

디지털 計算機에 의한 우리나라

154KV系統의 過渡安定度 解析

論	文
17-4-3	

Analysis of Transient Stability of 154KV Power Systems in Korea by Digital Computer Techniques

韓 萬 春* · 朴 相 暉** · 金 榮 燦***
(Man-Choon Han, Sang-Hee Park, Young-Chan Kim)

[ABSTRACT]

Analysis of the transient stability of power systems following disturbances involves many sets of non-linear differential equations.

This paper attempts to analyze the transient stability of multi-machine power systems by the step by step method, using the electronic digital computer.

The critical switching times and phase angles for the main 154kv transmission system in Korea, are given from the swing curves of the probable conditions.

It is concluded that the system is, in general, stable if the relay is cut off within 12 cycles after the fault.

However the fault of DAEGU-SANGJU branch, accompanying much real power, makes the system unstable when the relay is cut off within 6 cycles after fault.

It is, therefore, needed that the relay is cut off within 4 cycles after fault or automatic voltage regulators are equipped in this branch.

I. 序 論

電力系統의 安定度는 定態安定度, 過渡安定度, 動態安定度の 3가지로 分類되고 있으나 이 중에서 특히 過渡安定도에 對한 研究는 系統의 安定된 電力確保를 위하여 重要한 意義를 갖는 것이다.

本 論文에서는 우리나라 全 電力系統中 基本系統을 이루고 있는 154KV 送電系統의 過渡安定度を Digital 電子計算機로써 鮮析하고자 하는 것이다.

이러한 大規模의 複雜한 多機系統을 解析하기 위해서 從來에는 近似的인 計算法이 適用되어 왔으나 보다 迅速한 處理가 可能하고 또 最適解를 얻을수 있는 Digital 電子計算機의 利用을 우리나라에서는 처음으로 試圖한 것이다.

II. 電力系統의 過渡安定度解析

1. 過渡安定度の 解析

過渡安定度 解析의 基本이 되는 回轉體의 運動方程式

* 正會員: 延世大學校 理工大學長 ** 正會員: 首都工
科大學 助教授 *** 正會員: 株式會社 金星社 企劃管理部

은 다음과 같이 된다.

I : 慣性 모멘트

δ : 回轉體의 變位角($\delta = \omega t$)

ω : 回轉體의 回轉角速度

$\Delta\tau$: 回轉體의 角速度를 變化하는데 要하는 토크(Torque)라고 하면

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{\Delta\tau}{I} = \frac{\Delta\tau \cdot \omega^2}{I\omega^2} = \frac{\omega}{M} \Delta p \quad (1)$$

여기서

$$M = I\omega^2, \Delta p = \Delta\tau \cdot \omega$$

式 (1)에서 $\frac{d\omega}{\omega} = \frac{\Delta p}{M} dt$

上式의 M 은 單位慣性定數에 定格出力을 곱한 것이다.

즉 單位慣性定數 = $\frac{M}{\text{基準定格出力(KW)}}$
 $= \frac{10.95GR^2(N/1000)^2}{\text{基準定格出力(KW)}} [S]$

여기서

G : 回轉體의 重量[kg]

R : 回轉體의 回轉半徑[m]

N : 每分の 回轉數[rpm]

다음에 回轉子가 動搖하는 경우 ω_0 에서 急히 $\Delta\omega$ 만큼 增加했을 때를 생각한다.

ω_0 : 回轉子の 同期角速度

δ_0 : ω_0 에서의 變位角

ω : $\omega_0 + \Delta\omega$

δ : $\delta_0 + \Delta\delta$ 라고 하면

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d^2(\Delta\delta)}{dt^2} = \frac{\Delta\tau}{I} = \frac{\Delta\tau \cdot \omega_0^2}{I\omega^2} \doteq \frac{\omega_0}{M} \Delta P \quad (2)$$

式 (2)에서

$$\Delta\omega \ll \omega_0$$

$$\Delta\tau \cdot \omega_0 \doteq \Delta\tau \cdot \omega = \Delta P$$

$$I \cdot \omega_0^2 \doteq I\omega^2 = M\omega_0^2$$

이 경우 ΔP 는 回轉軸에 作用하는 機械力 P_M 과 電機子 空際에 發生하는 電力 P_E 와의 差로서 다음과 같이 된다.

$$\Delta P = P_M - P_E$$

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d^2(\Delta\delta)}{dt^2} \doteq \frac{\omega_0}{M} (P_M - P_E) \quad (3)$$

式 (3)은 1臺의 同期機에 대한 式으로서 過渡時 P_M 과 P_E 의 差가 생기는 경우 回轉子가 左邊과 같이 速度 變化를 받음을 나타내고 있다.

2. 電力動搖方程式의 段段解法

一般的인 n 機系統의 過渡安定度を 求하려면 系統狀態가 急變할 때의 位相角에 관한 n 元 非線型 運動方程式을 解析하게 되는데 이와같은 多機系統의 安定度 解析에는 다음과 같은 方法이 使用된다.

- 1) 段段法
- 2) 等面積法
- 3) 準理論法
- 4) 過渡에너지法

以上의 方法中 段段法에 依한 解析은 事故가 發生하여 系統內에 異常現象이 나타나는 過渡時의 變動狀態即 故障發生, 故障遮斷, 再閉路等 狀態의 不連續的變動時에 있어서 故障發生에서 最終系統狀態까지를 微少時間帶(Δt)로 區分하여 時間—電力, 時間—相差角의 變動狀態를 求하는 反復計算을 하는것으로서 이 段段法은 計算이 簡單하며 誤差도 적기 때문에 本論文에서는 이 方法을 使用 한다.

式 (3)의 $\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\omega_0}{M} (P_M - P_E) \doteq \frac{\omega_0}{M} \Delta P$ 에서 過渡安定度의 解析은 δ 와 ΔP 또는 이들의 時間的 關係를 求하는 問題로 歸着된다.

段段法으로 動搖方程式의 解를 求하기 위하여 다음과 같은 假定을 한다.

- i) 加速電力 ΔP 는 各 時間區域에 있어서 一定하다.
- ii) 發電機의 機械的入力은 一定하다. (發電機의 調速機는 過渡安定도에 대응한 만큼 빠르지 않으므로)

iii) 過渡狀態에서 系統을 線型으로 가정한다.

