

第一表 불럭線圖의 기호—括表
(陰性記號도 포함)

海 外 論 抄

1. 教 育
2. 電氣物理
3. 回路理論
4. 電氣測定
5. 電子回路
6. 電氣機器
7. 電 力
8. 照 明
9. 電氣鐵道
10. 電氣通信
11. 電氣材料
12. 電力應用
13. 自動制御
14. 計 算 機
15. 原 子 力
16. 기 타

2. 1 불럭선도의 작성방법과 아나로그씨유레이션

(日本電氣學會誌, 1967年 3月號. p. 613)

불럭線圖의 作成方法과 그의 아나로그 씨유레이션에 대한 응용

불럭線圖는 信號流線圖(Signal-flow-graph)와 더불어 自動制御系와 복잡한 계통의 信號傳達기구를 表示하는 데에 사용되며, 또 아나로그 계산기에 의한 씨유레이션 혹은 해석에 有効하게 利用되고 있다.

그러나 從來의 불럭線圖는 복잡한 回路에 對한 各信號들의 方向을 잡는데 있어 어려운 點이 많으므로, 從來 사용되어 오던 기호(Symbol) 외에 間接적인 關係 내지 陰函數의인 關係를 나타내는 기호를 도입해서 信號의 方向反轉에 관한 法則을 사용함으로써 복잡한 계통에 對해서도 쉽게 系統的인 불럭線圖를 作圖할 수 있게 하는 方法이 있다.

이 方法에 의한 불럭線圖는 아나로그 계산기에 씨유레이트 할 때에 有効하게 응용할 수 있다.

表1에서는 從來에 사용되어 오던 기호에 새로 定한 개량된 불럭線圖의 기호를 一覽적으로 表示한 것 이다. 이 表에서 새로 도입된 기호는 번호 1, 2, 4, 6, 9, 10번이다. 새로 도입된 기호를 그림1의 회로에 적용해 보면 그림2와 같다

9, 10번의 기호는 대응 수식과 같지 만 모든 各信號

구 분	번호	명칭 및 대응수식	기 호
신호 접속 기호	1	신 호 原	
	2	假의 信號원	
	3	出 力 信 号	
	4	假의 出力信號	
	5	信號의 分岐 x=y	
	6	信號의 평형 x=y	
연 加 算 法	7	加渡算 x-y+z=u	
	8	加渡算 -(x+y+z)=u	
	9	信號의 平형 x+y+z=0	
	10	信號의 分岐 y=x+z	
연 乘 算 法	11	미분연산 dx/dt=y	
	12	적분연산 xdt=y	
	13	선형연산 xf(s)=y	
	14	非직선函數 f(x)=y	
	15	逆致요소 1/x=y	
	16	乘 算 xy=z	

간의 關係를 陰函數의 으로 表示했다. 이와같은 기호를

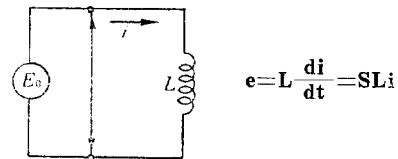
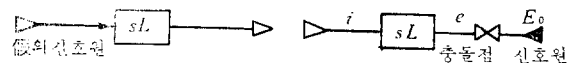


그림 1. 인덕탄스의 전압, 전류 關係



(a) 假의 信號원 및 (b) 총돌점 기호의 출력信號의 사용례. 사용례

그림 2. 假의 接續기호의 사용례

陰性기호 라 부른다. 이에 對해 信號간의 關係를 직접

적으로 나타내는 기호를 陽性기호라 한다.

위에서 말한 方法으로 불력線圖를 만들자면 먼저 그 系의 各部分 불력線圖를 作成해서 各 線圖間을 同一信號거리 연결한다. 이렇게 해서 구해진 線圖를 정상화 또는 등가변화시켜서 간단하게 만든다. 여기서 정상화란 陰性 變換을 포함한 불력線圖를 陽性의 기호로 바꾸기 위해 불력線圖에 등가변換을 하는 것을 말한다.

