} = V_{o_i} - V_{g_i} - V_{s_i}$,
 $[V_{i_i}]_{\min} \leq V_{i_i} \leq [V_{i_i}]_{\max}$

火力調速裝置 [3, 4]

$$\begin{cases} \frac{dP_{m_i}}{dt} = P'_{m_i} & (5) \\ \frac{dP'_{m_i}}{dt} = \frac{1}{\tau_{g_i}\tau_{h_i}} [-P_{m_i} - [\tau_{g_i} + \tau_{h_i}]P'_{m_i} + P_{t_i}] & (6) \end{cases}$$

단, $P_{t_i} = -\mu_{g_i}\Delta W_i + P_{o_i}$,
 $[P_{t_i}]_{\min} \leq P_{t_i} \leq [P_{t_i}]_{\max}$

水力調速裝置 [5]

$$\frac{dP_{h_i}}{dt} = \begin{cases} \frac{1}{\tau'_{g_i}} \left[-\frac{\Delta W_i}{W_0} + \sigma_i \{P_{o_i} - P_{h_i}\} \right], & \text{단, } [P_{h_i}]_{\min} \leq P_{h_i} \leq [P_{h_i}]_{\max} \\ 0, & \text{단, } P_{h_i} > [P_{h_i}]_{\max} \text{ 또는 } \\ & P_{h_i} < [P_{h_i}]_{\min} \end{cases} \quad (5')$$

$$\frac{dP_{m_i}}{dt} = \begin{cases} \frac{1}{\tau_{w_i}} \frac{\Delta W_i}{W_0} + 2 \left\{ \frac{1}{\tau_{w_i}} + \frac{\sigma_i}{\tau'_{g_i}} \right\} \{P_{h_i} - P_{o_i}\} - \frac{2}{\tau_{w_i}} \{P_{m_i} - P_{o_i}\}, & \text{단, } [P_{h_i}]_{\min} \leq P_{h_i} \leq [P_{h_i}]_{\max} \\ \frac{1}{\tau_{w_i}} [(P_{h_i})_{\max} - P_{m_i}], & \text{단, } P_{h_i} > [P_{h_i}]_{\max} \\ \frac{1}{\tau_{w_i}} [(P_{h_i})_{\min} - P_{m_i}], & \text{단, } P_{h_i} < [P_{h_i}]_{\min} \end{cases} \quad (6')$$

發電機動搖 [2]

$$\begin{cases} \frac{d\delta_i}{dt} = \Delta W_i & (7) \\ \frac{d}{dt} (\Delta W_i) = \frac{1}{M_{b_i}} \{-D_{b_i}\Delta W_i + P_{m_i} - P_{e_i}\} & (8) \end{cases}$$

여기서, d 는 直軸成分을, q 는 橫軸成分을, t 는 時間을, I 는 發電機 固定子電流를, X 는 定態리액턴스를, X' 는 過渡리액턴스를, E' 는 發電機 過渡內部起電力을, V_f 는 勵磁回路印加電壓을, V_s 는 電壓調整裝置 微分安定루우프의 信號를, V_0 는 電壓調整裝置 基準電壓을, μ , 및 μ_s 는 電壓調整裝置 開루우프 利得 및 微分安定루우프 利得을, τ_g 및 τ_h 는 主勵磁機 時定數 및 微分安定루우프 時定數를, V_e 는 發電機端子電壓을 T'_{d0} 및 T'_{q0} 는 發電機 直軸 및 橫軸開回路時定數를, P_0 는 調整裝置 基準入力을, μ_e 및 τ_e 는 火力調速裝置의 利得 및 時定數를, τ_k 는 火力터어빈 時定數를, τ_w 및 τ'_e 는 水車 및 水門時定數를, σ 는 퍼어머넌트 드루프(permanent droop)를, $[P_{t_i}]_{\max}$ 및 $[P_{t_i}]_{\min}$ 은 火力터어빈 出力의 最高 및 最低限界值를, $[P_{h_i}]_{\max}$ 및 $[P_{h_i}]_{\min}$ 은 水車터어빈 出力의 最高 및 最低限界值를, δ 및 ΔW 는 어느 基準同期軸에 對한 發電機動搖角 및 動搖角速度를, W_0 는 同期角速度를, P_m 및 P_e 는 發電機 入力 및 出力을, M_b 및 D_b 는 發電機 慣性定數 및 制動定數를 各各 基準 MVA로 나눈 값을 意味한다.

