

1966年度에 있어서 韓國電力 系統의 潮流 問題

宋 吉 永*

1 緒 言

本文은 1966年度에 있어서의 韓國電力系統의 電力潮流를 Digital Computer 를 利用하여 計算, 檢討한 것이다. 1966年은 電源開發 5個年 計劃의 最終 年度로서 이해 까지에 別表에서 보는 바와 같은 電源開發計劃 事業의 殆半이 完成되어 앞으로의 產業 發展을 爲해 굳건한 基礎를 닦는 意義 깊은 해가 될 것이다.

1965年 3月 現在 韓國電力系統의 全 發電設備 容量은 655 MW (可能出力 602 MW)에 達하고 있어, 前年度에 이어 繼續 無制限 送電을 可能케 하고 있다. 한편 66年度에 現在 推進中인 電源開發事業이 끝나면 表 1에 보는 바와 같이 全發電設備 容量이 水力 170 MW, 火力 505 MW 總計 675 MW (增加 可能出力을 包含하면 715 MW)이 이르게 된다. 또한 이해에 있어서의 電力需要도 最大 負荷가 送電端에서 621 MW에 達할 것이 豫想되고 있기 때문에 이에 따른 系統 電力의 需給關係, 系統 各地點에 있어서의 電壓分布, 특히 負荷 中心地인 서울地區에 있어서의 電壓維持 問題가 重要視되고 있다.

따라서 本 計算은 66年度에 豫想되는 몇가지 需要 電力에 따른 電壓維持 問題에 重點을 두고, 여기에 所要되는 調相設備의 運用을 檢討하고자 한 것이다. 計算에 使用한 各種 Data는 韓國電力株式會社 企劃部 技術調查課로 부터 提供받은 것이며 實際 計算은 早稻田大學 電子 計算機室의 NEAC 2203 計算機를 使用하여 實行되었다.

2. 系統 構成 및 運轉條件

그림 1은 1965年 3月 現在の 韓國電力系統 構成圖이며, 그림中의 數値는 各 線路의 Impedance 值 (% 值, 100,000 KVA, 154 KV Base)이다. 이로부터 알 수 있는 바와 같이 現在 系統은 크게 나누어 4個所의 水力發電所(華川, 春川, 淸平, 七寶)와 8個所의 火力發電所(唐人里, 三陟, 寧越新舊, 馬山, 甘川, 發電軛, 光州)로 送電端이 構成되고, 送電系統은 154 KV의 主幹線으로 西北 서울地區, 東北 江原道地區, 西南 湖南地區, 及 東南 嶺南 釜山地區의 各 負荷地區에 電力을 供給하고 있다.

이번 計算은 특히 豫想될 最大 負荷時에 있어서의 主要

*日本 早稻田大學 電力工學研究室 · 正會員

母線의 電壓分布에 重點을 두고 系統 運轉上의 여러가지 制限을 考慮하여 (특히 變壓器 Tap에 關함) 送電端으로서는 發電機 端子電壓 代身에 變壓器의 高壓側을 指定하였다.

따라서 그림 1의 各線路 impedance는 이들 變壓器의 Impedance를 省略한 것이다.

그림 2는 그림 1을 整理한 計算 系統의 接續圖이다. 여기에서 보는 바와 같이 整理된 系統 規模는 發電所 12 端子를 包含한 30 Bus, 30 Branch 이다.

今般 潮流 計算에 使用한 發電計劃 및 負荷想定值는 表 1과 表 2와 같다. 다만 여기에는 다음과 같은 몇가지 假定을 包含 하고 있다.

註 1. 華川, 春川, 淸平地域 負荷는 同地區 發電出力에서 減.

電岩出力은 七寶에 合稱.

寶城出力은 光州負荷에서 減.