이러한 불력線圖 作圖法의 실용상의 目的의 하나는 애나로그 계산기에 의한 씨퓨레이션에 응용하는 것이다. 이러한 씨퓨레이션은 어떤 系의 現象을 解析하는 것 보다 그 실제에 重點을 두며 특히 非線型系에 대해 중요하다.

불력線圖를 애나로그 계산기로 씨퓨레이션하자면, 연산회로로 바뀌어야 하는데, 원래 연산회로로는 回路의 구조도 즉 결선도인 반면, 불력線圖는 信號圖라 할 수 있어서, 양자는 본질적으로 다르다. 실용상으로는 어떤 系에서 구해진 불력線圖를 適當한 제단을 거쳐 信號流線圖로 變換시켜 정리해서 그 結果에 의해 연산회로도를 作成하는 것이 효과적이다.

(梁興錫委員 抄)

2. 2 “美國에 있어서 將次的 700~1000KV 超高压送電線

(1964年 3月 OHM 誌에서)

美國에서는 每年增加一路에 있는 電力需要에 對備하여 送電電壓도 漸次的으로 上昇된다. 따라서 1990年頃에는 現在の 345KV 送電系統은 700KV로, 500KV 送電系統은 1,000KV로 上昇이 豫想된다는 Ph. Sporn氏를 中心으로하는 AEP group의 研究論文의 概要를 紹介하고자한다. 美國의 電力需用은 1920년에 400億 KWh의 電力消費量이 1960년에는 7,530億 KWh로서 40年間に 約20倍(年平均 7.65%)의 增加를 나타내고 있다. 2000년까지의 40年間에는 이와 똑같은 比率의 增加는 생각할수는 없다 할지라도 經濟發展과 人口增加의 傾向 때문에 Emergency 需用에 對한 要求는 增大되어 6兆 kwh의 發電電力量(1960年の 約 8倍)에 判達할 것이 豫想된다. 超高压送電에 對한 今後的의 要求는 이러한 負荷의 增大問題外에 負荷의 發展狀況 發電設備의 擴張形態 燃料의 經濟性 送電線用地問題(資金面과 社會上의 制限)送電系統의 擴大에 依의 經濟上의 利益 등을 充分히 考慮하여 決定하지 않으면 않된다. 美國의 電力系統의 現狀을 보면 電力事業의 形態에 起因하는點도 크나 埋藏燃料가 各地에 分散하고있는 關係로 單純히 長距離送電을 目的으로하여 超高压送電이 發展하는 例는 드물다. 事實上 1952년부터 實施되고있는 345KV 送電은 高度로 連繫되

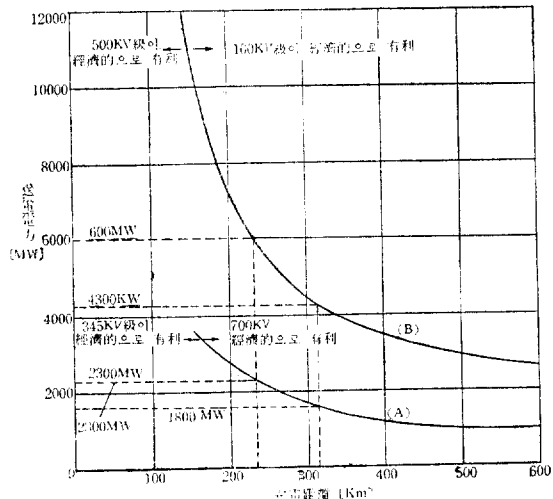
系統으로서 人口密度가 크고 또 産業이 發達한 中央北部에 發展하고있고 約 200~300KM의 送電距離에서도 大容量의 送電을 能率 좋게 그리고 信賴性 높게 實施하고 있으며 또 人口密度가 높은 地域에서는 送電線의 Route 數를 短縮할것을 目的으로하고 있다. 그리고 1965年 運轉開始한 東北部의 500KV 送電도 345KV 送電과 大同小異한 實情이다. 따라서 西紀2000년까지 사이에 한층더 높은 電壓의 送電은 必要할 것인지 如否는 長距離 送電