위의 8個 聯立 1階 微分方程式에 있어서, E'_{q_i} , E'_{d_i} , V_{s_i} , V_{f_i} , P_{m_i} , P'_{m_i} (또는 P_{h_i}), δ_i , ΔW_i 는 狀態變數

(積分變數)이나, I_{d_i} , I_{q_i} , V_{i_i} (또는 V_{g_i}), P_{e_i} 는 非積分變數이므로, 連系送電線路의 連系條件에 依하여 決定되는 各 부스(bus)의 電壓이 주어지지 아니하면 위의 微分을 풀 수 없다. 즉, I_{d_i} , I_{q_i} , V_{i_i} (또는 V_{g_i}), P_{e_i} 는 부스電壓과 狀態變數의 函數로서 주어진다. 그런데 V_{o_i} , P_{o_i} 는 系統動搖期間中 不變이다.

3. 發電機 動特性 初期值 決定

위의 狀態變數 및 非積分變數의 初期值 및 V_{o_i} , P_{o_i} 의 값을 얻기 위하여는 먼저 電力潮流計算을 行하여, 各 부스의 電壓 및 各 發電機의 無効出力을 求하여야 한다.

本 研究에서는 計算收束速度가 빠르고, 記憶容量이 節減되는 워드-헤일(Ward-Hale)法에 따라 電力潮流를 計算하되, 安定度計算에 便宜와 記憶容量의 節減을 위하여 다음과 같은 追加의 機能을 電力潮流計算 알고리즘에 反映하였다. 즉

(1) 부스 애드미턴스중 비영요소(nonzero element)만을 記憶 및 引用함으로써 記憶容量의 節減 및 計算時間의 短縮을 期하였다.

(1) 슬랙(slack) 부스 대신 슬랙발전기를 지정하였다.

(2) 個個 發電機에 對하여 有効出力을 지정하였다.

(3) 各 부스에 複數個의 發電機와 負荷가 연결되도록 하였다.

(4) 계산의 精度를 向上시키기 위하여 電壓調整用 컨맨서는 부스 애드미턴스에 포함시켰다.

(5) 各 發電機의 無効出力과 各 부스電壓의 實數分 및 虛數分을 計算한 후 이를 記憶해 둔다.

記憶容量의 節減과 計算速度의 向上을 위하여 發電機의 抵抗 및 昇壓變壓器의 抵抗을 無視한 後, 發電機 動特性 初期值는 다음 式으로 計算한다.

(1) δ_i 의 初期值

$$I_{D_i} = \{P_{G_i}V_{D_j} + Q_{G_i}V_{Q_j}\} / \{V^2_{D_j} + V^2_{Q_j}\}^{1/2} \quad (9)$$

$$I_{Q_i} = \{P_{G_i}V_{Q_j} - Q_{G_i}V_{D_j}\} / \{V^2_{D_j} + V^2_{Q_j}\}^{1/2} \quad (10)$$

$$\delta_i = \tan^{-1} \left[\frac{V_{Q_j} + \{X_{q_i} + X_{t_i}\}I_{D_i}}{V_{D_j} - \{X_{q_i} + X_{t_i}\}I_{Q_i}} \right] \quad (11)$$

단, P_{G_i} , Q_{G_i} 는 第 i 發電機의 有効 및 無効出力을, V_{D_j} , V_{Q_j} 는 第 i 發電機가 연결되어 있는 제 j 부스의 電壓實數分 및 虛數分임.