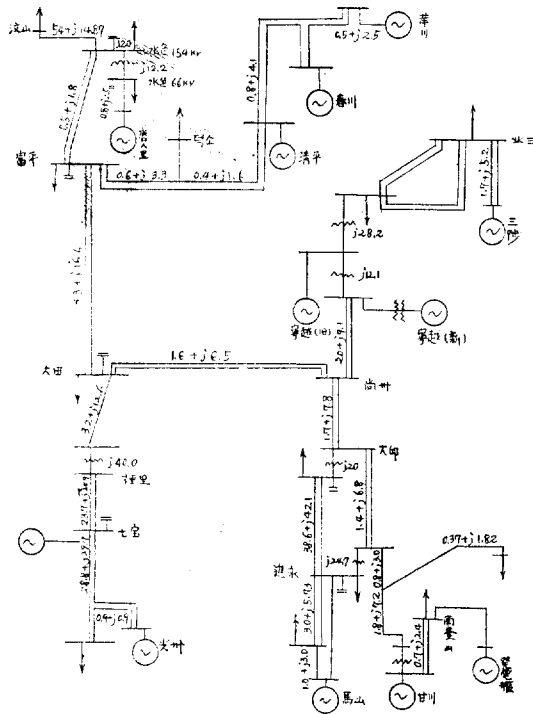


그림 1. 韓國電力系統圖
(Impedance(%) Based on 100 MVA, 154 KV)

槐山은 寧越負荷에서 減.
 木浦 出力은 光州負荷에서 減.
 往十里 出力은 水色 66 KV에서 減.

註 2. 調相設備 容量은 아래와 같다.

水色變電所	66 KV bus	29 MVAR (SC)
	154 KV bus	20 MVAR (SC)
富平變電所		39 MVAR (SC 24, RC 15)
大田 //		12 MVAR (SC)
大邱 //		20 MVAR (RC)
七寶 //		12 MVAR (SC)
進永 //		12 MVAR (SC)

* SC : Static Condenser
 * RC : Rotary Condenser

註 3. 實際 計算時엔 表 1의 發電所 計劃의 出力量中 火力 發電所는 所內 消費電力으로 約 7%를 控除하였다.

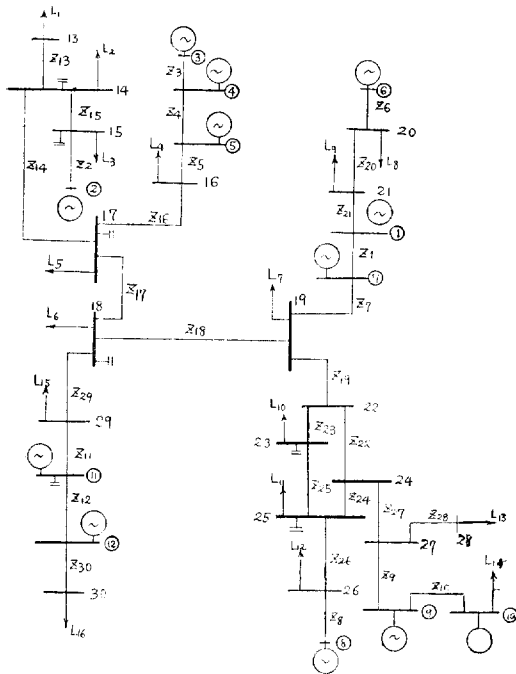


그림 2. 計算 系統 接續圖

表 1. 發電 計劃表

華川	川	50.0 MW (20.0)※
淸平	平	40.0
七寶	寶	28.0
雲岩	岩	2.0
槐山	山	2.0
寶城	城	3.0

春川	45.0	(12.0)※
水 力 計		170.0 MW (32.0)※
寧越(新)	110.0 MW	
寧越(舊)	75.0	
唐人里	27.0	
馬山	54.0	
三陟	60.0	
發電艦	30.0	
釜山	132.0	
往十里	9.0	(4.0)※
木浦		(4.0)※
光州	8.0	
火 力 計		505.0 MW (8.0)※
總 計		675.0 MW (40.0)※

表 2. 需要想定表

	CASE.1※	CASE.2※	CASE.3※
※ 西北地區	273.0MW	264.0MW	255.0MW
華川	2.0	2.0	2.0
汶山	8.0	8.0	8.0
水色(154KV)	80.0	78.0	76.0
(66KV)	78.0	76.0	74.0
덕소	30.0	25.0	20.0
富平	75.0	75.0	75.0
	(PF,91.0%)	(PF,91.0%)	(PF,91.0%)
※ 西南地區	97.0MW	94.0MW	90.0MW
大田	35.0	34.0	33.0
	(PF,93.0%)	(93.0%)	(93.0%)
裡皇	29.0	28.0	26.0
光州	33.0	32.0	31.0
※ 東北地區	82.0MW	79.0MW	77.0MW
北三	25.0	23.0	22.0
寧越	57.0	56.0	55.0
※ 東南地區	169.0MW	163.0MW	158.0MW
尙州	10.0	9.0	9.0
大邱	54.0	51.0	50.0
進永	3.0	3.0	3.0
馬山	15.0	15.0	15.0
南釜山	77.0	75.0	71.0
鳴張	10.0	10.0	10.0
總 計	621.0MW	600.0MW	580.0MW

3. 計算 方法

計算은 일찌기 Digital Computer 用으로 製作한 Nodal Method Program 에 의거 하였다.*

* Digital Computer Solution of Power Flow Problems
by J.B Ward, H.W Hale TAIEE VOL. 75, 1956. pp 398~404

前述한 바와 같이 計算 統計이 30 Bus 30 Branch의 規模이였기 때문에 NEAC 2203 Basic Memory 2,000 Word가 거의 全部 計算에 所要되었다.

