

韓國 電力系統의 B constant 算定

宋 吉 永*

1. 緒 言

系統의 發電力 및 送電容量이 系統負荷에 比하여 어느程度 餘裕를 가지게 될 때 그 負荷를 各 發電所에 어떻게 分擔시키면 가장 經濟的인가 하는 系統의 經濟的 負荷配分 問題가 커다란 意義를 가지게 된다.

그동안 우리나라에서 電源開發에 꾸준하게 努力한 結果 電力事情이 어느 程度 需給의 均衡을 잡을 수 있을 만큼 緩和되었고 또 앞으로의 展望도 今年 여름부터라도 上記의 經濟的 給電을 實施할 수 있는 段階에 이르렀다 함은 確이나 반가운 일이다.

本文은 不慮 實施될 系統의 經濟的 給電에 對備하여 그 基礎資料로서 所要되는 loss formula coefficients (B constant)를 主로 digital computer를 利用하여 算定한 것이다.

使用한 系統圖 및 各種 資料는 直接 韓國電力에서 보내온 것이며 特히 金善集常務理事로부터 많은 助言과 鞭達을 받았다.

2. 計算上의 假定

1. 發電所 母線電壓은 一定하다고 본다.
2. 發電所 相互間의 電壓位相差는 一定하다고 본다.
3. 各 負荷의 總負荷에 對한 比率은 一定하다(이것은 發電所의 出力分布가 어느 정도 變動하여도 一定하다고 假定함).
4. 各 發電機의 KVAR 出力은 그 發電機의 KW 出力이 增加함에 따라 減小한다. 即 發電機의 電力과 無功 電力의 比가 一次關係에 있다.
5. 各 diesel 發電所와 華川, 淸平을 除外한 水力發電所는 그 出力을 負荷에서 控除하여 對象에서 除外한다.
6. 華川, 淸平 水力發電所는 事前에 定해져 있는 發電計劃에 따른다.
7. 唐人里 舊火力發電所는 廢止한다.
8. 對象으로 되는 發電所는 表 1와 같다.

이 中 寧越(新)에 關해서는 이것이 連結되는 경우 및 連結되지 않는 경우의 두 가지로 나누워 計算한다.

*日本 早稻田大學 大學院 電力工學研究室

表 1. 發電計劃表

		電 壓(%)	case 1(MW)	case 2(MW)
1	新唐人里	103	25.0	25.0
2	寧越(舊)	103	50.0	50.0
3	三 陟	105	50.0	50.0
4	馬 山	105	50.0	50.0
5	甘 川	105	120.0	120.0
6	發 電 艦	104	20.0	20.0
7	寧越(新)	104	50.0	---
8	華川(水力)	104	70.0	70.0
9	淸平(水力)	104	35.0	35.0
	ΣP_s		470.0	420.0

*對象系統 No 1~No 7의 各 火力發電所

表 2. 負荷設定值

(力率 85% 一定)

station bus	case 1		case 2	
	P_L (MW)	Q_L (MVAR)	P_L (MW)	Q_L (MVAR)
水 色 22 KV	66.7	41.3	60.5	37.5
66 KV	43.4	26.9	39.6	24.5
梧柳洞 66 KV	40.3	25.0	36.3	21.9
仁 川 //	34.6	21.4	31.5	19.5
大 田 154 KV	11.6	7.2	10.6	6.6
" 66 KV	43.3	26.8	39.4	24.3
北 三 //	8.4	5.2	7.6	4.7
松 陰 //	5.5	3.4	5.0	3.1
道 溪 //	10.2	6.3	9.2	5.7
寧 越 //	25.9	16.0	23.6	14.6
大 邱 //	44.0	27.3	39.6	24.5
進 水 //	4.4	2.7	3.9	2.4
馬 山 //	11.0	6.8	10.0	6.2
甘 川 //	41.8	25.9	38.2	23.6
釜山鎮 //	35.2	21.8	32.0	19.8
ΣP_L	426.3	264	387.0	238.8

3. B constant의 計算方法

計算은 主로 早稻田大學 電子計算機室의 NEAC 2203* digital computer를 使用하여 下記의 計算順序에 따라 B constant를 算定하였다.

※ NEAC 2203 機(日本 電氣 K K 中型機)

memory(記憶容量) 2,000

演算時間(浮動小數點) 加減算 3.7~ 6.1 ms

乘算 5.5~ 7.9 ms

除算 9.4~10.8 ms

判斷 0.12

I. Basic power flow

B constant 算定에 所要되는 data 를 얻기 爲하여 下 先 電力潮流를 計算한다.

Digital computer 에 依한 電力潮流計算法은 多數 開發되어 있으나 그 中 Ward & Hale 氏에 依한 nodal-method* 에 依據하기로 하였다. 計算精度는 各 母線電壓修正值 ε_k, ξ_k 가 $\pm 0.03\%$ 以內에 들어갈 때까지 거듭하기로 하였다.

※ Nodal method 에 依한 電力潮流計算

AIEE, Vol 75, pt III, pp 398~404 1956.

$$I_k = \sum_{m \in N} Y_{km} \dot{E}_m = \sum_{m \in N} (G_{km} + jB_{km}) (e_m + jf_m) \quad (1-1)$$

$$Y_{km} = G_{km} + jB_{km}$$

$\begin{cases} k=m \text{ Node } K \text{ 의 self-admittance} \\ k \neq m \text{ Node } K-M \text{ 間 mutual admittance} \end{cases}$

따라서

$$W_k = \dot{E}_k \cdot I_k^* = P_k + jQ_k \quad (1-2)$$

$$P_k = e_k \sum (G_{km} e_m - B_{km} f_m) + f_k \sum (G_{km} f_m + B_{km} e_m)$$

$$Q_k = f_k \sum (G_{km} e_m - B_{km} f_m) - e_k \sum (G_{km} f_m + B_{km} e_m)$$

여기서 一般的인 node 의 拘束條件으로서는

(1) $|E_{ks}|$ 및 P_{ks}發電機端

(2) P_{ks} 및 Q_{ks}負荷 //

따라서 最初에 各 node 電壓 \dot{E}_k 를 假定하여 (1-1) (1-2)式으로 부터 各 node 의 電流, 電力을 求하여 이것과 各點의 設定電壓, 設定電力과의 偏差를 없애도록 假定한 初期電壓值를 修正하면서 漸次 近以시켜 最終值를 얻도록 한다.

(i) 負荷端 修正

$$\Delta P_k = P_{ks} - P_k \longrightarrow 0 \quad E_k' \text{ 修正 } (e_k + \varepsilon_k) + j(f_k + \xi_k)$$

$$\Delta Q_k = Q_{ks} - Q_k$$

$$\text{공 } P_{ks} + jQ_{ks} = (\dot{E}_{ks} - \Delta E_k) (\dot{I}_k + \dot{Y}_{kk} \Delta \dot{E}_k)^*$$

$$\Delta P_k = P_{ks} - P_k = \varepsilon_k (e_k G_{kk} + f_k B_{kk} + a_k) + \xi_k (-e_k B_{kk} + f_k G_{kk} + b_k)$$

$$\Delta Q_k = Q_{ks} - Q_k = \varepsilon_k (-e_k B_{kk} + f_k G_{kk} - b_k)$$

$$+ \xi_k (-e_k G_{kk} - B_{kk} + a_k)$$

위의 連立方程式을 풀어 ε_k, ξ_k 가 決定된다.