第 1 表

年代	送電電壓 KV	送電容量 MW	系統負荷 MW	最大發電設備容量 MW	所最大發電機容量 MW	D/C	E/C	F/C
A	B	C	D	E	F	G	H	I
1952	138	80	2,899	600	150	36.2	7.5	1.87
1952	345	625	2,899	600	150	4.5	0.96	0.24
1963	345	625	6,700	1,100	500	10.7	1.76	0.8
1975	345	625	14,000	2,500	800	22.4	4.0	1.28
1975	700	3,140	14,000	2,500	800	4.5	0.8	0.25
2000	700	3,140	42,500	5,000	1,500	13.5	1.6	0.48

※ 送電距離 240KM의 境遇를 表示한다.

을 目的으로 하는것보다 높은 電壓의 系統의 重疊에 依한다는 利點을 檢討하는것이 重要하다. 높은 電壓의 重疊을 必要로하는 時期의 系統負荷의 크기 線路送電容量 發電所 및 發電機單位容量間에는 大略 一貫된 相對的關係가 있으며 그것을 表示하면 第1表와 같다 또 700KV 送電의 重疊은 送電線用地의 點에서도 重要하며 1975年까지 이電壓을 採用하면 AEP系統에서 2000년까지 約 8,000KM의 送電線 Route가 節約된다. AEP系統은 1963年度에 있어 670萬KW의 負荷 年間 420億KWH의 發電電力量과 約 13萬KM²의 供給地域을 가졌고 送電距離는 160~320KM이다. 그러나 2,000年度の 發電電力量은 2,500~2,750億 KWH, 最大負荷는 4,250萬KW에 達할



第 1 圖 送電電力과 送電距離와의 關係

것을 豫想하고 1970~1980年間に 345KV 系統에 새로 700KV/765KV 系統을 重疊한 必要性을 結論지우고 있는 것이다. 345KV送電과 700KV送電의 經濟性檢討는 送電距離 및 送電電力이 變化할 境遇의 送電電力 1KW當의 送電費를 必要한 平行送電線, 中間開閉所 및 兩端의 變電設備로서 構成되는 單純한 送電系統으로서 比較檢討되었다. 第1圖(A)曲線은 이結果를 表示하는 것이다.

AEP系統과 같은 送電距離가 200~300KM의 境遇에 送電電力이 180~230KW 以上이되면 700KV 送電側이 345KV보다 經濟的이다. 따라서 345KV系에 700KV를 重疊하는 AEP系統의 時期推定에는 前記 第1表의 높은 電壓의 重疊이 必要로하는 時期에는 系統負荷의크기 送電容量 發電所의 設備容量間에는 一貫한 相對的關係가 보인다는 結果와 AEP系統에 對한 今後의 負荷豫想과 系統의 送電電力에對한 今後의 要求와 對應할수 있는 點에서 1972~1976年으로 判定되었다. 또 500KV送電系統에 1000KV를 重疊하는 經濟性檢討는 第1圖의 (A)曲線을 求할때와 같은 方法으로서 同圖(B)曲線을 求하였다. 따라서 送電距離 200~300KM인 系統이 500KV 送電보다 1,000KV送電이 經濟的인 送電電力은 430~600萬KW가된다. 그리고 500KV系統에 1000KV系統을 重疊하는 必要性이 생기는 時期는 1988~1996年사이라고 推定할수 있다. 끝으로 超高壓送電에 對한 現在의 技術을 基礎로 1,000KV 送電線設計上의 問題點으로서 系統의 開閉 Surge를 積極的으로 抑制해야하며 開閉 Surge의 倍數를 1.5~1.6倍로 抑制할 수 있다는 前提下에서 1,000KV 送電線의 絶緣은 標準碼子 45個連, 約 13.5~15m의 線間距離가 있으면 可하다고 되어있다.