動搖方程式의 段段解法으로는 다음과 같은 두가지 方法이 있다.

i) 微少時間區域 Δt 內에서는 加速力이 一定하고 그 一定한 加速力을 그 時間區域의 始發點으로 가정하는 方法

ii) 微少時間區域 Δt 內에서는 그 區域의 中間點에서의 加速力이 繼續된다고 가정하는 方法

이 方法中에서 第一方法은 第二方法보다 計算이 複雜하고 또 誤差도 많으므로 第二方法으로 計算한다.

이 方法은 系統이 교란될 경우에 連續的으로 變化하는 入力, 出力, 電壓 또는 角速度 등의 諸量이 아주 짧은 時間(보통 0.05秒)마다 段階的으로 變化한다고 가정하고 이 各 段階마다의 速度, 位相角의 微少變化를 計算하여 그 結果를 順次 連結시키는 것이다.

그림 II-1은 이 段段法의 개념을 보인 것이다.

이 그림에서 $(n - \frac{1}{2})$ 에서 n 까지의 時間中에는 出力이 P_n' 로 一定하고 또 n 에서 $(n + \frac{1}{2})$ 까지의 時間中에는 P_n'' 로 出力이 一定하다고 하면 이들 時間中의 角速度의 變化는 式 (2)로부터 各各 이례式과 같이 表示된다.

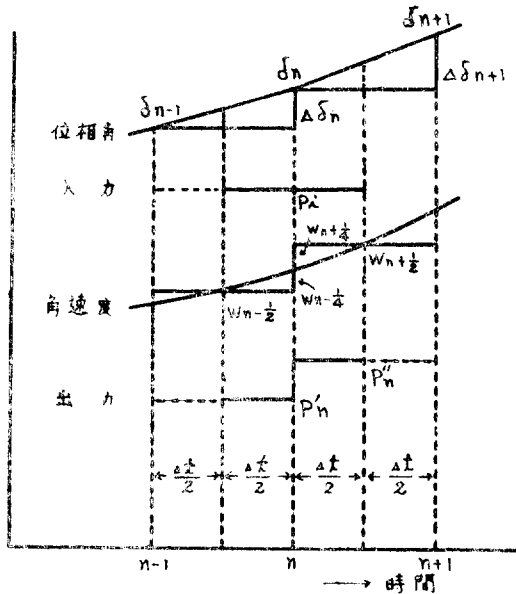


그림 II-1 段段法의 개념도

Fig. II-1 Expression of step by step Method

$$\Delta\omega_{(n-1)} = \frac{\omega}{M} (P_i - P_n') \frac{\Delta t}{2}$$

$$\Delta\omega_{(n+1)} = \frac{\omega}{M} (P_i - P_n'') \frac{\Delta t}{2} \quad (4)$$

그러므로 $(n + \frac{1}{2})$ 인 瞬間의 角速度 $\omega_{(n+\frac{1}{2})}$ 은 다음과 같이 된다.

$$\omega_{(n+\frac{1}{2})} = \omega_{(n-1)} + \Delta\omega_{(n-1)} + \Delta\omega_{(n+\frac{1}{2})} = \omega_{(n-1)} + \frac{\omega}{M} \Delta t \left(P_i - \frac{P_n' + P_n''}{2} \right) \text{ [Radian]} \quad (5)$$

또 位相角이 $(n-1)$ 에서 n 까지, n 에서 $(n+1)$ 까지의 各 時間中에 變化하는 量을 $\Delta\delta_n$ 및 $\Delta\delta_{(n+1)}$ 라 하면 그 사이의 平均角速度 $\omega_{(n-1)}$ 및 $\omega_{(n+\frac{1}{2})}$ 은 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \omega_{(n-1)} &= \frac{\Delta\delta_n}{\Delta t} \\ \omega_{(n+\frac{1}{2})} &= \frac{\Delta\delta_{(n+1)}}{\Delta t} \end{aligned} \quad (6)$$

위의 式 (5)와 式 (6)에서

$$\begin{aligned} \frac{\Delta\delta_{(n+1)}}{\Delta t} &= \frac{\Delta\delta_n}{\Delta t} + \frac{\omega}{M} \Delta t \left(P_i - \frac{P_n' + P_n''}{2} \right) \\ \Delta\delta_{(n+1)} &= \Delta\delta_n + \frac{2\pi f}{M} (\Delta t)^2 \left(P_i - \frac{P_n' + P_n''}{2} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

[radian] = $\Delta\delta_n + \alpha \left(P_i - \frac{P_n' + P_n''}{2} \right)$ [度]

여기서 $\alpha = \frac{360}{M} (\Delta t)^2 = \frac{\omega_0}{M} (\Delta t)^2$ 로서 α 를 加速數라 부른다.

$$\omega_0 = 360 \times f \text{ [度/秒]}$$

$$M = 2H = \frac{10.95GR^2(n/1000)^2}{\text{定格KVA}} \text{ [KW-S]}$$

$$\Delta t = 0.05 \text{ 秒}$$

다시 이것을 基準 MVA 單位法으로 나타내면

$$\alpha = \frac{360 \times 60 \times (0.05)^2}{2H} \times \frac{\text{基準MVA}}{\text{定格MVA}}$$

$$= \frac{54 \times \text{基準MVA}}{2H \times \text{定格MVA}} \text{ 로 된다.}$$

그러나 一般的으로 다음과 같이 使用한다.

$$\alpha = \frac{3 \times (\text{step})^2}{H \times \text{定格MVA}} \times \frac{\pi}{180} \text{ (rad/MW)}$$

但 1 step = 3사이클

基準MVA = 1.0 MVA

Ⅲ. Digital電子計算機에 依한 우리나라 154KV 系統의 過渡安定度 解析

1. 系統構成

本 論文에서는 우리나라에서 1968年 12月末까지 完成된 電力系統에 對하여 154KV 送電線을 主要幹線으로 하고 複雜한 系統을 地域別로 大幅縮少하여 6個의 發電機群 즉 漢江系(華川, 春川, 衣岩, 淸平發電所), 寧越,