(2) E'_{d_i} , E'_{q_i} 의 初期值

$$E'_{d_i} = \{X_{q_i} - X'_{q_i}\} \{I_{D_i} \cos \delta_i + I_{Q_i} \sin \delta_i\} \quad (12)$$

$$E'_{q_i} = [V_{D_j} - \{X'_{d_i} + X_{t_i}\}I_{Q_i}]$$

$$\sin \delta_i + [V_{Q_j} + \{X_{d_i} + X_{t_i}\}I_{D_i}] \sin \delta_i \quad (13)$$

단, X_{t_i} 는 第 i 發電機에 부속된 昇壓變壓器의 리액턴스임.

(c) V_{f_i}, V_{s_i} 의 初期值

$$\begin{aligned} V_{f_i} &= V_{Q_j} + \{X_{d_i} - X'_{d_i}\} \{I_{D_j} \sin \delta_i - I_{Q_j} \cos \delta_i\} \\ V_{s_i} &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

(d) V_{o_i} 의 初期值

$$V_{o_i} = V_{f_i} / \mu_{s_i} + \sqrt{\{V_{D_j} - X'_{t_i} I_{Q_j}\}^2 + \{V_{Q_j} + X_{t_i} I_{D_j}\}^2} \quad (15)$$

(e) P_{m_i}, P_{o_i} 의 初期值

發電機 內部損失을 無視하고, 發電所 所內消費電力을 入力에서 相殺한다고 보아

$$P_{m_i} = P_{G_i} \quad (16)$$

$$P_{o_i} = P_{G_i} \quad (17)$$

(f) P'_{m_i}, P'_{h_i} 의 初期值

$$P'_{m_i} = 0 \quad (18)$$

$$P'_{h_i} = P_{m_i} \quad (19)$$

(g) ΔW_i 의 初期值

$$\Delta W_i = 0 \quad (20)$$

4. 動搖期間中の 부스電壓計算 알고리즘

動搖期間中の 부스電壓計算 알고리즘을 記述하기 前에 于先 本 研究에서 定義한 負荷定數와 發電所퍼라미터에 對하여 言及하기로 한다.

(1) 負荷定數(load constants)

負荷模型으로서 最近 美國에서 發表된 부스電壓의 指數形을 採擇하여⁽⁶⁾, 第 j 부스의 負荷의 有效 및 無效成分을 P_{l_j} 및 Q_{l_j} 라 하면

$$P_{l_j} = U_j \{V^2_{D_j} + V^2_{Q_j}\}^{\alpha_j} \quad (21)$$

$$Q_{l_j} = W_j \{V^2_{D_j} + V^2_{Q_j}\}^{\beta_j} \quad (22)$$

단, $U_j \triangleq [P_{l_j}]_{t=0} / \{[V_{D_j}]^2_{t=0} + [V_{Q_j}]^2_{t=0}\}^{\alpha_j}$ (23)

$$W_j \triangleq [Q_{l_j}]_{t=0} / \{[V_{D_j}]^2_{t=0} + [V_{Q_j}]^2_{t=0}\}^{\beta_j} \quad (24)$$

로서 표시되며, 本 研究에서는 U_j 및 W_j 를 第 j 부스의 負荷定數로 定義한다.

(2) 發電所퍼라미터(plant parameter)

發電所퍼라미터 等 j 부스의 $D_j, D'_j, R_j, R'_j, S_j, S'_j$ 를 各各

$$\begin{aligned} D_j &\triangleq \sum_{i=1}^{i_t} \left[\frac{1}{A_i} \{A_i \sin \delta_i + C_i \cos \delta_i\} E'_{d_i} \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{B_i} \{A_i \cos \delta_i + B_i \sin \delta_i\} E'_{q_i} \right] \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} D'_j &\triangleq \sum_{i=1}^{i_t} \left[\frac{1}{A_i} \{-A_i \cos \delta_i + C_i \sin \delta_i\} E'_{d_i} \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{B_i} \{A_i \sin \delta_i - B_i \cos \delta_i\} E'_{q_i} \right] \end{aligned} \quad (26)$$

$$R_j \triangleq \sum_{i=1}^{i_t} \left[\frac{1}{A_i} \{A_i + \overline{B_i} + C_i \sin \delta_i \cos \delta_i\} \right] \quad (27)$$