(李在淑委員 抄)

2. 3 火力發電機器的 動向

(Recent Trend in Thermal power plant Equipment)

火力發電所의 商業用發電機로서 超臨界壓蒸氣가 採用된 것은 1953年에 着工되었던 美國의 philo 發電所가 最初이다.

이 發電所는 多分히 實驗的 성격을 가진 것으로 容量은 120MW에 過熱器出口의 蒸氣壓력과 溫度는 各各 5,000psig와 1,150°F로 設計되었다.

philo 超臨界壓發電所의 建設과 試運轉 初期에 부탁된 問題點과 더욱이 philo에 이어 着工한 Eddystone 325MW 2台(1954年, 56年), Avon 250MW(1955年), Breed 500MW(1956年), philip sporn 500MW(1956年)의 超臨界壓發電所에서 얻은 經驗은 火力發電 System에 超臨界

壓 plant가 얼마나 어려운 일인가를 알게되어 事實上 그 후 몇年 동안 超臨界壓發電所의 建設은 없었다.

그러나 이들 初期의 超臨界壓火力發電所가 商用運轉에 드러가고 여러가지 問題點에 對한 해결을 차츰 보게 되었으며 또한 火力發電所에 超臨界壓蒸氣를 使用하면 發電原價面에 有利한 것이라는 展望이 보이기 시작하자 火力發電所의 建設計劃은 거우 超臨界壓時代에 들어갔다고 볼수있게 되었다.

火力發電所의 unit容量은 漸次 增加하여 11年前인 1956年의 運轉中인 最大機는 260MW이 었지만 最近년에는 900MW의 TVA Bull Run 火力發電所가 試運轉에 들어가고 最近末에는 역시 900MW의 Keystone 第1號機가 運轉을 하였다.

unit容量이 커짐에 따라 設置되는 台數가 減少하여 美國에서는 1953年과 1954年을 peak로 하여 1958年부터 每年 줄어 들고 있으며 이것은 거이 世界的인 現象으로 나타나고 있다.

超臨界壓 boiler에는 貫流모이라(once through boiler)가 採用되며 本體設計는 그림 1에서 볼수 있는 바와 같

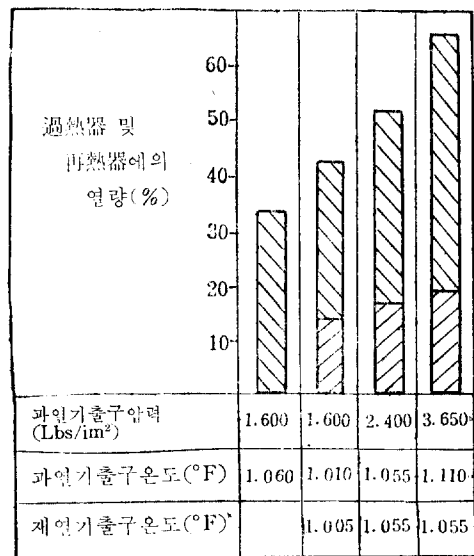


그림 1. 蒸氣狀態에 따른 보일러 吸收熱量分布

이 보일러의 給水를 沸騰시키는데 必要한 熱量보다 過熱器와 再熱器에 吸收되는 熱量이 더 커지므로 boiler設計에 큰 變化를 가져 오게 되었다.

超臨界壓火力 plant 가 初期에 부탁된 가장 큰 問題인 起動時에 發生하는 騒音은 超臨界壓 plant를 開發하는데 큰 障害가 되었다.