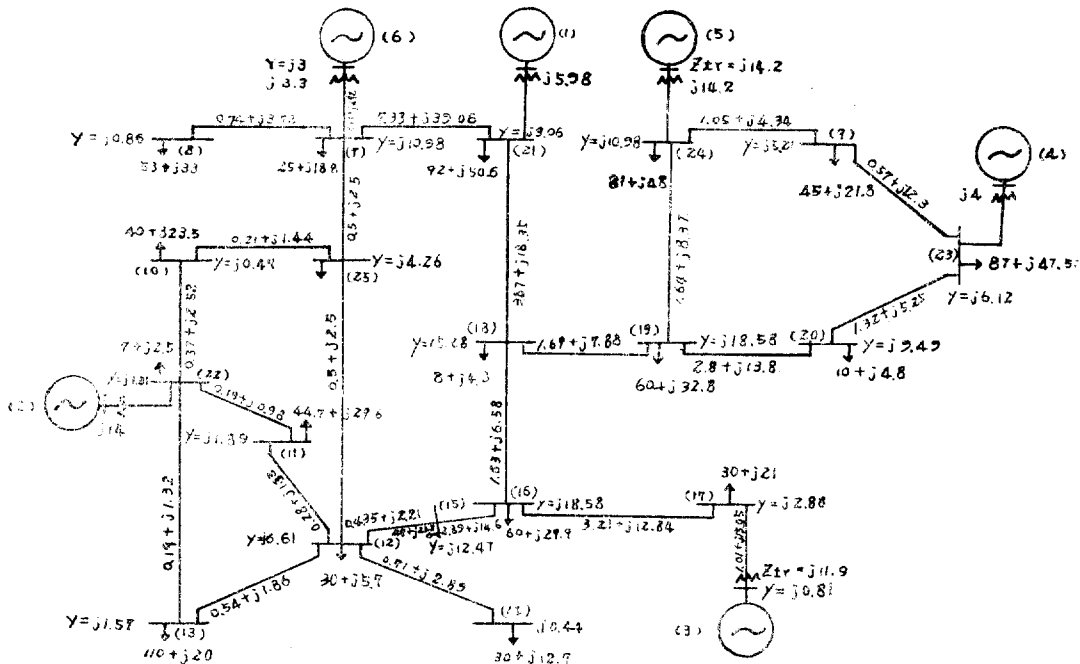


그림 Ⅲ-1 縮少系統圖

Fig. Ⅲ-1. Summeryzed system chart

- (1) 寧越發電所 (2) 唐人里發電所 (3) 群山發電所 (4) 釜山發電系 (5) 蔚山發電所 (6) 漢江發電系 (7) 德濟
- (8) 倉洞 (9) 鳴藏 (10) 桃花 (11) 梧柳洞 (12) 富平 (13) 水色 (14) 松現
- (15) 安養 (16) 大田 (17) 裡里 (18) 尙州 (19) 大邱 (20) 進永 (21) 嶺越
- (22) 唐人里 (23) 釜山 (24) 蔚山 (25) 陽地

唐人里, 群山, 釜山 및 蔚山 發電機群의 六機 系統으로 하고 負荷도 19個所로 縮少하여 系統解析을 簡單化하였다.

그림 III-1은 이와같이 縮少된 系統을 나타낸 것이며 本 系統中에서 1968年 末까지 設置 完成될 計劃으로 되어있는 154KV 送電線은 寧越—德沼間, 德沼—創洞間, 陽地—桃花間 그리고 蔚山—大邱間의 枝路(Branch)들이다.

그림 III-1에서 알 수 있는 것과 같이 計算對象系統은 6機에 25노드(node), 28枝路(Branch)의 多機系統으로 되어있다.

2. 過渡安定度計算 프로그램

1) 演算條件 및 發電機의 內部電壓 計算

그림 III-1의 本 計算系統에서 故障條件으로서는 安養—大田, 尙州—大田 그리고 尙州—大邱間 送電線(2回線)中 一回線에서 三相短絡故障이 各各 安養, 尙州, 大邱에 近接한 곳에서 발생된다고 생각하여 計算한다.

回路狀態의 變化는 故障, 遮斷, 再閉路의 3가지 경우이고 計算스텝(step)은 한 스텝을 3사이클(0.05秒)로 計算한다.

따라서 本 프로그램에 의한 過渡安定度計算은 大略 90사이클 以內에서 安定, 不安定의 判定을 할 수 있다.

그리고 여기서 使用한 電子計算機는 韓國電子計算所에 設置된 FACOM-222인데 이 計算機가 取扱할 수 있는 系統規模는 28노드에 發電機는 10노드까지의 規模이다.

發電機의 內部電壓은 다음과 같이 求한다.

즉 過渡安定度 計算에서 電力方程式은 式 (8)과 같이 表示된다.

$$\begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} & \dot{Y}_{13} & \dots & \dot{Y}_{1n} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} & \dot{Y}_{23} & \dots & \dot{Y}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dot{Y}_{n1} & \dot{Y}_{n2} & \dot{Y}_{n3} & \dots & \dot{Y}_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_n \end{pmatrix} \quad (8)$$

$\dot{Y}_{11}, \dot{Y}_{22}, \dots, \dot{Y}_{nn}$: 驅動點어드미턴스

$\dot{Y}_{12}, \dot{Y}_{21}, \dots, \dot{Y}_{1n}$: 傳達어드미턴스

電力潮流計算에서는 系統의 負荷가 有効電力(P)과 無効電力(Q)으로 주어지지만 過渡安定度 프로그램에서는 임피턴스 부하로서 計算하고 그 等價어드미턴스를 線路定數에 計算해 넣는다.

또한 電力方程式은 各 發電機間의 電壓 電流의 關係를 나타내므로 發電機 內部電流 $\dot{I}_G = \dot{Y}_G \dot{E}_G$ 의 形態로서 求하면 되며 여기에 약간의 修正을 加하여 發電機 內部노드 以外의 노드에서의 電流의 總和가 零으로 되도록 修正하므로 發電機 以外의 노드電流 $[\dot{I}_N]=0$ 의 條件을 갖인 $[\dot{E}_N]$ 을 除去하면 發電機 內部노드間의 式이 얻어진다.

이것을 式으로 表示하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} [\dot{I}_N] &= [\dot{Y}_{NG}][\dot{E}_G] + [\dot{Y}_{NN}][\dot{E}_N] \\ [\dot{I}_G] &= [\dot{Y}_{GG}][\dot{E}_G] + [\dot{Y}_{GN}][\dot{E}_N] \end{aligned} \quad (9)$$

\dot{E}_G : 發電機 內部電壓

\dot{I}_G : 發電機 內部電流

\dot{E}_N : 發電機 以外의 노드電壓

\dot{I}_N : 發電機 以外의 노드電流

$$[\dot{Y}_{NG}] = [\dot{Y}_{GN}]$$

式(9)에 $[\dot{I}_N]=0$ 로 하여 $[\dot{E}_N]$ 을 求하면

$$[\dot{E}_N] = [\dot{Y}_{NN}]^{-1} [\dot{Y}_{NG}][\dot{E}_G] \quad (10)$$

式(10)을 式(9)에 代入하면

$$[\dot{I}_G] = \{ [\dot{Y}_{GG}] - [\dot{Y}_{GN}][\dot{Y}_{NN}]^{-1}[\dot{Y}_{NG}] \} [\dot{E}_G] \quad (11)$$

여기서 $[\dot{Y}_{GG}] - [\dot{Y}_{GN}][\dot{Y}_{NN}]^{-1}[\dot{Y}_{NG}] = [\dot{Y}_P]$ (12)

$[\dot{Y}_P]$ 는 電力方程式用 어드미턴스 行列式.