計算 時間은 1分 30秒/每回로서 0.05% Error 以下の 收束에 約 60 Step의 反復計算이 所要되었다.**

(** IBM 7090 計算機...0.00005% 以下에 50~60 秒)

表 3 是 計算에 使用한 初期值의 一例이다. 本 計算에

서 變壓器 高壓側을 送電端으로 하였기 때문에 發電所가 直列로 接續된 몇곳에선 便宜上 發電所 設定値가 Pgs, Qgs로 되었다. (運轉 力率 85% or 80%)

註 * 前 表1 註에서 적은 바와 같이

往十里, 槐山, 寶城江 各 發電所와 出力을 同地區 負荷에서 減하였기 때문에 CASE 1, 2, 3의 負荷 最大値는 各 各 $\begin{pmatrix} 621-13=608\text{MW} \\ 600-13=587\text{MW} \\ 580-13=567\text{MW} \end{pmatrix}$ 가 되었다.

表 3. 初期 設定值 CASE 1-1

Node	1 Es ₁ (pu)	∠δ°	Ps(MW)	Qs(MVAR)	備 考
1	1.03	0°			Swing Generator Pg≤80MW
2	1.0		25.0		
3	1.05		50.0		Dry Peak 50MW, Wet Peak 70MW
4			45.0	27.9	運轉力率 85%, 增加 可能出力 57MW
5			40.0	24.8	// //
6	1.05		56.0		
7	1.04		103.0		
8	1.05		50.0		
9	1.05		123.0		
10			- 49.0	- 30.2	釜山; Gen 28+j16.5 Load 77+j 46.7
11			30.0	30.0	七寶; SC 12MVAR in, 雲岩 出力 舍
12	1.00		8.0		
13			- 8.0	- 5.0	
14			- 80.0	- 33.8	SC, 20MVAR in (L=80+j 53.8)
15			- 69.0	- 13.0	往十里 出力考慮 (9.0MW) SC, 29MVAR 舍
16			- 30.0	- 18.6	(L=78+j 47.3)
17			- 75.0	+ 4.8	SC, 39MVAR 舍 (L=75+j 34.2)
18			- 35.0	- 1.8	SC, 12MVAR (L=35+j 13.8)
19			- 10.0	- 6.2	
20			- 25.0	- 15.5	
21			- 57.0	- 35.3	
22			0	0	中間 分岐點
23			- 54.0	- 13.5	SC, 20MVAR 舍 (L=54+j 33.5)
24			0	0	中間 分岐點
25			- 3.0	+ 10.1	SC, 12MVAR 舍 (L= 3+j 1.9)
26			- 15.0	- 9.3	
27			0	0	中間 分岐點
28			- 10.0	- 6.2	
29			- 29.0	- 18.0	
30			- 31.0	- 19.3	寶城 出力(2MW)考慮 L=33+j 20.5

4. 計算結果 및 檢討

1966年度에 있어서의 몇가지 想定 負荷에 對한 潮流를 下記와 같은 順序로 計算 檢討 하였다.

CASE 1-1 ~2 -Dry Peak時 現 調相設備에 依한 基本 潮流

CASE 1-3 ~8 - Dry Peak時 SC 20 MVAR 增設(水色 66 KV) 唐人里 運轉 電壓 變化

CASE 1-9 ~16-//SC 所要 增設量의 檢討

CASE 1-17~18-Wet Peak時 基本 潮流

CASE 1-19——Dry Peak時 淸平 停止時

CASE 1-20——Wet Peak

CASE 2-1~3—Dry Peak時 想定負荷 CASE 2에 關한 基本 潮流 및 SC 増設

CASE 2-4 ——Wet Peak時 淸平 停止

CASE 3-1~3—Dry Peak時 想定負荷 CASE 3에 關한 基本 潮流 및 SC 増設에 關한 檢討

CASE A~F——Dry peak時 想定負荷 CASE 1에 關하여 唐人里 出力 變動에 따른 潮流 狀態의 檢討

附圖 1~3은 代表的인 各 CASE의 基本 潮流圖이다. 以上の 計算結果 밝혀진 點을 整理하면 다음과 같다.