이 騒音의 原因은 起動할때 Super beater by-pass valve에 依하여 發生하는 것임으로 現在 새로운 設計에서는 Resistor tube를 併設하여 by-pass 시키므로써 해결을

全長	重量
600 FT 7 × 125,000 KW	10, lbs 12.2
150 FT 1.5 × 200,000 KW	7.8
210 FT 1 × 900,000 KW	6.2

그림 2. 909MW 터빈 發電機 比較

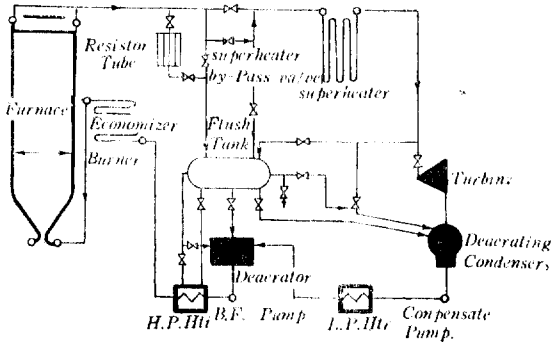


그림 3. 超臨界壓力 PLANT 起動 SYSTEM

모게 되었다

發電用 燕氣 turbine도 大形化됨에 따라 機器效率이 上昇하는 것은 勿論이고 機器의 重量과 機器가 차지하는 面積이 顯著하게 減少하게 되었다.

그림 2는 900MW를 1台 設置한 경우와 200MW를 4 台半, 125MW를 7台 設置한 경우의 機器의 重量比와 機器의 全長比를 比較한 것이다. 그림에서 알수있는 바와 같이 重量은 約 1/2, 全長은 約 40%로 되었다.

turbine의 形式은 450~750MW까지는 tandem compound type으로 설계되지만 그림 1이 되면 cross compound type이 된다.

超臨界壓燕氣用 turbine의 問題點은 機器의 大形化에 따른 構造上의 問題와 高壓高溫燕氣가 流入됨에 따른 材質上의 問題가 가장크다.

500, 600MW級 turbine의 低壓最終段의 blade 기리는 33.5inche에 達하고 있어 그와 같은 길 blade 開發이 커다란 課題이며 初段 blade에는 高溫高壓力에 견디는 材質로 Mo. W. V. 鋼이 이용되고 있으며 blade의 形狀은 亞臨界壓 turbine에 比해서 劇期的으로 革新된 設計가 必要하게 되었다.

發電機의 大容量化에 對하여는 回轉子에 中空 coil을 使用하여 水素 gas로 直接冷却하는 方法을 쓰기 시작한 지 이미 10년이 지났으며 中空 conductor의 設計도 每年 改良되어 冷却效率이 좋아지고 加工 cost도 싸지고 있다.

더우기 固定子液體冷却 방식이 數年前부터 實際運轉에 採用되어 發電機의 大容量化에 큰 進展을 모게 되었다.

發電設備에 있어 1964~1965年을 契機로 새로운 時代로 轉換되었다고 보는것은 火力發電에서 오랫동안 電力 業界가 미리던 超臨界壓蒸氣時代로 過渡하게 된것과 原子力發電도 商用發電時代에 돌입하고 있다는 點이다.
(金相演委員 抄)

2.4 電力系統의 經濟的 出力配分 問題의 媒介方程에 의 한 新解法

(A Parametric Equations Approach to the Economic Dispatch Problem, R.W. Long & J.R. Barrios, IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, Vol. Pas-86, No. 2, Feb., 1967)

電力系統의 經濟的 出力配分 問題를 從來에 主로 使用하던 Lagrange multiplier法에 依하지 아니하고, 다음과 같은 媒介方程式法(parametric equation method)으로 푸는 方法과 實例를 提示하였다. 即, 各 發電出力을 P_1, P_2, P_3 라 할 때, 負荷 L 의 一定한 경우, 等式 抑制條件(equality constraint)은