發電機 內部電壓 $\dot{E}_{G(k)}$ 은 그림 III-2에서 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \dot{E}_{G(k)} - \dot{E}_{t(k)} &= jx'_d \cdot \dot{I}_k \\ \therefore \dot{E}_{G(k)} &= \dot{E}_{t(k)} + jx'_d \cdot \dot{I}_k \end{aligned}$$

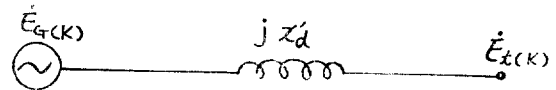


그림 III-2 發電機 內部노드
Fig. III-2 Inside node of generator

$$\begin{aligned} &= (e_k + jf_k) + jx'_d(c_k + jb_k) \\ &= (e_k - b_k x'_d) + j(f_k + c_k x'_d) \end{aligned}$$

2) 入力와 出力 Data構成

電子計算機에 의한 電力系統의 過渡安定度 計算을 위하여는 먼저 電力潮流 計算結果로부터 나온 여러가지 數值가 安定度計算을 위한 計算機 入力에 要求되는데 여기서는 各 數值를 그림과 表로서 簡單化하여 表III-1, III-2, III-3, III-4, III-5와 같이 表示한다.

表 III-1. 故障點의 位置

故障 A	Node 15, 16(安養·大田)枝路上에서 安養附近에서의 故障
故障 B	Node 16, 18(大田·尙州)枝路上에서 尙州附近에서의 故障
故障 C	Node 18, 19(尙州·大邱)枝路上에서 大邱附近에서의 故障

表 III-2. 故障 條件

計算例	故障發生時間	遮斷時間	再閉路時間
Case 1	3 사이클	9 사이클	27 사이클
Case 2	3 "	12 "	30 "
Case 3	3 "	15 "	33 "
Case 4	3 "	18 "	36 "

Case 5 | 3 " | 21 " | 39 "

(3~은 1 step으로서 0.05秒에 該當함)

表 III-3. 故障 임피던스

故障點位置	故障 임피던스(Ω)
故障 A	5.78+j29.2
故障 B	3.26+j13.16
故障 C	3.38+j15.76

表 III-4. 發電機 特性

發電機番號	慣性定數	定格容量 (MVA)	加速定數 (α)	初期電力 (MV)
G ₁	3.18	290	0.0510994	161
G ₂	3.06	42	0.3666658	46
G ₃	3.20	88	0.1673433	71
G ₄	3.60	354	0.0369773	320
G ₅	5.60	165	0.0509998	165
G ₆	3.58	200	0.0658154	126

表 III-5. 發電機의 初期電壓과 位相

發電機	電壓(實數部)		電壓(虛數部)		位相
	KV	KV	KV	KV	
G ₁	175.56	174.02	-22.792	-7.44427	
G ₂	192.50	187.88	-40.194	-12.0474	
G ₃	177.10	174.02	32.032	10.4468	
G ₄	178.64	131.516	121.352	42.6841	
G ₅	201.74	134.288	151.536	48.4495	
G ₆	183.26	180.18	25.984	9.50841	

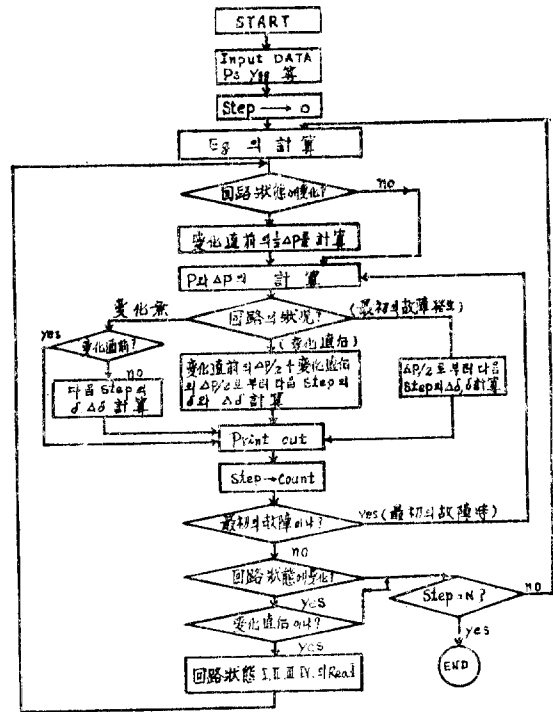


그림 III-3. 段段法에 依한 過渡安定度計算 Flow Diagram
Fig III-3 Flow diagram of transient stability by the step by step method.

故障 A: 安養附近에서의 故障發生時

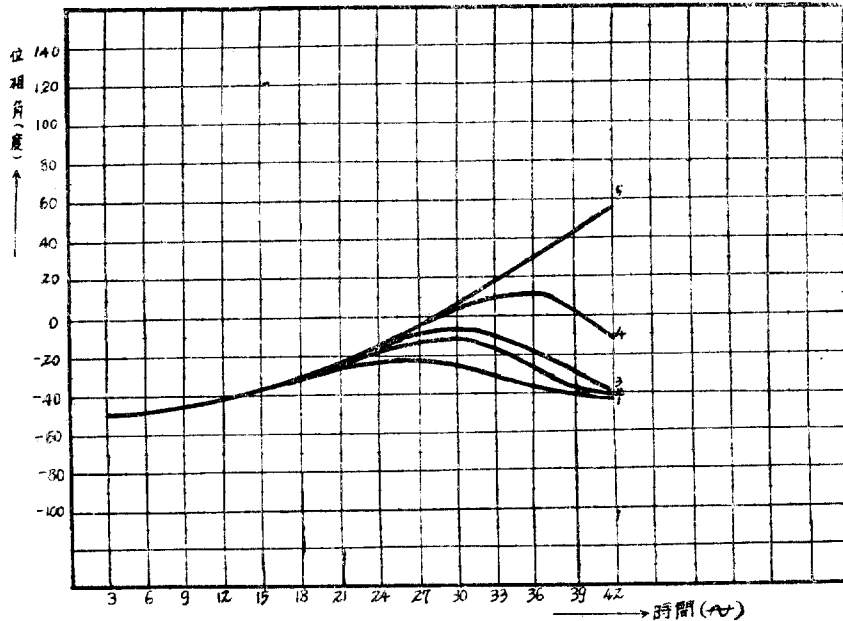


그림 III-4. 位相角變化曲線(故障 A)

Fig. III-4. The curve of phase angle, fault A.