(ii) 發電機端子 修正

$$\Delta |E_k|^2 = |E_{ks}|^2 - |E_k|^2 \longrightarrow 0 \quad E_k' \text{ 修正}$$

$$\Delta P_k = P_{ks} - P_k$$

$$\Delta |E_k|^2 = |E_{ks}|^2 - |E_k|^2 = 2 e_k \varepsilon_k + 2 f_k \xi_k$$

$$\Delta P_k = P_{ks} - P_k = \varepsilon_k (e_k G_{kk} + f_k B_{kk} + a_k) + \xi_k (-e_k B_{kk} + f_k G_{kk} + b_k)$$

上式으로 부터 ε_k, ξ_k 가 決定된다.

$$\text{Line flow } \dot{W}_{km} = \dot{E}_k I_{km}^* = \dot{E}_k (\dot{E}_k - \dot{E}_m)^* (-Y_{km})^*$$

Note 電壓 修正 加速法

$$\dot{E}_{k(i)} = \dot{E}_{k(i-1)} + \alpha \Delta E_{k(i-1)}$$

α, β - 收斂加速定數 1.0~1.5 程度

今般 計算에 使用된 韓國電力系統은 그림 2 에 보는 바와 같이 發電機 9 機 負荷 15 로서 計 28 bus 의 規模 이었다.

潮流算定에 앞서 變壓器를 거쳐 나가는 負荷는 全部 變壓器의 高壓側에 換算하고 線路에 直結된 變壓器 등은 모두 線路定數에 換算 包含시켰다.

이와 같이 整理한 impedance map 로 부터 算定한 self & mutual admittance 는 表 5 에 보는 바와 같다.

Basic flow 로 부터 다음과 같은 各種의 data 가 準備 된다.

$$|E_{gi}| \angle \theta_{gi} \quad P_{gi} \quad Q_{gi} \quad S_{mi} = \frac{Q_{gi}}{P_{gi}}$$

$$|E_i| \angle \theta_L \quad P_{Li} \quad Q_{Li}$$

$$I_{Li} \quad I_{Li}$$

$$|E_B| \angle \theta_B \quad \Sigma I^2 R \text{ Loss etc.}$$

II. Open circuit impedance

寧越 舊火力發電所를 基準으로 選定하여 線路 capacitance 同期調相機 電力用 condenser 를 負荷에 附加시켜 各發電機間 및 發電機와 負荷間의 open circuit impedance 를 impedance map 로 부터 計算할 수 있다.

今般 對象된 韓國系統은 放射系統이기 때문에 直接 簡單한 演算으로 諸數值를 얻을 수 있었다(表 3 參照).

表 4 A 는 發電所間의 impedance 實數部로서 對稱 matrix 이며 表 4 B 는 發電所와 負荷 j 間의 impedance 實數部이다.

$$Z_{Gm} - G_m \longrightarrow R_{Gm} - G_m \text{ [pu.值 base on 100 MVA]}$$

$$Z_{Lj} - G_m \longrightarrow R_{Lj} - G_m \quad 154 \text{ KV}$$

III. 以上 各種의 data 가 準備되면 곧 이것을 使用하여 下記의 順序에 따라 B_{mn} 를 計算할 수 있다.

특히 이번 B_{mn} 算定에 Digital computer 를 利用할 수 있었기 때문에 計算은 될 수 있는 限 精密式을 使用하여 精度를 올리기에 留意하였다.

參考文獻 "Economic operation of power system"

Leon, K Kirchmayer Book chap. 3~chap. 4.

III 1 d_n, f_n 의 算定

$$d_n = \frac{1}{iL} (iL'j \cdot R_{Lj} - G_n) \quad (3-1)$$

$$f_n = \frac{1}{ij} (iL'j' \cdot R_{Lj} - G_n)$$

여기서 $iL_j = iL_j + j iL_j''$ (3-2)

$$iL = \sum_{j=1}^n iL_j \quad (3-3)$$

여기서 total load current iL 가 기준軸이 되게끔(공
 $iL = \sum_{j=1}^n i'_{Lj} \Sigma iL_j'' = 0$) 座標軸을 變換시킨다.

이것은 $iL = |iL| \angle \theta_{iL} \rightarrow \angle \theta_{iL} = 0$ 되게끔 座標軸을
 $\angle \theta_{iL}$ 回轉시키던지 또는 電壓, 電流 各 vector 値에 $\varepsilon^{-i\theta_{iL}}$
 을 乘算하여 修正할 수 있다.

III-2. K_{mn} H_{mn} 算定

$$K_{mn} = \frac{1}{E_m E_n} [(1+S_m S_n) \cos \theta_{mn} + (S_m + S_n) \sin \theta_{mn}]$$

$$H_{mn} = -\frac{1}{E_m E_n} [(1+S_m S_n) \sin \theta_{mn} + (S_n - S_m) \cos \theta_{mn}]$$

여기서 $S_m = \frac{Q_m}{P_m}$
 $Q_{mn} = Q_m - Q_n = -Q_{nm}$

[註] [K_{mn} =對稱 matrix] H_{mn} =交代 matrix

III-3. A_{mn} 및 w' 算定

$$A_{mn} = (R_{Gm-Gn} - d_n - d_m) K_{mn} \quad (3-5)$$

$$w' = \frac{\Sigma ik^2 R_k - P_m A_{mn} P_n + P_m H_{mn} (f_m - f_n) P_n}{P_m K_{mn} P_n} \quad (3-6)$$

[註] [A_{mn}]-對稱 matrix

$\Sigma ik^2 R_k$ =power flow result에서 決定됨

[註] 系統의 發電機電壓間 位相角이 25~30 정도로
 서 力率이 나쁜 大負荷는 力率 改善用 調相設備에 依하여
 調整되고 또 大略 負荷電壓이 一定에 가까운 경우

$d_m' = iL_j' R_{Lj} - G_m$ 代身에 簡略式으로서

$d_m' = \frac{P_{Lj}}{\Sigma P_{Lj}}$ 를 使用할 수 있다.

또 (3-1), (3-4)에서 imaginary part가 無視될 때

$w'' = \frac{\Sigma ik^2 R - P_m A_{mn} P_m}{P_m B_{mn} P_n}$ 를 使用할 수 있다.

III-4. B_{mn} 決定

以上 (3-4), (3-5), (3-6)에서 計算한 各 數值를 使
 用하여 loss formula coefficients B_{mn} (=對稱 matrix)

를 다음과 같이 計算할 수 있다.

$$B_{mn} = A_{mn} + w' K_{mn} - H_{mn} (f_m - f_n) \quad (3-7)$$

III 5. Loss P_L 의 決定

$$P_L = P_m B_{mn} P_n \quad (3-8)$$

4. NEAC 2203 에 依한 B_{mn} 算定

前述한 바와 같이 今般 digital computer의 利用으
 로 精密計算이 可能하였다.

그림 1은 NEAC2203 機에 依한 B_{mn} 算定法의 概要를
 그린 flow chart 이다. 計算을 圓滑히 推進시키기 爲하여
 matrix multiplication sub-routine을 비롯하여 10 數
 項에 關한 計算 sub-routine을 새로이 開發 利用하였다.

따라서 演算은 memory 容量關係로 basic power flow,
 open circuit impedances 算定과 B_{mn} 算定이 二分되었
 으나 後者の B_{mn} 算定은 前者의 data를 얻어 自動的로
 計算할 수 있게끔 되었다.

演算時間은 始半이 data 準備에 所要되었다. 即
 power flow 算定을 digital 計算機에 실었는데 最終 結果
 까지에의 收斂이 豫想外로 많이 所要되었다.