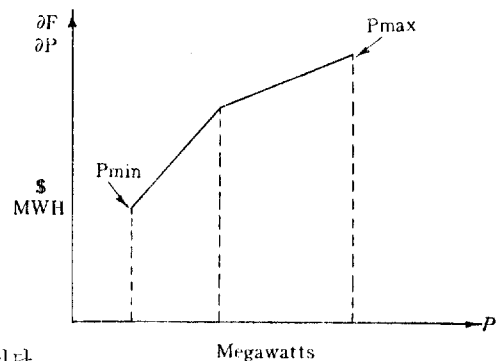
$$\phi = \text{總發電出力} - L - \text{損失} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

이며, 不等式 抑制條件(inequality constraints)은

$$P_{1min} \leq P_1 \leq P_{1max}$$

$$P_{2min} \leq P_2 \leq P_{2max}$$

$$P_{3min} \leq P_3 \leq P_{3max}$$



이다.

그런데 損失을 B 定數에 의하여 表示하면,

$$\text{損失} = P_1^2 B_{11} + 2P_1 P_2 B_{12} + 2P_1 P_3 B_{13} + P_2^2 B_{22} + 2P_2 P_3 B_{23} + P_3^2 B_{33} \dots\dots\dots(2)$$

이므로, 이를 (1)式에 代入하면, 다음과 같은 P_3 에 對한 2次式으로 表示된다.

$$B_{33} P_3^2 + 2[P_1 B_{13} + P_2 B_{23} - \frac{1}{2} L] P_3 + P_1^2 B_{11} + 2P_1 P_2 B_{12} + P_2^2 B_{22} - P_1 - P_2 + L = 0 \dots\dots\dots(3)$$

上式에서, P_1 과 P_2 를 獨立變數로 가정하면 P_3 는 從屬變數이므로, 發電費用函數 F 는

$$F(P_1, P_2, P_3) \equiv H(P_1, P_2, P_3(P_1, P_2)) \dots\dots\dots(4)$$

로 놓을 수 있고, 따라서,

$$\frac{\partial F}{\partial P_1} = \frac{\partial H}{\partial P_1} + \frac{\partial H}{\partial P_3} \frac{\partial P_3}{\partial P_1} = \frac{\partial H}{\partial P_1} - \frac{\partial H}{\partial P_3} \cdot \frac{\frac{\partial \phi}{\partial P_1}}{\frac{\partial \phi}{\partial P_3}} \quad (5)$$

를 얻는다. 그런데 어느 適當한 方法으로 各 出力에 對한 初期推定 값 P_1^1, P_1^1, P_3^1 을 定하였다면, 이에 해당하는 費用函數值를 決定할 수 있고, 이들 값에서 出發하여, 다음 式에 의하여 보다 改善된(費用을 減少시키는) 出力, P_1^2, P_2^2 를 얻는다.

$$P_1^2 = P_1^1 + \Delta t \left[-\frac{\partial F}{\partial P_1} - \frac{\partial F}{\partial P_3} \frac{\partial P_3}{\partial P_1} \right]$$

및 $P_2^2 = P_2^1 + \Delta t \left[-\frac{\partial F}{\partial P_2} - \frac{\partial F}{\partial P_3} \frac{\partial P_3}{\partial P_2} \right]$

그리고 P_3^2 는 式 (3)에 P_1^2, P_2^2 을 代入함으로써 얻어지며, 이와 같은 逐次過程

$$P_j^{t+1} = P_j^t + \Delta t \left[-\frac{\partial F}{\partial P_j} - \frac{\partial F}{\partial P_k} \frac{\partial P_k}{\partial P_j} \right]; \quad j=1, 2, \dots, n$$

.....(6)

을 函用函數가 極少가 될 때까지 反復한다. 그런데, m 過程에 있어서, $P_j^m < P_{jmin}$ 이면, $P_j^m = P_{jmin}$, 또 $P_j^m > P_{jmax}$ 이면, $P_j^m = P_{jmax}$ 로 한다. 또 P_k^m 가 $P_{kmin} \sim P_{kmax}$ 의 범위를 벗어난다면 $P_k^m = P_{kmin}$ 또는 $P_k^m = P_{kmax}$ 로 한 후 새로운 從屬變數를 선택하지 않으면 아니되고, 이 때에는 m 過程을 다시 계산하여야 한다.