故障 B: 尙州附近에서의 故障發生時

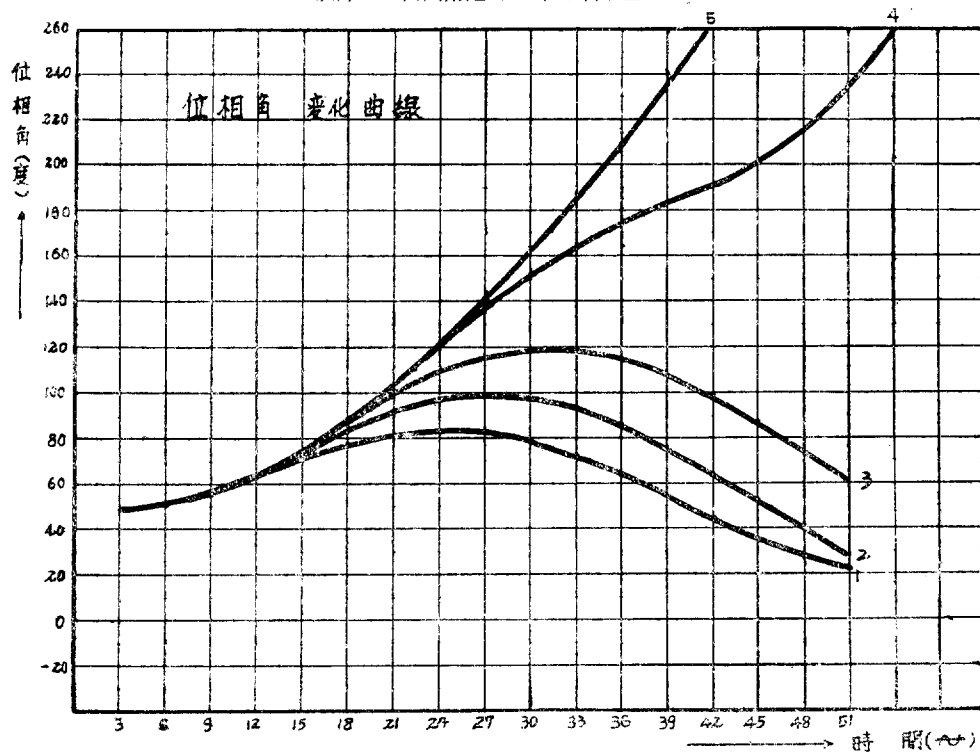


그림 III-5 位相角變化曲線(故障 B)

Fig. III-5 The curve of phase angle, fault B.

故障 C: 大邱附近에서의 故障發生時

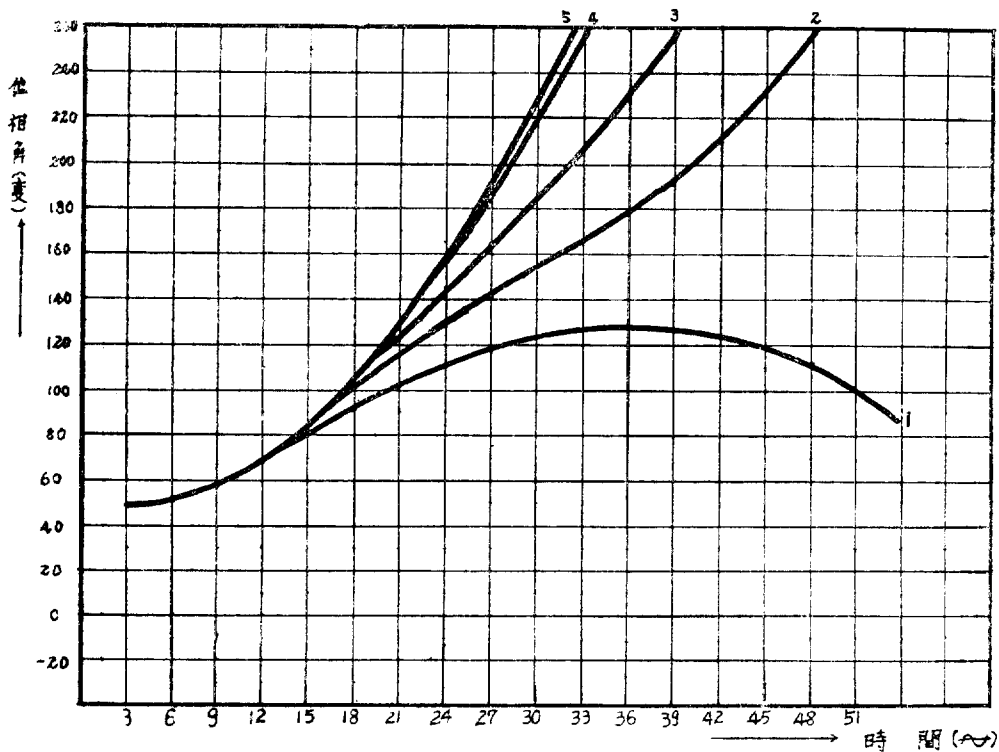


그림 III-6 位相角變化曲線(故障 C)

Fig. III-6 The curve of phase angle, fault C.