$$R'_j \triangleq \sum_{i=1}^{i_t} \left[\frac{1}{A_i} \{-B_i \cos^2 \delta_i + C_i \sin^2 \delta_i\} \right] \quad (28)$$

$$S_i \triangleq \sum_{i=1}^{i_t} \left[\frac{1}{A_i} \{B_i \sin^2 \delta_i - C_i \cos^2 \delta_i\} \right] \quad (29)$$

$$S'_j \triangleq \sum_{i=1}^{i_t} \left[\frac{1}{A_i} \{A_i - \overline{B_i} + C_i \sin \delta_i \cos \delta_i\} \right] \quad (30)$$

단, $A_i \triangleq R_{o_i} + R_{t_i}, B_i \triangleq X'_{q_i} + X_{t_i},$

$C_i \triangleq -\{X'_{d_i} + X_{t_i}\} \Delta_i \triangleq A_i^2 - B_i C_i, R_{o_i}, R_{t_i}$ 는 第 i 發電機의 아마추어 抵抗 및 昇壓變壓器 抵抗 (實際計算時에는 이 抵抗들을 無視함)

와 같이 定義한다. 여기서, 第 j 부스에는 第 $i, i+1, \dots, i-1, i$ 發電機가 連結되어 있는 것으로 假定한다.

第 j 부스에 流入하는 總電流는 이 부스에 連結된 發電機電流의 合計와 負荷電流의 合과 같다는 條件으로부터 다음과 같은 動搖期間中の 부스電壓計算 알고리즘의 誘導가 可能하다.

$$V_{D_j}^{l+1} = \frac{\{Y_{D_{jj}} + S'_j\} C'_j + \{Y_{Q_{jj}} - S'_j\} C'_j}{\{Y_{D_{jj}} + R_j\} \{Y_{D_{jj}} + S'_j\} - \{Y_{Q_{jj}} + R'_j\} \{Y_{Q_{jj}} - S_j\}} \quad (31)$$

$$V_{Q_j}^{l+1} = \frac{\{Y_{D_{jj}} + R_j\} C'_j - \{Y_{Q_{jj}} + R'_j\} C_{lj}}{\{Y_{D_{jj}} + R_j\} \{Y_{D_{jj}} + S'_j\} - \{Y_{Q_{jj}} + R'_j\} \{Y_{Q_{jj}} - S_j\}} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} C'_j &= D_j - U_j \cdot V^l_{D_j} \{V^l_{D_j} \cdot V^l_{D_j} + V^l_{Q_j} \cdot V^l_{Q_j}\}^{(\alpha-2)/2} \\ &\quad - W_j \cdot V^l_{Q_j} \{V^l_{D_j} \cdot V^l_{D_j} + V^l_{Q_j} \cdot V^l_{Q_j}\}^{(\beta-2)/2} \\ &\quad - \sum_{k=1}^{n_b} \{Y_{D_{jk}} \cdot V^l_{D_k} - Y_{Q_{jk}} \cdot V^l_{Q_k}\} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} C'_j &= D'_j + W_j \cdot V^l_{D_j} \{V^l_{D_j} \cdot V^l_{D_j} + V^l_{Q_j} \cdot V^l_{Q_j}\}^{(\alpha-2)/2} \\ &\quad - U_j \cdot V^l_{Q_j} \{V^l_{D_j} \cdot V^l_{D_j} + V^l_{Q_j} \cdot V^l_{Q_j}\}^{(\beta-2)/2} \\ &\quad - \sum_{k=1}^{n_b} \{Y_{Q_{jk}} \cdot V^l_{D_k} + Y_{D_{jk}} \cdot V_{Q_k}\} \end{aligned} \quad (34)$$

단, $Y_{D_{jk}}, Y_{Q_{jk}}$ 는 부스에 드미턴스의 實數部 및 虛數部를, n_b 는 부스總數를, l 은 부스電壓의 修正回數를 意味함.