(1) 電力需給 關係

系統 設備容量 675 MW (增加出力 考慮면 715 MW)

想定負荷 Case 1 621 MW

Case 2 600 //

Case 3 580 //

특히 Case 1에 着眼하여 보면

西北 서울地區 負荷 270 MW에 對하여 漢江系 水力 計 100~110 MW 정도로서 結局 寧越, 釜山에서의 潮流가 恒時 尙州—大田線路에 170 MW 가가이 흐르고 있다.

이때 各 發電所 出力을 定格値에 設定(固定)하고 寧越(舊) 火力을 Swing Generator (調整用)로 하고 있는데 이것이 平均 60 MW 內外가 되고 있다.

寧越(舊) 定格이 75 MW 인데 다시 여기서 所間 消費 電力分을 考慮하면 거의 餘裕가 없는 運轉狀態라 하겠다.

華川, 春川을 各各 70 MW, 57 MW로 한 Wet Peak (豐水期) 時에 있어서도 尙州—大田에 160 MW, 寧越(舊) 56 MW로 큰 變化가 없다.

이러한 運轉狀態에서 唐人里 發電所 出力을 定格值 (Dry Peak)에서 出力 0에 까지 漸減 시킨 경우를 살펴 보았는데 (그림 3 參照) 간신히 寧越(舊) 火力의 最大 出力 增加로 需給의 均衡을 維持할 정도이었다. 이때 常州—大田間 潮流는 約 180 MW 이다.

한편 北漢江系 水力의 出力 減少의 例로서 淸平發電所 停止時를 檢討하였는데 이 때는 寧越(舊) 火力이 90 MW 가가이 出力增加가 要求되어 現 設備로는 需給이 困難한 結果를 보이고 있다. (Dry Peak, Wet Peak時)

Case 2, Case 3은 Case 1과 比較하여 各各 20 MW, 40 MW 정도 負荷가 적기 때문에 問題는 어느 정도 裕度를 가지게 되고 있다.

(2) 電壓分布 關係

各 負荷 Case에 對하여 發電機 運轉 電壓을 變壓器 高壓側에서 上限值를 維持한다는 條件에서 計算하였는데

計算結果에 있어서는 各 點의 電壓分布가 別로 떨어져 있지 않고 있다.

汶山	basic	0.94 以上
水色	154 kv	0.95 //
	66 kv	0.97 //
富平		0.96 //

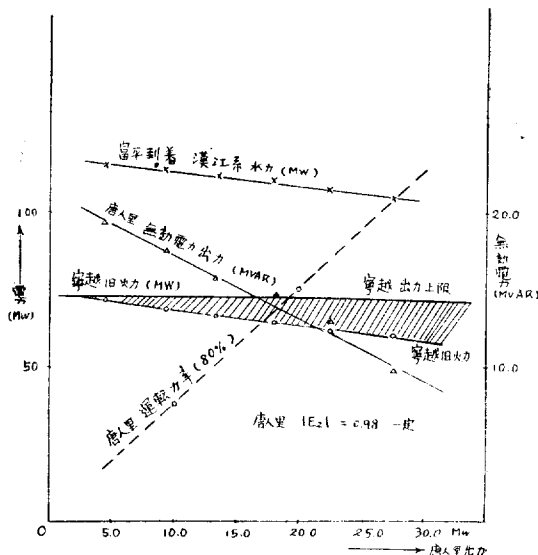


그림 3. 唐人里 出力 變動에 따른 運轉狀態

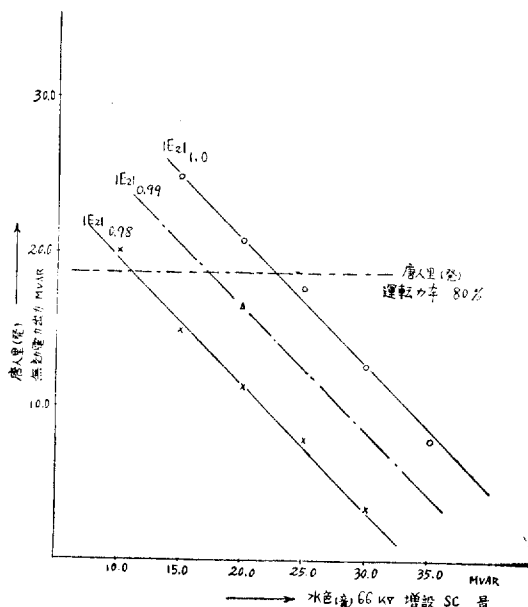


그림 4. 水色 變電所 (66 KV)에 増設 SC 容量과 唐人里 Qg 와의 關係

(3) 無効電力의 需給 關係

各發電所 運轉 力率을 Lagging 80%까지 넓혀서 보았으나 總體의 으로 보아 供給力이 若干 不足한 結果이다.