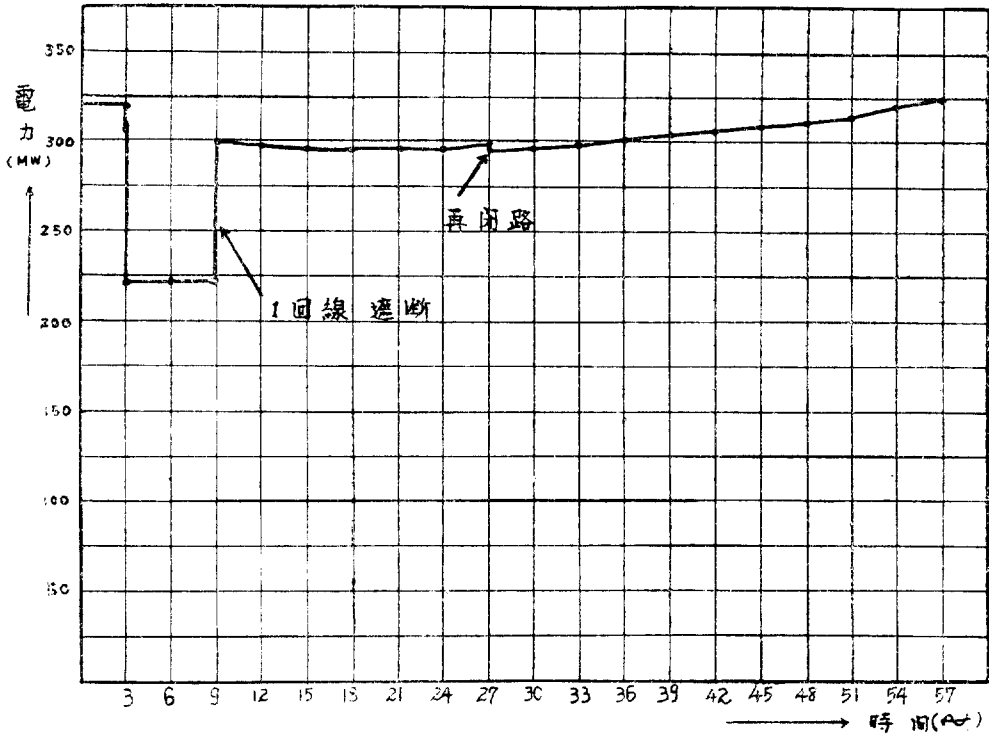


그림 III-7. G₄의 出力變化曲線, 故障 A, Case 1.
 Fig III-7. The curve of output power of G₄, fault A, Case 1.

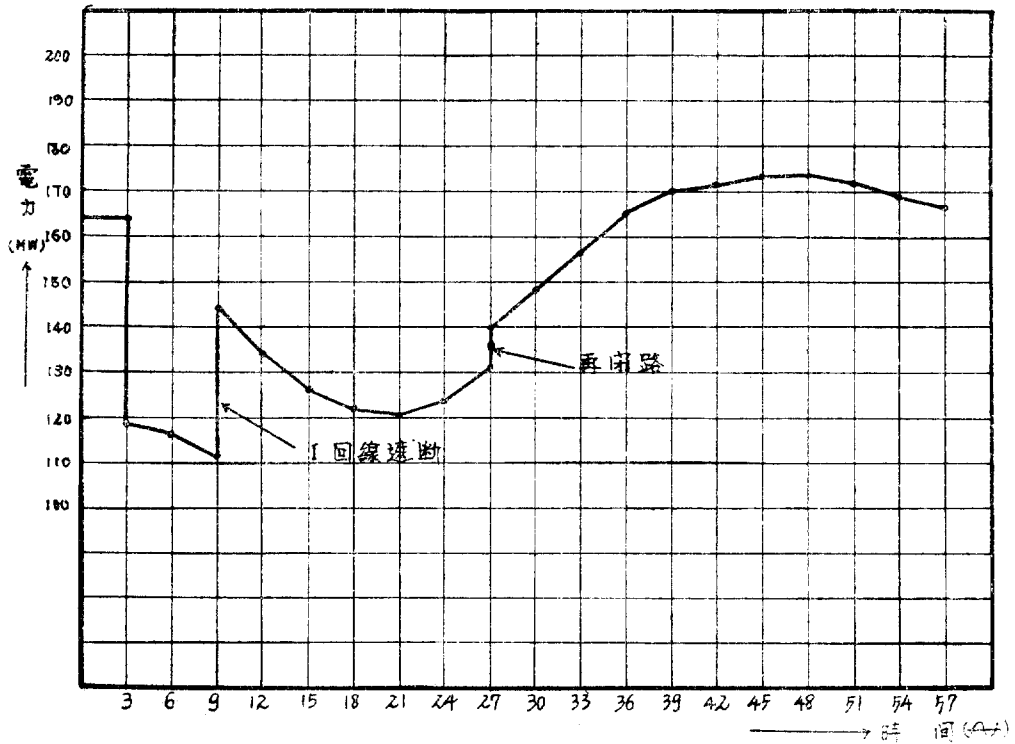


그림 III-8. G₃의 出力變化曲線, 故障 A, Case 1.
 Fig III-8. The curve of output power of G₃, fault A, Case 1.

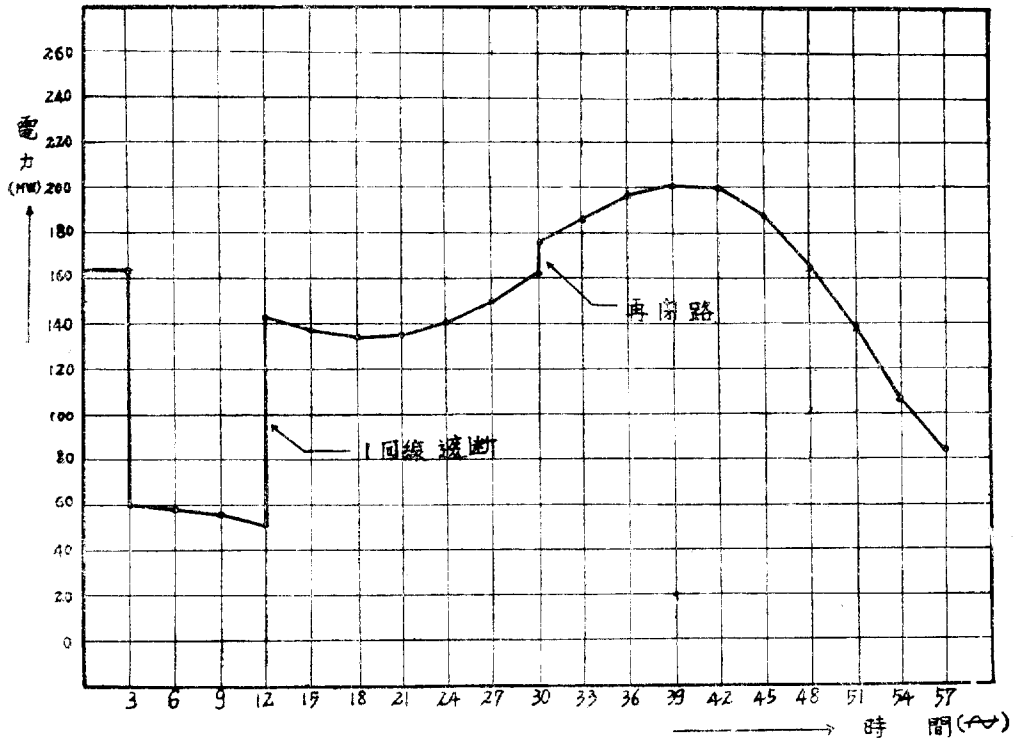


그림 III-9. G₅의 出力變化曲線, 故障 B, Case 2.
 Fig III-9 The curve of output power of G₅, fault B, Case 2.