따라서, 式 (1)~(8)의 積分을 룽게쿠틀길(Lunge-Kutta-Gill)法으로 微小區間 Δt 마다 行하되, 每區間마다 먼저 위의 發電所 퍼라미터를 決定한 다음 式 (31)~(34)의 逐次計算에 依하여 各 부스電壓 $V_{D_j} + jV_{Q_j}$ 를 얻어야 한다. 그러나 負荷定數는 故障直後($t=0$) 1회만 計算한다 j 는 故障期間中에는 $V_{D_{n_f}} = V_{Q_{n_f}} = 0$ (n_f 는 故障부스)이므로 $j=1, 2, \dots, n_b, j \neq n_f$ 이나 故障除去後에는 j 는 n_f 까지도 包含한다.

5. 動搖期間中の 非積分變數 計算 알고리즘

이미 言及한 非積分變數들은 $V_{D_j} + jV_{Q_j}$ 가 第4節의 알고리즘의 計算結果로 얻어졌으므로, 다음 式들에 의하여 計算된다.

(1) I_{d_i}, I_{q_i} 의 값

$$\begin{aligned} V_{d_i} &= V_{D_j} \sin \delta_i - V_{Q_j} \cos \delta_j, \\ V_{q_i} &= V_{D_j} \cos \delta_i + V_{Q_j} \sin \delta_j \end{aligned} \quad (35)$$

$$I_{d_i} = \{E'_{q_i} - V_{q_i}\} / \{X'_{d_i} + X_{t_i}\} \quad (36)$$

$$I_{q_i} = \{-E'_{d_i} + V_{d_i}\} / \{X'_{q_i} + X_{t_i}\} \quad (37)$$

(2) P_{e_i} 의 값

$$P_{e_i} = V_{d_i} I_{d_i} + V_{q_i} I_{q_i} \text{ (所內消費電力은 入力과 相殺)} \quad (38)$$

(c) V_{g_i} 의 값

$$V_{g_i} = \sqrt{\{V_{d_i} - X_{t_i} I_{q_i}\}^2 + \{V_{q_i} + X_{t_i} I_{d_i}\}^2} \quad (39)$$

6. 安定度 計算順序

安定度 計算順序를 要約하면 다음과 같다.

- (1) 부스애드미턴스를 計算, 記憶한다.
- (2) 電力潮流計算을 行하여, 故障直前の 부스電壓 및 發電機 有効(스레發電機만) 및 無効出力을 計算, 記憶한다.
- (3) 發電機 動特性 初期值 및 調整值를 決定하고, 狀態變數를 프린트한다.
- (4) 動搖期間中の Δt 의 始點(처음은 故障直後)의 부스電壓을 計算한다.
- (5) 非積分變數 計算알고리즘과 통계쿠퍼길法으로 Δt 時間後의 狀態變數를 計算한 後 프린트한다.
- (6) (2)~(5)의 順序를 반복하되 故障除去後에는 부스애드미턴스의 一部修正을 行한다.
- (7) 全計算區間의 計算이 끝나면 各發電機에 對한 安定 또는 不安定 判別結果를 프린트한다.

7. 所要記憶容量의 節減

本 研究는 小形電子計算機에 依한 安定度 解析에 力點을 두고 있으므로, 所要 記憶容量을 節減하기 위하여 다음과 같은 方法을 講究하였다.

- (1) 부스애드미턴스 行列中 非零要素만을 記憶함으로써 記憶場所를 $2n_s(n_s + 1) - 5(n_s + n_s)$ 만큼 節減할 수 있

었다(n_s 는 線路總數임)

- (2) 各부스의 負荷 및 負荷定數中 零의 것은 記憶하지 않았다.
- (3) Δt 區間마다 計算結果를 프린트한다.
- (4) 프로그램 作成時 COMMON, EQUIVALENCE를 最大限으로 使用하는 등 可能한 限의 記憶場所 節減策을 講究하였다.