Power flow one-iteration 82 Sec
 (nodal method) $\sigma = 0.03\%$ 精度까지
 (60~100 번 거듭)

Self-mutual admittance 16 sec

Open circuit impedance 20 sec

B_{mn} 算定은 主로 matrix 演算 뿐이며 前者와 달라 實
 數 演算이었기 때문에 最終 結果 $B_{mn} P_L$ 까지의 所要時
 間은 數分이었으며 high speed puncher out로 total
 5分이었다.

그림 3~그림 4은 case 1,2의 B_{mn} 算定 結果 및 그
 途中 經遇值를 적은 것이다.

또 附圖로서 計算機 program sub-routine 및 power
 flow B_{mn} 算定에 關한 type out chart 一部를 실었다.

(1964 年 12 月 7 日 接受)

BMN constant (case 1)

0.118856	-0.047982	-0.005235	-0.008807	-0.009920	-0.013278	-0.010664	0.024067	0.016952
-0.047982	0.102669	0.024767	0.003258	0.002007	0.000712	0.040480	-0.019344	-0.038422
-0.005235	0.0247671	0.260768	-0.008790	-0.013002	-0.014604	0.018298	-0.014549	-0.013783
-0.008807	0.003258	-0.008790	0.068394	0.022800	0.021881	0.000484	-0.014259	-0.015267
-0.009920	0.002007	-0.013002	0.022800	0.049847	0.049687	-0.002993	-0.017742	-0.018119
-0.013278	0.000712	-0.014604	0.021881	0.049687	0.086289	-0.004604	-0.020124	-0.021233
-0.010665	0.040480	0.018298	-0.000484	-0.002993	-0.004604	0.028547	-0.009701	-0.013452
0.024067	-0.019344	-0.014549	-0.014259	-0.017742	-0.020124	-0.009701	-0.053869	-0.040271
0.016952	-0.038422	-0.013783	-0.015268	-0.018119	-0.021233	-0.013452	-0.040271	-0.037734

BMN constant (case 2)

0.093324	-0.036697	-0.010079	-0.012461	-0.013900	-0.016167	0.000000	0.21611	0.014964
-0.036697	0.075221	0.021974	0.002683	0.001435	0.000473	0.000000	-0.014639	-0.029693
-0.010079	0.021974	0.256400	-0.008632	-0.012832	-0.014313	0.000000	-0.015040	-0.015574
-0.012462	0.002683	-0.008632	0.066992	0.022222	0.021174	0.000000	-0.014334	-0.016366
-0.013900	0.001435	-0.012832	0.022222	0.048461	0.047845	0.000000	-0.017853	-0.019220
-0.016167	0.000473	-0.014313	0.021173	0.047845	0.082282	0.000000	-0.019700	-0.021445
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.021611	-0.014639	-0.015038	-0.014334	-0.017853	-0.019700	0.000000	0.050940	0.037053
0.014964	-0.029694	-0.015574	-0.016366	-0.019220	-0.021445	0.000000	0.037053	0.033525

表 3. Open-circuit impedances (Pu. base on 100 MVA)

$ZG_m G_n$ (G_2 寧越舊火力基準 100 MVA base PU 值)

	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9
G_1	0.11716 -j0.9002	0	0	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211	0.02 -j0.211	0 +j0.12	0.069 +j0.44	0.069 +j0.44
G_2		0	0	0	0	0	0	0	0
G_3			0.25905 +j0.8050	0	0	0	0	0	0
G_4				0.092 +j0.835	0.051 +j0.359	0.051 -j0.359	0 +j0.12	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211
G_5					0.078 +j0.74	0.078 -j0.667	0 +j0.12	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211
G_6						0.109 +j0.986	0 +j0.12	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211
G_7							0 +j0.294	0 +j0.12	0 +j0.12
G_8								0.094 +j0.685	0.083 -j0.511
G_9									0.083 +j0.735

$ZL_j - G_n$

	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9
L_1	0.07349 +j0.45196	0	0	0.02 -j0.211	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211	0 +j0.12	0.069 -j0.44	0.069 +j0.44
L_2	0.07996 -j0.5256	0	0	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211	0 +j0.12	0.069 +j0.44	0.069 +j0.44
L_3	0.076369 -j0.50606	0	0	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211	0 +j0.12	0.069 -j0.44	0.069 +j0.44
L_4	0.066604 +j0.431	0	0	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211	0 +j0.12	0.069 +j0.44	0.069 +j0.44
L_{5-6}	0.036 +j0.276	0	0	0.02 +j0.211	0.02 -j0.211	0.02 +j0.211	0 +j0.12	0.036 +j0.276	0.036 +j0.276
L_7	0	0	0.22405 +j0.591	0	0	0	0	0	0
L_8	0	0	0.12913 +j0.449	0	0	0	0	0	0
L_9	0	0	0.12424 -j0.4386	0	0	0	0	0	0
L_{10}	0	0	0 +j0.282	0	0	0	0	0	0
L_{11}	0.02 +j0.211	0	0	0.037 +j0.289	0.037 +j0.289	0.037 +j0.289	0 +j0.12	0.02 +j0.211	0.02 +j0.211

L_{12}	0.02 +j 0.211	0	0	0.051 +j 0.359	0.051 +j 0.359	0.051 j +0.359	0 +j 0.12	0.02 +j 0.211	0.02 +j 0.211
L_{13}	0.02 +j 0.211	0	0	0.092 +j 0.679	0.051 +j 0.359	0.051 +j 0.359	0 +j 0.12	0.02 +j 0.211	0.02 +j 0.211
L_{14}	0.02 +j 0.211	0	0	0.051 +j 0.359	0.078 +j 0.667	0.078 +j 0.667	0 +j 0.12	0.02 +j 0.211	0.02 +j 0.211
L_{15}	0.02 +j 0.211	0	0	0.51 +j 0.359	0.078 +j 0.667	0.093 +j 0.687	0 +j 0.12	0.02 +j 0.211	0.02 +j 0.211

表 4. (A)

RG_{m-Gn} [寧越蓄火力 G_2 基準] (100 MVA base PU 値)

	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9
G_1	0.11796	0	0	0.02	0.02	0.02	0	0.069	0.069
G_2	—	0	0	0	0	0	0	0	0
G_3	—	—	0.25905	0	0	0	0	0	0
G_4	—	—	—	0.092	0.051	0.051	0	0.02	0.02
G_5	—	—	—	—	0.078	0.078	0	0.02	0.02
G_6	—	—	—	—	—	0.109	0	0.02	0.02
G_7	—	—	—	—	—	—	0	0	0
G_8	—	—	—	—	—	—	—	0.094	0.083
G_9	—	—	—	—	—	—	—	—	0.083

(B)

RL_{j-Gn} [寧越蓄火力 G_2 基準] (100 MVA base PU 値)

	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	G_8	G_9
L_1	0.073486	0	0	0.02	0.02	0.02	0	0.069	0.069
L_2	0.079962	0	0	0.02	0.02	0.02	0	0.069	0.069
L_3	0.0763686	0	0	0.02	0.02	0.02	0	0.069	0.069
L_4	0.066004	0	0	0.02	0.02	0.02	0	0.069	0.069
L_{5-6}	0.036	0	0	0.02	0.02	0.02	0	0.036	0.036
L_7	0	0	0.22405	0	0	0	0	0	0
L_8	0	0	0.12913	0	0	0	0	0	0
L_9	0	0	0.12424	0	0	0	0	0	0
L_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L_{11}	0.02	0	0	0.037	0.037	0.037	0	0.02	0.02
L_{12}	0.02	0	0	0.051	0.051	0.051	0	0.02	0.02
L_{13}	0.02	0	0	0.092	0.051	0.051	0	0.02	0.02
L_{14}	0.02	0	0	0.051	0.078	0.078	0	0.02	0.02
L_{15}	0.02	0	0	0.051	0.078	0.093	0	0.02	0.02