3. 計算結果

本 系統의 解析을 위하여 上記入力和 出力 DATA로
 서 그림 III-3의 프로우 다이어그램(Flow Diagram)을
 利用하여 計算한 結果로서 現 系統에서 가장 遠距離에
 있으며 重要的 역할을 맡고 있다고 볼 수 있는 漢江系
 와 釜山系間의 關係 特性만을 提示하기로 한다.

즉 全 系統中 다음과 같은 點에서 三相短絡故障이 發
 生했을때 漢江系와 釜山系間의 相差角이 各 故障條件에
 따라 變化되는 狀態를 나타낸다.

三相短絡故障으로 인한 上記 位相角 變化 曲線과 아
 울러 이때의 各 發電機의 出力變化 曲線을 求했는데 代
 表的으로 釜山發電系와 蔚山發電系의 두 經에 對하여
 表示하면 그림 III-7, 그림 III-8 그리고 그림 III-9와 같
 다.

IV. 結果解析

電子計算機의 計算入力和 出力 DATA에 의한 結果로
 서 系統의 安定度를 檢討하기 위하여 먼저 時間의 變化
 에 따른 漢江系와 釜山系間의 位相角變化를 考察해보면
 다음과 같다.

1. 故障 A의 경우(그림 III-4)

本 故障은 大田과 富平사이에 있는 安養地點에서 一
 回線 遮斷을 하는 경우이다.

Case 1, Case 2, Case 3, Case 4의 경우 故障發生으로
 부터 再閉路 後 까지를 通하여 相差角은 -50度에서 10
 度의 範圍內에서 上下로 變動하는 매우 安定한 狀態를
 보여 주었다.

그러나 Case 5의 경우(故障發生後 18사이클에서 遮斷
 할 경우)만은 再閉路(39사이클)後에도 不安定狀態로 持
 續하는것을 알 수 있다.

2. 故障 B의 경우(그림 III-5)

嶺南地方과 連結되는 唯一한 接續點인 尙州地點의 故
 障例로서 Case 1의 條件에서는 遮斷時間 9사이클에서
 相差角이 55度이고 再閉路時間(27사이클)에는 相差角이
 82度였다가 다시 서서히 減少되는 安定狀態를 보여준다.
 Case 2의 경우는 遮斷時間 30사이클에서 最高值가 99度
 이므로 이 條件에서도 安定狀態를 維持한다.

그러나 Case 3의 경우는 遮斷時間 15사이클에서 72度
 까지의 位相差를 나타냈다가 再閉路時間(33사이클)에
 서는 最高 119度까지 벌어진 後 減少되므로 安定狀態와
 不安定狀態의 限界點에 거의 達했다고 볼 수 있다.

Case 4에서는 遮斷時間 18사이클에서 88度の 相差角
 을 나타내고 繼續增加하다가 再閉路(36사이클) 後 약간
 減少하는듯 하다가 다시 벌어지는 심한 不安定狀態를
 보여준다.

Case 5에서는 이미 Case 4의 경우에 不安定으로 되었으

므로 이 때에도 不安定함을 豫想할 수 있다. 즉 24사이클에서 120도로 되고 繼續 相差角은 增加하여 再閉路(39사이클)後에도 相差角은 急激한 上昇을 보임으로서 系統의 심한 不安定을 나타낸다.

3. 故障 C의 경우(그림 III-6)

故障이 尙州 大邱間에서 大邱에 近接한 地點에서 發生한 경우인데 이 地點은 嶺南地域 一帶의 發電量을 各 負荷點으로 連結시켜 주는 重要한 區間으로서 많은 潮流가 흐르는 곳이다.

Case 1의 條件에서는 遮斷時間 9사이클에서 相差角은 57度 벌어졌다가 再閉路瞬間(27사이클)에서 117度的 安定限界線에 놓이고 再閉路後에도 繼續 增加하여 36사이클에서 最大 128度까지의 相差角을 引인後에야 減少되므로 若干의 不安定性을 나타내고 있다.

Case 2에서는 再閉路時間 30사이클에서 相差角은 135度로써 繼續 增加하고 Case 3, Case 4, Case 5의 경우는 豫想대로 Case 2 때다 더 큰 相差角을 나타내고 繼續增加한다.

安定與否를 大體的으로 判別할 수 있는 30사이클(Case 2의 再閉路 時間)을 基準으로 할때 變化된 相差角은

Case 1에서 123度	Case 2에서 155度
Case 3에서 185度	Case 4에서 221度
Case 5에서 225度	

므로 全體的으로 故障 C의 경우에도 系統이 不安定하다는 것을 알 수 있다.

다음에 漢江系와 釜山系間의 位相變化에 따른 釜山發電系와 蔚山發電系의 電力變化는 다음과 같다.

1. 故障 A,

1) 釜山發電系의 出力變化

安養地點에서 故障發生後 9사이클에서 二回線 送電線中 一回線을 遮斷한 경우로서 釜山系 發電機는 그림 III-7과 같은 電力動搖를 나타낸다.

즉 故障發生 순간에 初期出力 320MW에서 220MW로 下降하였다가 6사이클 後 一回線 遮斷으로 220MW에서 79MW나 上昇하여 初期出力보다 20MW 낮은 範圍內에서 약간의 變動를 하고 再閉路時 3MW의 下降을 引인後에는 약간의 增加를 보였을 뿐 安定된 電力分布를 보이고 있다.

2) 蔚山發電系의 出力變化

위와같은 條件에서 蔚山發電系의 出力變化는 그림 III-8과 같이 初期出力은 164MW이고 故障發生으로 119MW로 下降하였다가 遮斷時間까지 약간의 減少를 보이나 遮斷순간에 144MW까지 上昇하여 最大値는 48사이클에서 174MW로 되어 初期出力보다 6.1% 增加된다. 그러나 系統은 大體的으로 安定된 電力分布를 보여준다.