其中 馬山, 甘川 發電出力이 運電電壓에서 오는 制限과 (1.05 以下) 系統構成 關係로 定格容量 以下로 比較的 낮은 傾向에 있다.

그 結果 嶺南地區로 부터의 無効電力 潮流가 有效電力과 함께 流入 되지 않고 오히려 寧越의 無効電力 潮流가 尙州에서 同地區로 相當히 分岐되고 있다.

따라서 全體 Case를 通하여 尙州-大田線路을 無効電力 潮流는 거이 없다고 할 程度이었다.

有效電力潮流와 달라 火力發電所群의 無効電力의 供給이 期待되지 않는 以上 서울地區에 있어서의 無効電力 需給關係가 相當히 어려운 結果에 이르고 있다.

특히 이러한 影響이 唐人里火力發電所에 미쳐 同發電所의 無効電力 出力이 現 調相設備만으로 是 過大하여져서 P, Q 均衡이 잡히지 않을 것이 豫想되고 있다.

③ 負荷地點에서의 無効電力源 確保

의 새가지를 생각할 수 있으나 이 中 前① ②項은 運轉電壓值의 制限等으로 그 效果가 別로 期待 되지 않았다.

따라서 今般 檢討 內容에 있어서도 主로 第③項의 無効電力源의 確保에 焦點을 두고 檢討되었다. 첫째 無効電力源의 增設 個所로서 a) 富平變電所 b) 水色 145KV 母線 c) 水色 66KV 母線의 3 個所가 생각되는데 計算結果 이 中에서 唐人里 火力發電所와 近接한 水色變電所 66KV 母線이 第一 그 設置 效果가 컸기때문에 여기에 增設을 假定하고 各 Case 및 唐人里 運轉 電壓과의 關聯에서 그 設置容量을 檢討 하였다.

그 結果 唐人里 運轉電壓을 1.0(PU)로 設定하면 平均 20.0 MVAR의 增設量이 所要되나 이것을 0.98(PU) 정도 까지 低下 시킬수 있을 때엔 SC 增設量을 5.0~10.0 MVAR 정도 더 輕減시킬 수 있다는 結論을 내릴 수 있다. (그림 4, 그림 5 參照)

5. 結 論

以上으로 1966 年度에 있어 想定되는 몇가지 負荷狀態에 對한 電力潮流 問題를 특히 서울地區에 있어서의 電壓分布와 無効電力源의 確保에 重點을 두고 檢討 하였다.

다만 여기에서 檢討된것은 어디까지나 앞으로 豫想될 負荷에 對한 無効電力需給의 均衡을 가지기 爲한 問題에 限한 것이다.

萬若 앞으로 더 한층 幅 있는 系統電壓 調整을 期하거나 또는 送電損失 輕減에 의한 合理的인 系統運用을 目標로 할 때엔, 더욱 더 많은 無効電力源의 增設이 必要하다는 것은 새삼스러히 말할 必要가 없을 것이다.

한편 이들 潮流計算에서 本 運轉狀態 以外로 系統의 送電容量이나 運轉極限 狀態에 對하여 別途로 檢討할 必要가 있을 것이다.

특히 尙州-大田 線路의 役割이 重大하며 現 運轉狀態로보아 이 線路의 信賴度가 특히 重要하다고 보겠다.

이 問題에 關하여는 다음 機會를 보아 Stability의 觀點에서 새로히 檢討하고자 하는 바이다.

끝으로 이번 潮流計算에 있어 여러가지로 指導와 敎示를 주신 韓國電力株式會社 金善集 常務任과 成樂正 技術調査課長, 早大 埴野一郎教授에게 謹히 感謝를 드린다.