그 結果, 發電機 45機, 부스總數 45에 대하여(實數 2語, 整數 1語 基準으로하면) 프로그램 記憶語數 7964語, 變數 記憶語數 5046語 都合 13010語가 所要되었다

7. 事例研究

本 研究에서 誘導한 計算 알고리즘과 開發한 프로그램의 妥當性과 効用性을 立證하기 위하여, 1973年 8월 21日 21時의 韓電系統 運用實績에 對하여 事例研究를 行하였다. 33個 부스, 44個 發電機(그 中 運轉發電機 28個), 22個 負荷로 構成된 이 系統에서 富平 부스(부스番號 15)에서 3相短絡이 發生하여, 0.1秒後(高速遮斷) 및 0.55秒後(低速遮斷) 富平부스와 大田 부스間의 線路의 1回線을 遮斷하는 境遇에 對하여 動的 安定度 計算을 行한 結果, 0.1秒 遮斷의 境遇에는 全系統이 安定하나, 0.55秒 遮斷의 境遇에는 京仁地域의 發電機들(漢江系 包含)은 모두 脫調되고 其他 發電機들은 安定하였다. 計算結果의 一部分을 그래프로 表示하면 그림 1, 2 및 3과 같다.

計算에 所要되는 諸定數는 實際值를 얻을 수 있는 것은 實際值를 採擇하였고, 얻을 수 없는 것은 各種 文獻 [5~20]을 參照하여 代表值를 推定 採擇하였다.

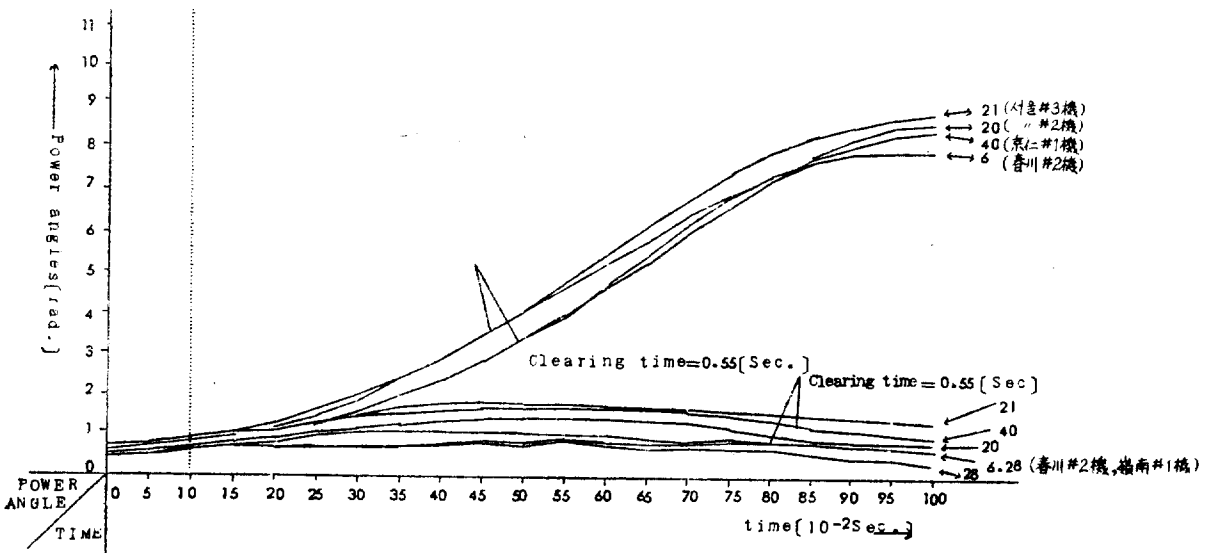


그림 1. 부정부스 3상단락시의 각 발전기 동요위상각 변화
Fig. 1. Power angle swing curves in case of 3-phase fault at Bus 15.