2. 故障 B.

그림 III-9와 같이 釜山系의 初期出力은 165MW이고 故障發生으로 60MW로 下降되었다가 一回線 遮斷時 50MW에서 142MW로 急上昇한다.

그리고 一回線遮斷과 再閉路 期間中에는 最低 134MW, 最高 162MW로 變化하고 再閉路後 9사이클에서 200MW의 最大値를 보여주는데 이 값은 初期値보다 21.21%나 增加된 電力이다.

V. 結 論

以上の 解析 結果로서 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

첫째: 大部分의 경우 故障發生으로 부터 30사이클(0.5秒)以內에 各 系統의 安定性을 判別할 수 있다.

둘째: 安養附近에서의 故障은 故障動搖時間 15사이클(0.25秒)까지는 매우 安定된 狀態이고 이때 釜山發電系의 出力變化도 安定하게 維持됨으로 이 地點에서의 故障을 遮斷器가 15사이클 以內에 動作된다면 全 系統은 매우 安定하다고 볼 수 있다.

셋째: 尙州에서 故障時는 故障發生으로부터 12사이클(0.2秒)까지는 大體的으로 安定하다.

그러므로 尙州에서의 故障에 對해서는 安養에서의 故障의 경우보다 3사이클 더 빠른 遮斷器의 動作이 要求된다.

넷째: 大邱에서의 故障의 경우에는 故障發生後 6사이클에서 遮斷한 경우에도 系統은 不安定함을 알 수 있다.

그런데 潮流分布에서 本 尙州·大邱 枝路에는 全 系統中에서도 가장 많은 有效電力이 흐르는 線路이다.

앞으로 嶺南地域에 發電所가 增設되어 京仁, 嶺東, 湖南地方의 負荷와 連結되는 것이 豫見되는데 이 枝路는 現 狀態로서도 不安定하다.

總括的으로 우리나라의 154KV系統에 對하여 條件에 따라서는 不定定性을 나타내는 경우도 있으나 이것은 一般的으로 過渡擾亂時間을 길게잡은 경우이다.

그러나 現在 154KV 系統에 대하여는 6사이클 내지 8사이클 以內에 動作하는 遮斷器가 一般的으로 使用되고 있는 實情이므로 특히 이 地區에 對해서는 安定性 確保를 위하여 故障發生後 4사이클 以內에 遮斷할 수 있는 遮斷器를 採用하던가 또는 電壓變動을 적게하기 위한 自動電壓調整裝置를 本 枝路에 設置하는 것이 必要하고 根本的으로는 送電線路의 增設이 必要하다고 할 수 있다.

謝 意

本 論文을 完成함에 있어서 貴重한 資料를 提供하고 많은 協助을 하여 주신 韓國電力株式會社 系統計劃課長 宋吉永 博士에게 深甚한 謝意를 表하는 바이다.

參 考 文 獻

1. E.W. Kimbark:
Power System Stability Vol. I.
New York, John Wiley 1948.

2. S.B. Crary
Power System Stability Vol. I. II.
John Wiley & Sons, Inc. 1957

3. 宋吉永
第二次 電源開發 五個年計劃에 있어서 電力系統 問題.
大韓電氣學會誌 Vol. 16. No. 1. 1967年 7月

4. 別宮貞俊
送電系統의 過渡安定度에 對する 考察
東京, 電氣學會誌 第75卷
昭和 30年 2月

5. D.L. Johnson & J.B. Ward.
The Solution of Power System Stability Problems by
means of Digital Computers.
Trans. A.I.E.E. 1957, 75, III, Pt III, P 1321.

6. 韓萬春, 金後鉉
送電工學, pp. 196—223.
—潮閣 1964年 3月

—32p에서 계속—

廉道有, 韓萬春, 李在淑, 徐錫仁, 丁性桂

案 件

1. 仁川地區 見學會 實施의 件
2. 學術發表會開催에 따르는 演材蒐集
3. (株)光和電業社維持會費를 增額(W5,000)되다
4. 會計報告 89,120
5. 全體理事會召集: 10月 31日(木)下後 6時 30分
常任理事會: 10月 31日(木)下後 6時

第20次 西紀 1968年 10月 22日

出 席 理 事

禹亨疇, 尹日重, 韓萬春, 李在淑, 徐錫仁, 丁性桂.

案 件

1. 國際電氣電子會議(IEEE)準備體勢에 關하여 金玩熙 博士로 부터 公翰이 온데 대하여 討議하다. 本準備進行에 앞서 電子工學會와의 連席會議에 當學會로서는 韓萬春, 丁性桂, 梁興錫, 金鍾珠 理事(會長 當然職包含) 5名을 選定하고 앞으로의 分野別 對象選擇은 電力材料 및 機械部門에 關하여 準備키로 하다. 不遠 兩學會에서 推進準備委員會를 構成하고 同委員會에서 採擇한것을 延長하여 各界 各層의 權威者를 總網羅한 各級委員會의 組織編成을 要望하다.

準備推進委員會에서 決議採擇된 重要事項에 關하여는 兩學會名義로서 總務處 및 科學技術處兩長官에게 推進에 關한 豫算措置와 其他事項

建議書를 作成 提出키로하다.

本行事의 主催側인 大韓電氣學會 및 大韓電子工學會로서도 相應講演準備를 미리 進行하기로 하다.

2. 當學會誌畫工圖案無償取扱枚數限界從來 10枚를 20枚로 變更하다.

但 原稿料를 超過負擔하여 支出할수 없다.

3. 今回에 限하여 理事負擔의 見學會費는 $\frac{1}{2}$ 負擔키로 하다.
4. 9月 10日까지 電氣工學便覽編輯完了豫定이던 것이 又한 諸般事情에 依하여 오는 11月末까지 整備하기로 變更하다.
5. 會計報告 W103,489

仁川地區 工場見學實施 經過報告

지난 10月 23日(水) 仁川地區 工場見學을 아래와 같이 實施하였다.

아 래

1. 實施日時: 1968년 10월 23일(수)
自 09:00 至 17:00
2. 對象業體名: 韓國機械工業株式會社工場
利川電機工業 "
仁川重工業 "
韓國유리工業 "
大成木材工業 "
3. 參加人員: 71名
4. 晝食은 利川電機株式會社에서 提供하다.