(1965年 6月 9日 接受)

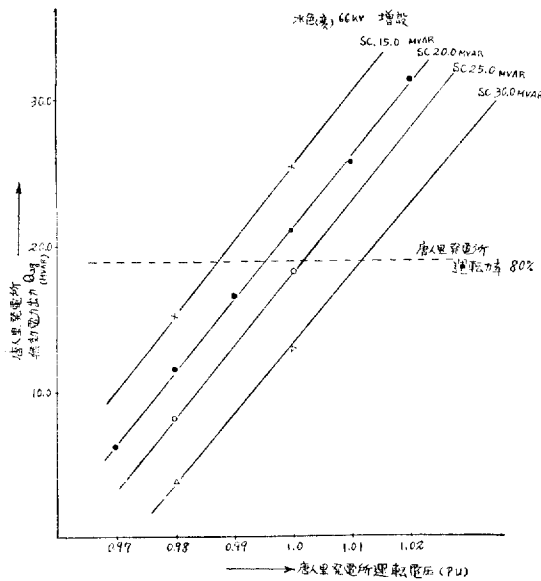
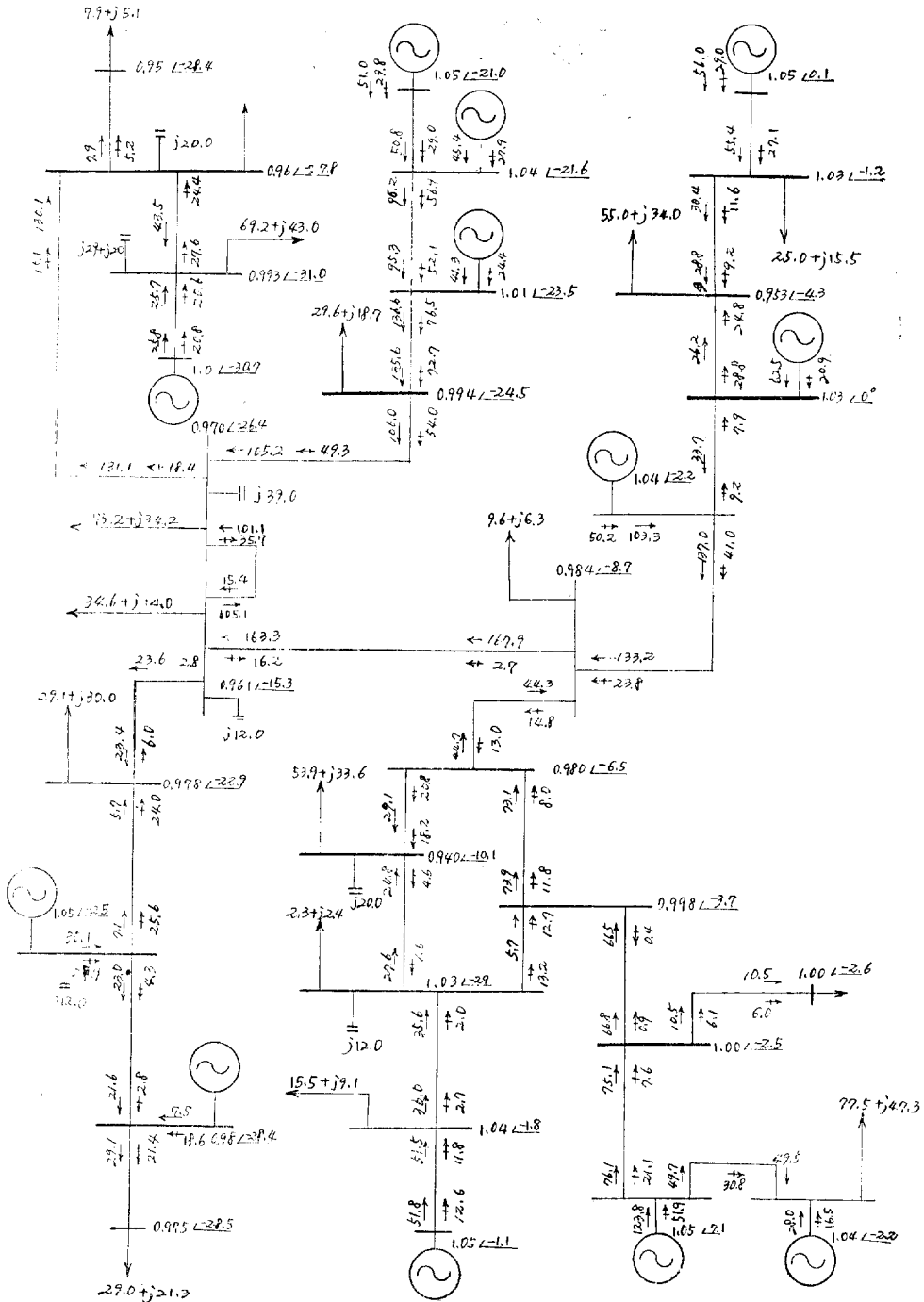