表 5. Self & mutual admittances

(Impedances are pu Value based on 100MVA 154KV)

Y_{11}	0.2679 - j 2.6416	Y_{88}	0.36188 - j 5.724	$Y_{15,15}$	3.035 - j 23.746	$Y_{21,22}$	3.873 - j 9.247
Y_{22}	0 - j 11.879	Y_{99}	0 - j 4.464	$Y_{16,16}$	4.75 - j 20.366	$Y_{23,23}$	5.144 - j 25.975
Y_{33}	0.7443 - j 4.531	$Y_{10,19}$	6.161 - j 27.17	$Y_{17,17}$	8.542 - j 37.22	$Y_{24,24}$	3.424 - j 20.03
Y_{44}	0 - j 6.410	$Y_{11,11}$	14.327 - j 60.835	$Y_{18,18}$	2.304 - j 24.56	$Y_{25,25}$	0.394 - j 9.485
Y_{55}	0 - j 13.698	$Y_{12,12}$	12.20 - j 25.445	$Y_{19,19}$	3.009 - j 7.404	$Y_{26,26}$	24.28 - j 48.92
Y_{66}	0 - j 3.7878	$Y_{13,13}$	7.314 - j 18.047	$Y_{20,20}$	3.0217 - j 3.284	$Y_{27,27}$	34.80 - j 55.63
Y_{77}	0 - j 5.747	$Y_{14,14}$	19.19 - j 78.864	$Y_{12,21}$	3.116 - j 5.269	$Y_{28,28}$	10.80 - j 27.42

$Y_{1-10} -0.2679+j2.6416$	$Y_{8-13} -0.36188+j5.724$	$Y_{11-15} -2.673-j13.557$	$Y_{20-22} -1.617-j1.867$
$Y_{2-18} 0+j8.333$	$Y_{9-15} 0+j4.464$	$Y_{11-16} -1.179+j5.8603$	$Y_{21-22} -1.5118-j2.828$
$Y_{2-19} 0+j3.546$	$Y_{10-11} 0+j9.259$	$Y_{16-17} -3.5706+j14.506$	$Y_{23-21} -2.747-j13.74$
$Y_{3-22} -0.744+j4.551$	$Y_{10-12} -5.8934+j15.269$	$Y_{17-18} -2.304+j10.48$	$Y_{21-25} -0.3939-j3.074$
$Y_{4-25} 0+j6.4103$	$Y_{11-11} -14.327+j57.576$	$Y_{17-23} -2.667-j12.239$	$Y_{21-26} -0.2824+j3.222$
$Y_{5-26} 0+j13.698$	$Y_{12-13} -6.3064+j10.176$	$Y_{19-20} -1.404+j1.41637$	$Y_{26-27} -24.0+j32.0$
$Y_{6-28} 0+j3.7878$	$Y_{13-13} -1.007+j7.871$	$Y_{19-21} -1.605+j2.4415$	$Y_{27-28} -19.80+j23.633$
$Y_{7-18} 0+j5.747$			

表 6. 電力潮流計算結果 case 1

	P (MW)	Q (MVAR)	E %	θ (度)	$S=Q/P$		P (MW)	Q (MVAR)	~	~
G_1	25.03	27.65	103.	-16.07	1.10	L_1	67.91	20.98	Q_c	20
G_2	26.08	45.98	103.	0	1.76	L_2	43.92	-1.25	Q_c	28.0
G_3	50.0	13.66	105.	11.39	0.27	L_3	40.76	24.75		
G_4	50.07	19.21	105.	12.27	0.38	L_4	34.93	21.25	富平線	Q_c j 39.0
G_5	120.2	58.01	105.	16.78	0.48	L_{5-6}	55.21	21.92		Q_c 12.0
G_6	20.06	10.50	104.	15.18	0.52	L_7	8.4	5.2		
G_7	50.02	20.29	104.	32.46	0.46	L_8	5.5	3.4		
G_8	70.07	31.40	104.	-5.87	0.45	L_9	10.2	6.3		
G_9	35.05	26.11	104.	-8.11	0.74	L_{10}	25.90	16.0		
						L_{11}	44.45	7.18	Q_c	20.0
						L_{12}	4.79	-9.4	Q_c	12.0
						L_{13}	11.09	6.79		
						L_{14}	42.93	25.1		
						L_{15}	36.48	20.79		

E_m, E_n

表 7.

case 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.061	1.061	1.081	1.081	1.081	1.071	1.071	1.071	1.071
2	—	1.061	1.081	1.081	1.081	1.071	1.071	1.071	1.071
3	—	—	1.102	1.102	1.102	1.092	1.092	1.092	1.092
4	—	—	—	1.102	1.102	1.092	1.092	1.092	1.092
5	—	—	—	—	1.102	1.092	1.092	1.092	1.092
6	—	—	—	—	—	1.081	1.081	1.081	1.081
7	—	—	—	—	—	—	1.081	1.081	1.081
8	—	—	—	—	—	—	—	1.081	1.081
9	—	—	—	—	—	—	—	—	1.081

$\theta_m - \theta_n$

表 8.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	-16.07	-27.46	-28.35	-32.86	-31.26	-19.32	-10.20	-7.97
2	—	0	-11.39	-12.27	-16.78	-15.18	-32.45	5.87	8.11
3	—	—	0	-0.887	-5.396	-3.796	8.14	17.25	19.49
4	—	—	—	0	-4.51	-2.91	9.03	18.14	20.38
5	—	—	—	—	0	1.60	13.54	22.65	24.89
6	—	—	—	—	—	0	11.94	21.05	23.29
7	—	—	—	—	—	—	0	9.11	11.35
8	—	—	—	—	—	—	—	0	2.24
9	—	—	—	—	—	—	—	—	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2.220	2.832	1.160	1.253	1.290	1.350	1.370	1.471	1.81
2	-	4.109	1.452	1.640	1.772	1.860	1.712	1.781	2.290
3	-	-	1.075	1.105	1.127	1.14	1.10	1.072	1.13
4	-	-	-	1.147	1.181	1.20	1.141	1.113	1.205
5	-	-	-	-	1.232	1.252	1.162	1.122	1.233
6	-	-	-	-	-	1.274	1.186	1.152	1.277
7	-	-	-	-	-	-	1.165	1.167	1.277
8	-	-	-	-	-	-	-	1.20	1.333
9	-	-	-	-	-	-	-	-	1.555

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0.633	-0.738	-0.634	-0.522	-0.4966	-0.6595	-0.6459	-0.3561
2	-	0	-1.4607	-1.348	-1.226	-1.196	-1.355	-1.3082	-1.0081
3	-	-	0	0.1105	0.2084	0.2499	0.1311	0.1670	0.4446
4	-	-	-	0	0.0985	0.1397	0.02164	0.06121	0.3386
5	-	-	-	-	0	0.0411	-0.0747	-0.0317	0.238
6	-	-	-	-	-	0	-0.1154	-0.0704	0.203
7	-	-	-	-	-	-	0	0.04196	0.3327
8	-	-	-	-	-	-	-	0	0.2966
9	-	-	-	-	-	-	-	-	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0.6329	-0.7376	-0.6344	-0.5225	-0.4966	-0.6595	-0.6460	-0.3561
2	-	0	-1.146	-1.348	-1.226	-1.196	-1.355	-1.308	-1.008
3	-	-	0	1.105	0.2084	0.2499	0.1311	0.1670	0.4447
4	-	-	-	0	0.0985	0.1397	0.02163	0.06121	0.3386
5	-	-	-	-	0	0.0411	-0.07476	-0.0317	0.2380
6	-	-	-	-	-	0	-0.115	-0.0704	0.203
7	-	-	-	-	-	-	0	0.04196	0.3327
8	-	-	-	-	-	-	-	0	0.29657
9	-	-	-	-	-	-	-	-	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0.1824	-0.3833	-0.3422	-0.3374	-0.3013	-0.231	-0.1163	-0.0498
2	-	0	-0.2941	-0.293	-0.3698	-0.3246	-0.0768	0.1344	0.1436
3	-	-	0	0.0017	0.0197	0.0166	-0.0187	-0.0519	-0.157
4	-	-	-	0	0.0078	0.0071	-0.0034	-0.020	-0.1258
5	-	-	-	-	0	-0.00115	0.0180	0.0132	-0.1104
6	-	-	-	-	-	0	0.0244	0.0271	-0.0875
7	-	-	-	-	-	-	0	0.0673	-0.067
8	-	-	-	-	-	-	-	0	-0.0116
9	-	-	-	-	-	-	-	-	0