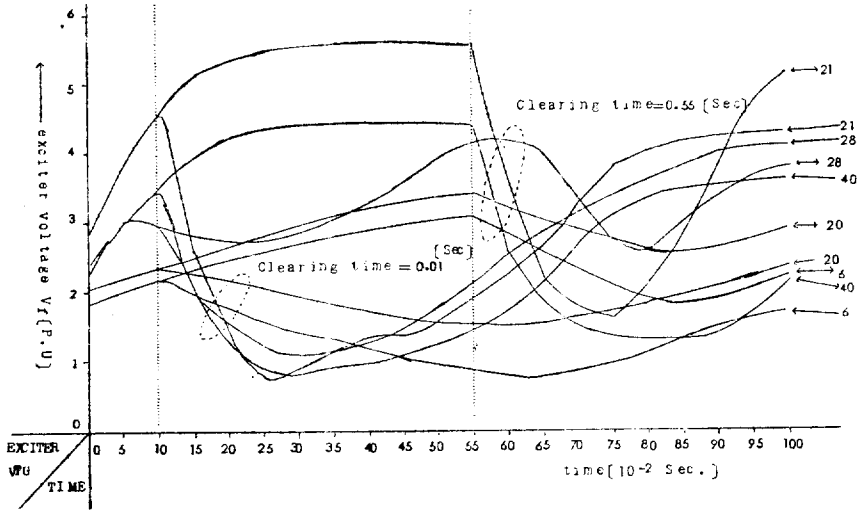


그림 2. 부평부스 3상단락시의 각 발전기 전압조정장치의 전압조정효과
Fig. 2. Exciter voltage variations in case of 3-phase fault Bus 15.

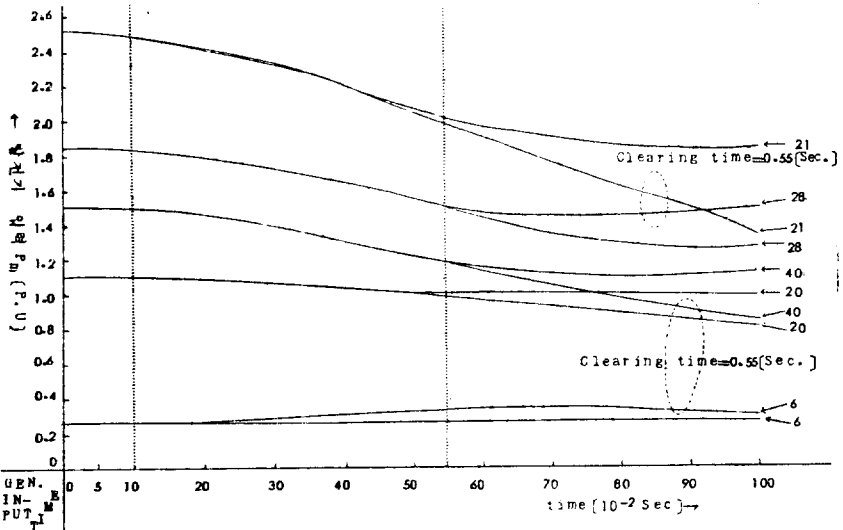


그림 3. 부평부스 3상단락시의 각 발전기 입력변화
Fig. 3. Generator input variations in case of 3-phase fault at Bus 15.

8. 結 論

이상 研究結果를 要約하자면 다음과 같다.

- (1) 發電機의 凸極性, 電壓調整裝置 및 調速裝置의 效果를 모두 考慮한 動的安定度 解析 알고리즘을 誘導한 後, 이에 따라 電子計算機 프로그램을 開發하였다.
- (2) 以上の 精密解析을 小形의 電子計算機로서도 行할 수 있도록 프로그램上 特別한 配慮를 하였다.
- (3) 個個의 發電機에 對한 完定度 解析을 精密하게 行할 수도 있고, 複數個의 發電機群을 큰 等價 發電機로 묶어서 完定度 解析을 簡略하게 行할 수 있도록 프

로그램上의 配慮를 行하였다.

(4) 過去에는 負荷를 一定어드미턴스, 一定負荷, 또는 一定電流源으로 模形化하였으나, 本 研究에서는 보다 實際와 부합하도록 非線型指數模形을 採擇하였다.

(5) 完定度 判定은 動搖位相角 δ , 를 모두 프린트하거나, X-Y 프로터(plotter)로 曲線을 그리는 대신, 判別 알고리즘을 프로그램上에 反映함으로써 各 發電機의 安定 또는 不安定 判定이 計算結果로서 프린트된다
本 論文은 1973年度 科學技術處 研究調查 事業의 一環으로 研究된(契約番號 R-73-20) 研究結果를 要約한 것이다.