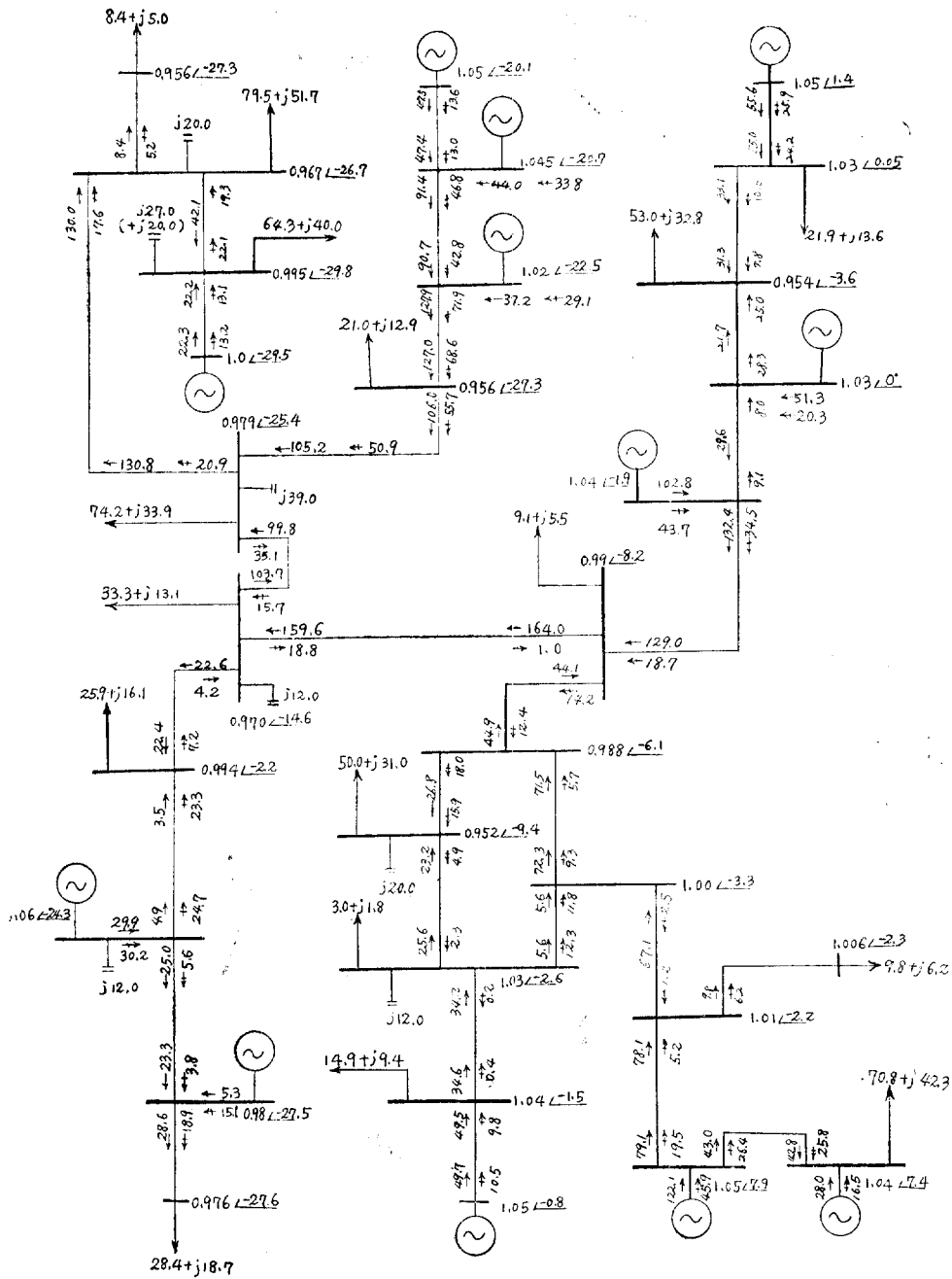
그림 5. 唐人里(發) 運轉 電壓值와 無効電力 出力 間的 關係

이러한 P, Q 均衡을 바로 잡기 爲한 對策으로

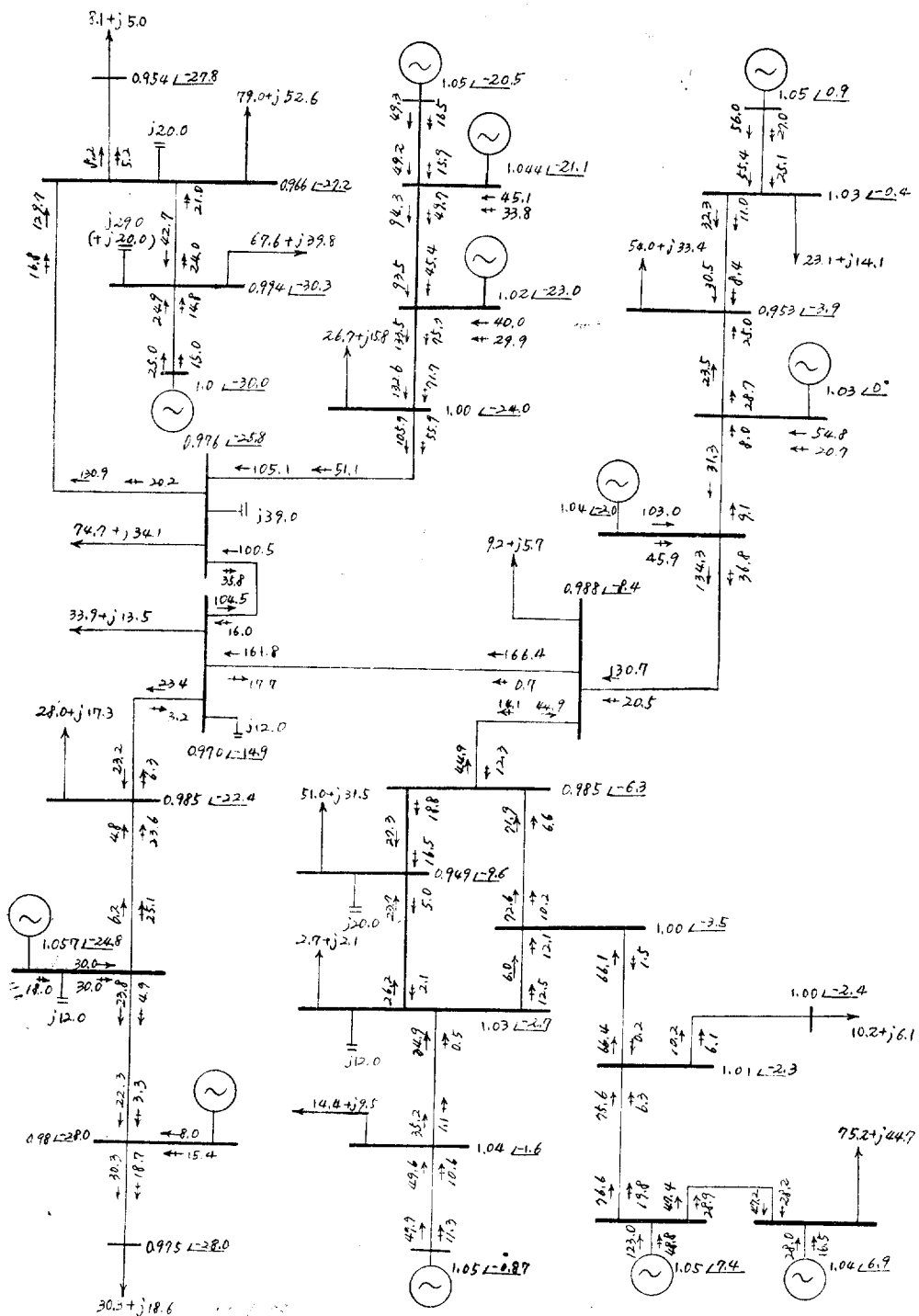
- ① 北漢江系 水力發電所에서의 無効電力 增加
- ② 火力發電所 (馬山, 甘川, 寧越) // //



附圖 1. Load Flow Case 1~3
 (Load Pattern Case 1, 水色 66KV SC 20.0MVAR 増設)



附圖 2. Load Flow Case 2~2
 (Load 想定 Case 2, 水色 66 KV SC 20.0 MVAR 増設)



附圖 3. Load Flow Case 3~2

(Load 想定 Case 3, 水色 66 KV, SC 20.0 MVAR 増設)