K_{mn}

表 13.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2.092	2.841	0.7136	0.8423	0.8787	0.9783	1.060	1.265	1.639
2		3.873	1.071	1.244	1.297	1.430	1.527	1.788	2.272
3			0.975	1.004	1.040	1.0597	9.9899	0.9342	0.8949
4				1.041	1.0788	1.105	1.104	1.002	0.9888
5					1.118	1.146	1.081	1.040	1.0283
6						1.178	1.119	1.090	1.0998
7							1.077	1.073	1.119
8								1.1104	1.222
9									1.438

 H_{mn}

表 14.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	-0.1726	-1.237	-1.2117	-1.252	-1.2281	-1.063	-0.8504	-0.5683
2		0	-1.621	-1.576	-1.628	-1.587	-1.356	-1.050	-0.6365
3			0	0.0847	0.0925	0.1595	0.2641	0.4579	0.7751
4				0	0.0048	0.0721	0.1859	0.3903	0.7203
5					0	0.0967	0.1879	0.3999	0.7420
6						0	0.1251	0.3449	0.6962
7							0	0.21187	0.5447
8								0	0.3225
9									0

 A_{mn}

表 15.

case 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0634	-0.1246	-0.0377	-0.0423	-0.0473	-0.0538	-0.0465	-0.0137	-0.0270
2		0	-0.00966	-0.0328	-0.0388	-0.0445	0	-0.0644	-0.0946
3			0.23492	-0.0355	-0.4054	-0.04255	-0.0089	-0.0420	-0.0453
4				0.04080	-0.00579	-0.00722	-0.0275	-0.0425	-0.0475
5					0.0202	0.0194	-0.0324	-0.0478	-0.0530
6						0.05505	-0.03486	-0.05141	-0.05804
7							0	-0.0386	-0.0466
8								0.0244	0.00656
9									-0.0004

 $H_{mn}(f_m - f_n)$

表 16.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	-0.0013	-0.0136	-0.0112	-0.0141	-0.0146	-0.0077	-0.0042	-0.0005
2		0	-0.0060	-0.00311	-0.0065	-0.0073	0	0.0024	0.00405
3			0	-0.00015	0.000025	0.00014	-0.00098	-0.0027	-0.0078
4				0	0.000009	0.00019	-0.00037	-0.00165	-0.006
5					0	0.00004	-0.0007	0.0025	-0.0077
6						0	-0.00058	-0.0024	-0.0076
7							0	-0.00048	-0.0035
8								0	-0.0013
9									0

Case 1
 $K_{mn} P_n$
 5.28706 7.5385 4.37417 4.6467 4.8229
 5.0245 4.8874 4.9639 5.32197
 $P_m K_{mn} P_n$
 22.3974
 $A_{mn} P_n$
 -0.1666 -0.1864 -0.01939 -0.08507 -0.08529
 -0.08945 -0.1192 -0.13021 -0.1721

$P_m A_{mn} P_n$
 -0.474270
 $H_{mn} (f_m - f_n) P_n$
 -0.03953 -0.01108 -0.01013 -0.007086 -0.0100
 -0.00997 -0.00512 -0.00687 -0.0194
 $P_m H_{mn} (f_m - f_n) P_n$
 -0.04961
 $\omega' = \frac{\sum P_i^2 R - P_m A_{mn} P_n + P_m H_{mn} (f_m - f_n) P_n}{P_m K_{mn} P_n}$
 = +0.026509

B_{mn} 表 17.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.11886	-0.04798	-0.00524	-0.0088	-0.00992	-0.0133	-0.0107	0.02407	0.01695
2	-0.0480	0.1027	0.02477	0.00326	0.0020	0.00071	0.0405	-0.0193	-0.0384
3	-0.00524	0.02477	0.2608	-0.0088	-0.0130	-0.0146	0.0183	-0.0145	-0.0138
4	-0.0088	0.00326	-0.0088	0.0684	0.0228	0.0219	0.0005	-0.0143	0.0153
5	-0.00992	0.0020	-0.0130	0.0228	0.0498	0.0497	-0.00299	-0.0177	-0.0181
6	-0.0133	0.00071	-0.0146	0.0219	0.0497	0.0863	-0.0046	-0.0201	-0.0212
7	-0.0107	0.0405	0.0183	0.0005	-0.00299	-0.0046	0.0285	-0.0097	-0.0134
8	0.02407	-0.0193	-0.0145	-0.0143	-0.0177	-0.0201	-0.0097	0.0539	0.0403
9	0.01695	-0.0384	-0.0138	-0.0153	-0.0181	-0.0212	-0.0134	0.0403	0.0377

※ $P_i = P_m B_{mn} P_n = 0.1690719$

表 18. 電力潮流 算定結果 case 2

	P_{MW}	Q_{MVAR}	$E(\%)$	$\theta(\text{度})$	$S=Q/P$
G_1	24.9	21.15	103.0	-11.7	0.85
G_2	36.9	51.98	103.0	0	1.40
G_3	50.0	11.89	105.0	12.46	0.24
G_4	49.8	17.56	105.0	13.92	0.35
G_5	119.5	53.92	105.0	19.30	0.45
G_6	19.9	9.30	104.0	17.7	0.47
G_7	0	0	0	0	0
G_8	69.8	24.2	104.0	-2.30	0.35
G_9	34.8	20.5	104.0	-4.56	0.59

	P_L/MW	$Q_L/MVAR$	備考
L_1	62.4	17.06	Q_c 20.0
L_2	40.48	-3.70	Q_c 28.0
L_3	37.09	21.5	
L_4	32.06	19.27	富平變 Q_c 39.0
$L_{5,6}$	50.46	18.89	Q_c 12.0
L_7	7.60	4.70	
L_8	5.0	3.10	
L_9	9.20	5.70	
L_{10}	23.60	14.6	
L_{11}	40.17	4.35	Q_c 20.0
L_{12}	4.40	-9.71	Q_c 12.0
L_{13}	10.26	6.18	
L_{14}	39.90	22.69	
L_{15}	33.89	18.54	

$E_m E_n$ 表 19.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.061	1.061	1.082	1.082	1.082	1.071	0	1.071	1.071
2	—	1.061	1.082	1.082	1.082	1.071	0	1.071	1.071
3	—	—	1.1025	1.1025	1.1025	1.092	0	1.092	1.092
4	—	—	—	1.1025	1.1025	1.092	0	1.092	1.092
5	—	—	—	—	1.1025	1.092	0	1.092	1.092
6	—	—	—	—	—	1.082	0	1.082	1.082
7	—	—	—	—	—	—	0	0	0
8	—	—	—	—	—	—	—	1.082	1.082
9	—	—	—	—	—	—	—	—	1.082