參 考 文 獻

- 1) P.L.Dandeno, R.I.Hauth, R.P.Schulz, "Effects of Synchronous Machine Modeling in Large Scale System Studies, "IEEE Transactions on Power Apparatus & Systems, Vol. PAS-92, No. 2 March April 1973, pp. 574~581.
- 2) E.W.Kimbark, Power System Stability, Vol. 1 and 2, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1947.
- 3) K. Prabhashankar and W. Ja-nischewsyi, "Digital Simulation of Multimachine Power Systems for Stability Studies," IEEE Transactions on Power Appartus & Systems, Vol. PAS-87, No.1 Jan., 1968, pp. 73~79.
- 4) R. Kasturi and Doraraju, "Relative Dynamic Stability Regions of Power Systems, "IEEE Transactions on Power Systems Apparatus and System, Vol. PAS-89, No. 5 6, May\June, 1970, pp. 966~974.
- 5) Yao-Nan Yu, Khien Vongsuriya and L.N. Wedman, "Application of an Optimal Control Theory to a Power System," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89, No., Jan., 1970, pp. 55~62.
- 6) IEEE Committee Report, "System Load Dynamics," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-92, No.2, March April, 1973. pp. 600~609.
- 7) Central Station Engineers of the Westinghouse, Electrical Transmission and Distribution, East Pittsburgh, Pennsylvania, 1950, pp. 145~238.
- 8) 일본전기학회, 전기공학핸드북, 1956년판 pp. 599~636.
- 9) P.G. Brown, et., "Effects of Excitation, Turbine Energy Control, and Transmission on Transient Stability", IEEE Transactions on Power Apparatus & Systems, Vol. PAS-89 No. 6, July\August, 1970, pp. 1247~1252.
- 10) R.D. Teichgraeber, et., "New Stability Measure for Multimachine Power Systems", IEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89, No. 2 February 1970, pp. 233~239.
- 11) O.J. Elgerd and C.E. Fosha, Jr., "Optimum Megawatt-Frequency Control of Multiarea Electric Ennerg System," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89 No. 4, April, 1970 pp. 556~563.
- 12) D.B. Goudie, "Steady-State Stability of Parallel H.V. AC-DC Power-Transmission Systems," Proc. IEEE, vol. 119, No. 2, February, 1972, pp. 216--224.
- 13) F.R. Schleif, et, "Control of Rotating Exciters for Power System Damping: Pilot Applications and Experience," IEEE Transactions on Power August. 1969, pp. 1259~1265.
- 14) P.G. Brown, et, "Effects of Excitation, Turbine Energy Control, and Transmission on Transient Stability, "IEEE Transation on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89, No. 6, July/August. 1970, pp. 1247~1252.
- 15) Yag-Nan Yu, et., "Application of an Optimal Control Theory to a Power System", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems," Vol. PAS-89, No.1 January, 1970, pp. 55~62.
- 16) R. Kasturi and P. Doraraju, "Relative Dynamic Stability Regions of Power Systems" IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89, No. 5/6, May/June 1970. pp. 966~974.
- 17) O.I. Elgerd and C.E. Fosha Jr. "The Megawatt-Frequency Control Problem: A New A Proach via Optimum Control Theory, "IEEE Transactions Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89, No.4 April, 1970, pp. 563~571.
- 18) D.G. Ramey and J.W. Skooglund, "Detailed Hydrogovernor Representation for System Stability Studies," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89, No. 1, January,/1970, pp. 106~112.
- 19) R.T. Byerly, et, "Damping of Power Oscillations in Salient-Pole Machines with Static Exciters, "IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-89, No. 6, July/August, 1970, pp. 1009~1020.
- 20) D.W. Olive, "New Techniques for the Calculation of Dynamic Stability", IEEE Transactions on Power Apparatus & Systems, Vol. PAS-85, No. 7, July 1966, pp. 767--777.