Q_{mn}

表 20.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	-11.713	-24.176	-25.637	-31.017	-29.448	0	-9.411	-7.154
2	—	0	-12.463	-13.924	-19.304	-17.735	0	2.302	4.559
3	—	—	0	-1.461	-6.841	-5.272	0	14.765	17.022
4	—	—	—	0	-5.380	-3.811	0	16.226	18.483
5	—	—	—	—	0	1.569	0	21.606	26.863
6	—	—	—	—	—	0	0	20.037	22.294
7	—	—	—	—	—	—	0	0	0
8	—	—	—	—	—	—	—	0	22.57
9	—	—	—	—	—	—	—	—	0

 K_{mn}

表 21.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.62224	2.13574	0.7824	0.8844	0.90642	0.96117	0	1.1159	1.3593
2	—	2.81763	0.97166	1.1082	1.13478	1.20826	0	1.4294	1.7646
3	—	—	0.95832	0.98538	1.0202	1.0328	0	0.93308	0.90412
4	—	—	—	1.01971	1.05504	1.0715	0	0.98823	0.98015
5	—	—	—	—	1.09167	1.1083	0	1.0198	1.0089
6	—	—	—	—	—	1.1127	0	1.0481	1.0489
7	—	—	—	—	—	—	0	0	0
8	—	—	—	—	—	—	—	1.10360	1.10397
9	—	—	—	—	—	—	—	—	1.2453

 H_{mn}

表 22.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0.0975	-0.9708	-0.9338	-0.9743	-0.9511	0	-0.6599	-0.4154
2	—	0	-1.3251	-1.2826	-1.3372	-1.30997	0	-0.9358	-0.6285
3	—	—	0	0.07892	0.07255	0.1165	0	0.3496	0.6131
4	—	—	—	0	-0.0094	0.03475	0	0.2826	0.5560
5	—	—	—	—	0	0.04586	0	0.3015	0.5843
6	—	—	—	—	—	0	0	0.2633	0.55086
7	—	—	—	—	—	—	0	0	0
8	—	—	—	—	—	—	—	0	0.2672
9	—	—	—	—	—	—	—	—	0

 A_{mn}

表 23.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.05001	-0.0930	-0.0412	-0.0443	-0.0487	-0.05278	—	-0.01152	-0.02168
2	—	0	-0.00884	-0.0294	-0.03421	-0.03787	—	-0.05112	-0.04564
3	—	—	0.2308	-0.0351	-0.04005	-0.04177	—	-0.04186	-0.04564
4	—	—	—	0.03977	-0.00596	-0.00734	—	-0.04177	-0.0469
5	—	—	—	—	0.0193	0.01829	—	-0.0468	-0.0520
6	—	—	—	—	—	0.05219	—	-0.0494	-0.0553
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	0.0233	0.00646
9	—	—	—	—	—	—	—	—	0.00028

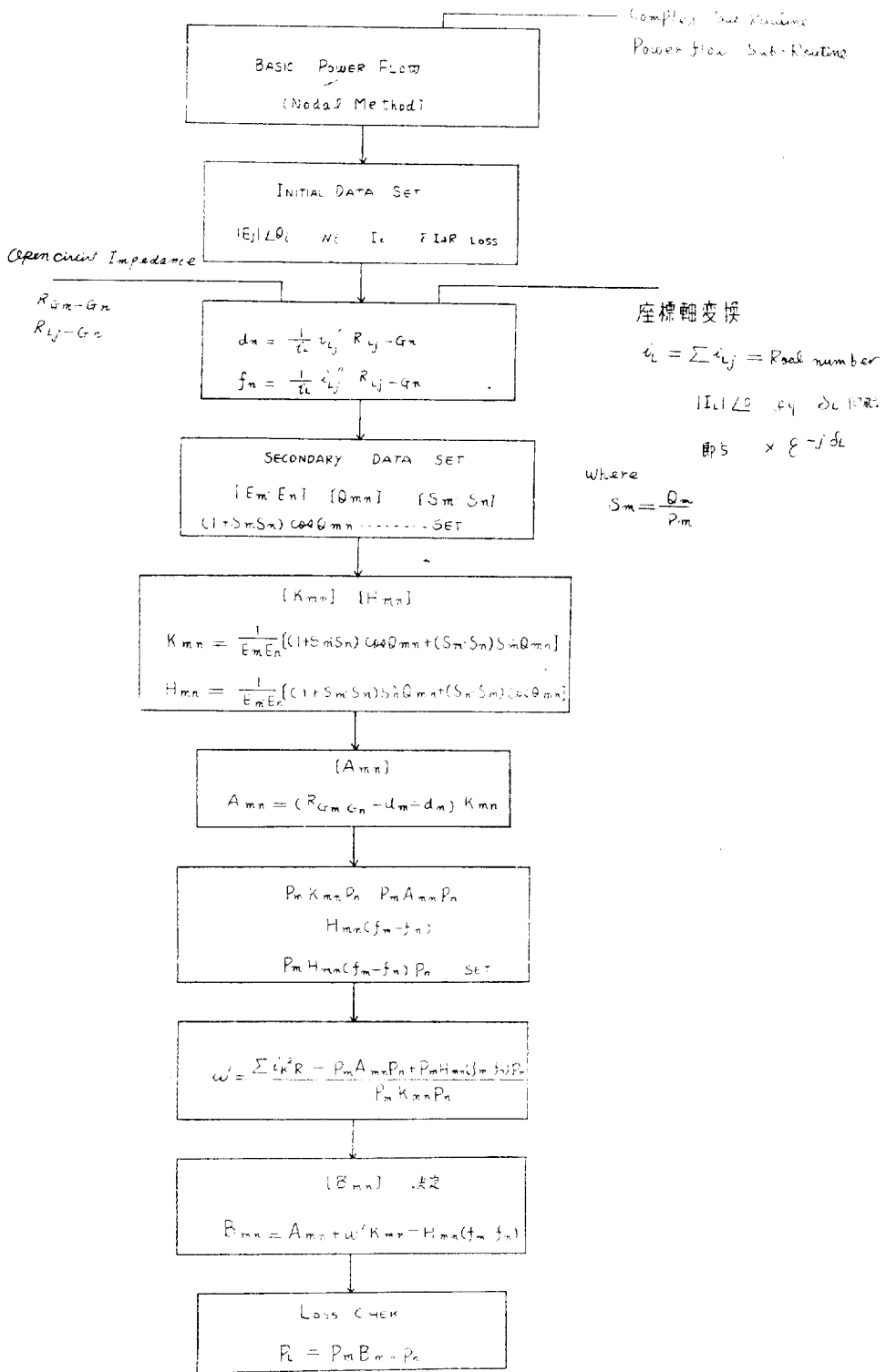


그림 1.

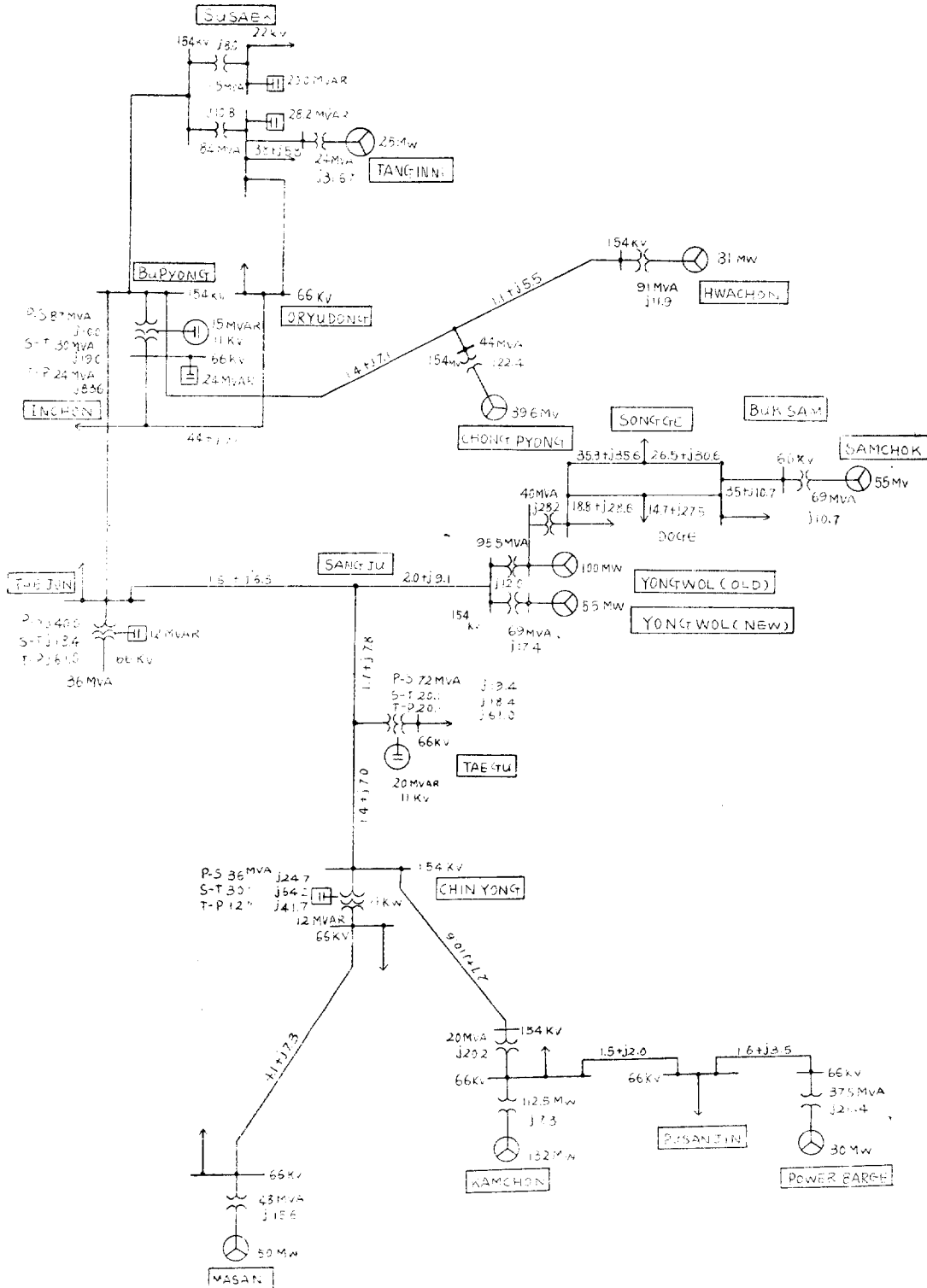


그림 2. Korean power system impedance diagram

- Note 1. Number in red shows load
- 2. all impedances are in % on 100 MVA base

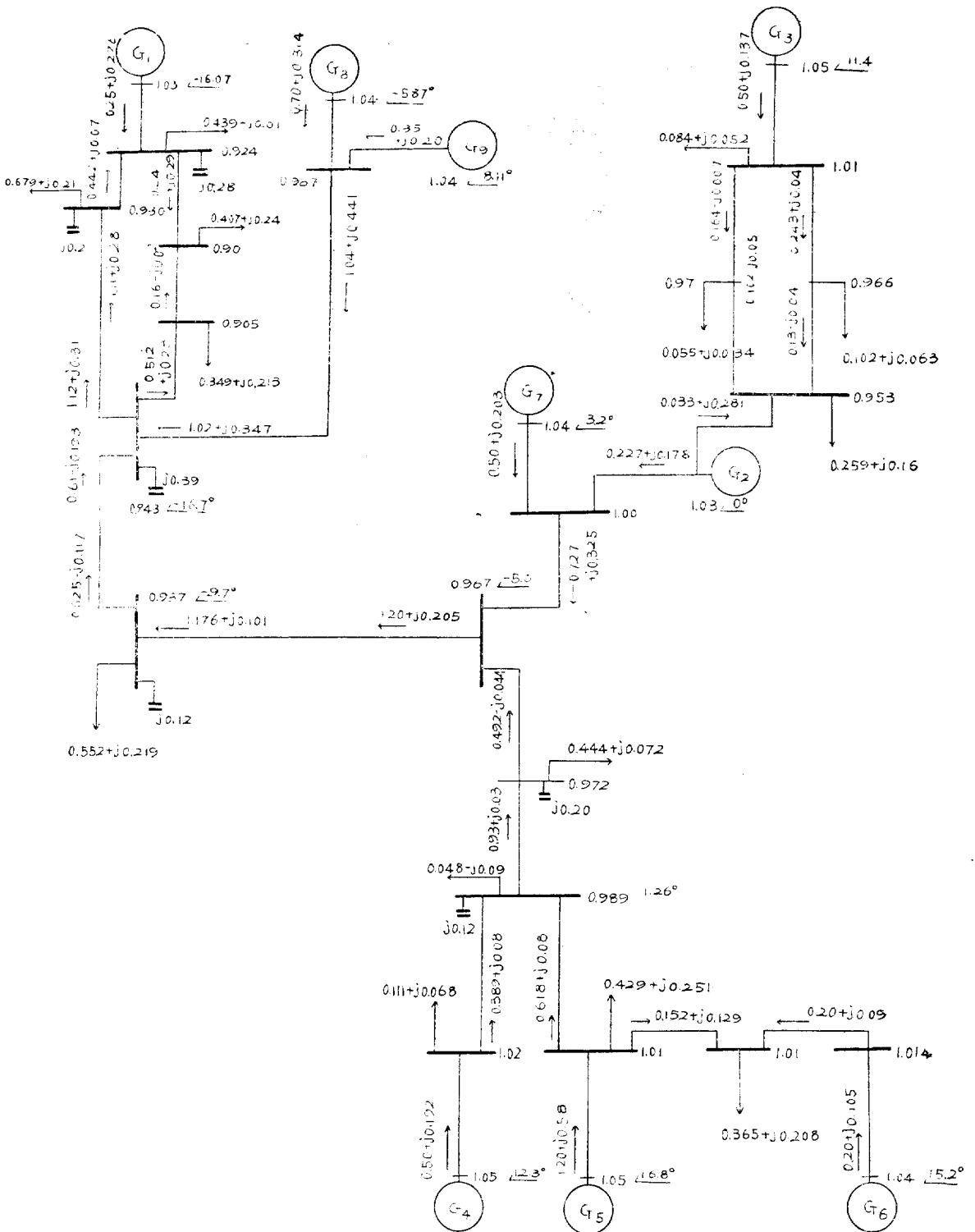


그림 3. Basic power flow(PU)
 (case 1) system loss(total power)
 $\sum i_R^2 P_R = 16.9072 \text{ MW} = 4.0\% \text{ of total power}$

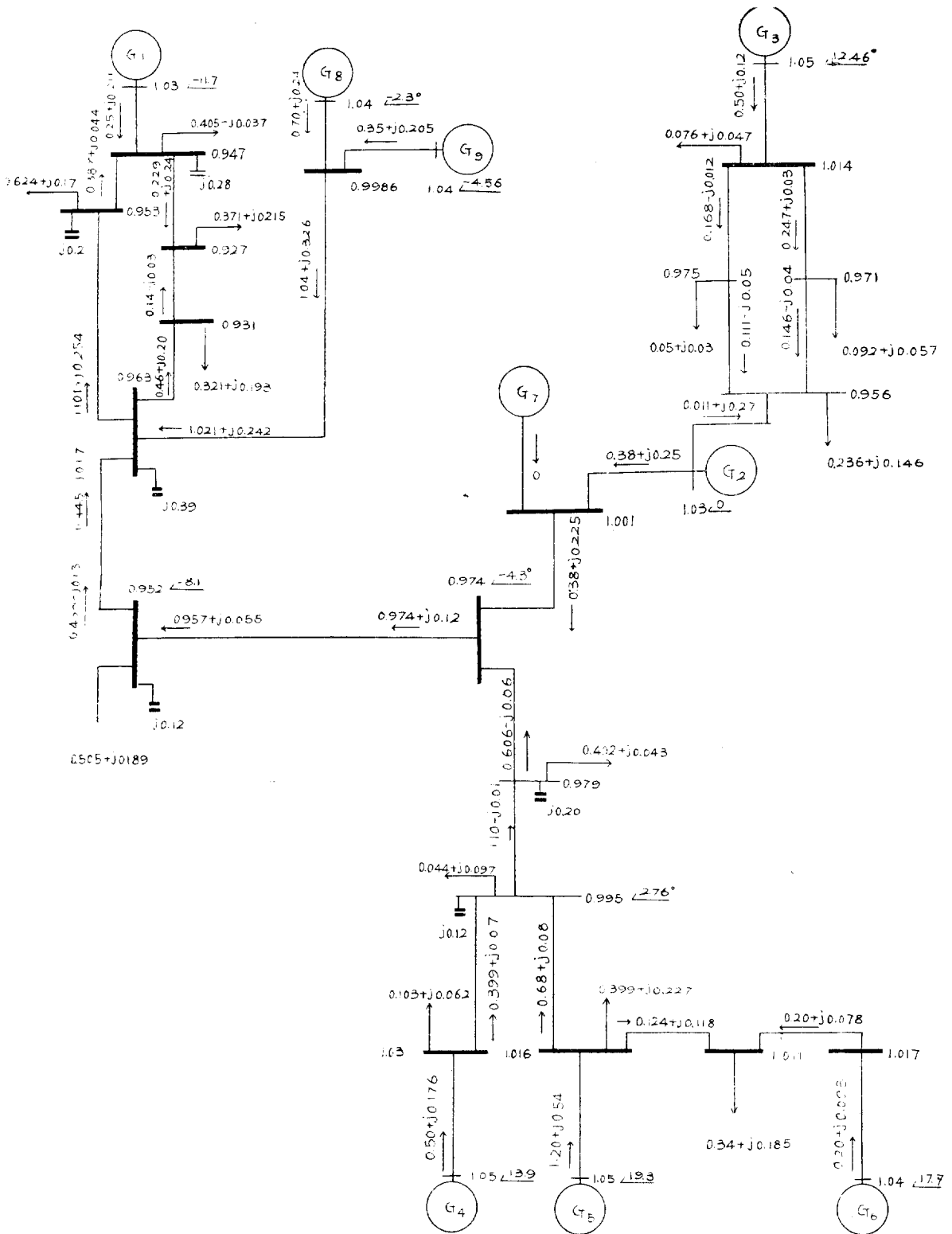


그림 4 Basic power flow(case 2)
 system loss $\sum I^2 R = 14.4356 \text{ MW} = 3.6\%$ of total power

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0.00067	-0.0102	-0.0082	0.0106	-0.01095	---	-0.00335	-0.00036
2	---	0	-0.00487	-0.00246	-0.00536	-0.0061	---	0.00168	0.0038
3	---	---	0	-0.00014	0.00002	0.000113	---	-0.00191	-0.00593
4	---	---	---	0	-0.00002	0.000095	---	-0.00105	-0.0044
5	---	---	---	---	0	0.00003	---	0.0017	-0.0058
6	---	---	---	---	---	0	---	-0.0017	-0.0059
7	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	---	---	---	0	-0.00112
9	---	---	---	---	---	---	---	---	0

	1	2	3	4	5	6	8	9
1	0.0933	-0.0367	-0.01008	-0.01246	-0.01390	-0.01617	0.02161	0.01497
2	-0.0367	0.07522	0.02198	0.00268	0.00144	0.00047	-0.0146	-0.0297
3	-0.01008	0.02198	0.2564	-0.0086	-0.0128	-0.0143	-0.0150	-0.0156
4	-0.01246	0.00268	-0.0086	0.6670	0.0222	0.02117	-0.0143	-0.0164
5	-0.01390	0.00014	-0.0128	0.0222	0.0485	0.0478	-0.0178	-0.0192
6	-0.01617	0.00047	-0.0143	0.02117	0.0478	0.08228	-0.0197	-0.0214
8	-0.02161	-0.0146	-0.0150	-0.0143	-0.0178	-0.0197	0.0509	0.0371
9	0.01497	-0.0297	-0.0156	-0.0164	-0.0192	-0.0214	0.0371	0.03353

$P_L = P_m B_{mn} P_n = 0.1443559$

Case 2

$K_{mm} P_n$

4.5495	5.8169	3.9137	4.1343	4.2678	4.3803
4.2983	4.548				

$P_m K_{mm} P_n$

17.8486

$A_{mm} P_n$

-0.1488	-0.15176	-0.01687	-0.07366	-0.07181
-0.07316	-0.1107	-0.1471		

$P_m A_{mn} P_n$

-0.36698

$H_{mn}(f_m - f_n) P_n$

-0.02626	-0.00863	-0.00777	-0.00530	-0.00786
-0.00806	-0.00451	-0.01280		

$P_m H_{mn}(f_m - f_n) P_n$

-0.034843

$\omega = \frac{\sum ik^2 R - P_m A_{mn} P_n - P_m H_{mn}(f_m - f_n) P_n}{P_m K_{mm} P_n} = 0.026697$

電氣主任技術者 資格檢定 (2月 15日까지 申請書 接受)

商工部는 65年度 電氣主任技術者 資格銓衡檢定을 爲한 資格認定申請書를 오는 2月 15日까지 電氣局 電政課에서 接受한다. 1·2級으로 區分하여 資格認定을 하게 되는 同主任技術者는 筆記考試 없이 申請書를 接受後 書類 銓衡을 끝낸 다음 2月 25日 1次 合格者를 發表하고 翌 26日 韓電講堂에서 口述試驗을 行한다.

申請資格은 62年 3月 27日 以前 各級 學校를 卒業하고 相當한 經歷이 있는 者로서 ① 舊大學에 依한 大學工學部 또는 同等 以上의 學校 및 現教育法

에 依한 工科大學 및 同等 以上의 學校에서 電氣工學을 專攻한 者는 1級 ② 舊 專門學校 및 同等 以上의 學校 또는 初級大學에서 電氣工學을 專攻한 者는 2級 ③ 外國의 學校에서 工科大學 또는 專門學校 및 初級大學에서 電氣工學을 專攻한 者는 1·2級の 資格을 申請할 수 있게 되어 있는데 資格認定申請書에 添付될 書類는 다음과 같다.

① 履歷書 ② 戶籍抄本 ③ 卒業證明書 ④ 寫眞 4枚. 但 履歷書의 經歷에 對하여는 關係 經歷證明書를 添付키로 되어 있다.