Δt 의 初期値는 適當하게 취하되, 다음 計算過程에서 費用函數가 減少하지 아니하면 그 値를 切半으로 다시 잡고, 減少한다면 그대로 유지하여 다음 過程으로 移行하게 되나, 實際로는 programming에 의하여 計算進行過程에 따라 自動적으로 減少시키는 方法을 쓴다.

筆者는 15機의 可變出力과 12個所의 固定負荷 및 聯계線(tie line)으로 이루어져 있는 電力系統에 對하여, 上記法을 Fortian IV로 programming하여 digital computer로 計算한 結果와 Lagrange multiplier法에 의한 것과 同一한 結果值를 얻었다고 報告하고 있다. 그런데 여기서 特記할 것은, 費用函數의 直線分의 傾斜가 0일 경우에도 計算하는데 支障이 없으며 또 $-\frac{dF}{dP_j}$ 와 P_j 가 同一 直線分에 해당되는지에 對하여 염려할 必要가 없다는 點인데, 이것은 Lagrange multiplier法에 比하여 큰 長點이라 할 수 있다.

(朴永文 委員抄)

2.5 農村地域에 있어서의 配電用變壓器 容量 및 二次引込線의 크기 決定을 위한 需用想定(Demand Estimation for Sizing Distribution Transformers and Secondary Services in Rural Areas, Landy B. Altman & L.F. Charity, IEEE Transactions on Industry and General

Applications, Vol. 1 GA-3, No.3 May/June, 1967)

美國 農林省 農業研究所 農村電化研究部(the Farm Electrification Research Branch, Agricultural Research Services)의 Altman과 Iowa州立 大學校의 Charity에 의하여 發表된 論文으로 各州의 여러 配電會社의 支援下에 이루어졌다.

34個州에 걸친 1,156個所의 農村需用家를 相對로 需用電力(KW), 月間電力使用量(KWH), 電氣用品(appliance)에 對한 데이터를 採取한 후, 이를 電子計算機에 의하여 統計적으로 分析 處理함으로써, 農村地域 需用家の 需用想定式을 얻었다. 여기서 最大需用電力은 30分隔의 最大需用電力으로서 測定되었다.

Y를 想定需用電力(KW), X를 最大月間使用電力量(KWH)라 놓고,

美國北部 :

$$Y = 0.0167X - 0.0000108X^2, \quad 0 \sim 650 \text{Kwh} \left. \begin{array}{l} 50\% \\ 84\% \end{array} \right\} \text{信賴度線}$$

$$Y = 4.58 + 0.00261X, \quad 650 \text{Kwh以上}$$

84% 信賴度線 = 1.18Y + 0.50
95% 信賴度線 = 1.30Y + 0.83
97.5% 信賴度線 = 1.36Y + 1.00

美國南部 :

$$Y = 0.0156X - 0.0000690X^2, \quad 0 \sim 925 \text{Kwh} \left. \begin{array}{l} 50\% \\ 84\% \end{array} \right\} \text{信賴度線}$$

$$Y = 5.92 + 0.00278X, \quad 925 \text{Kwh以上}$$

84% 信賴度線 = 1.21Y + 0.5
95% 信賴度線 = 1.35Y + 0.83
97.5% 信賴度線 = 1.42Y + 1.00

의 統計式을 얻었는데, 上式은 電力使用量 單의 函數이며, 이 式으로 變壓器容量을 決定할 경우 어느 信賴度線을 使用할 것인가 하는 問題는 電力會社의 方針如何에 좌우된다. 그러나 一般의인 경우에는 95%線을 勸奨하고 있다.

그런데 上式에 對한 各種 電氣用品의 影響을 고려한 새로운 式도 세울 수 있겠으나, 式이 복잡해지므로 計算用紙에서 各個의으로 計算하는 方法을 使用하는 것이 實際의이라고 언급하고, 끝으로 이에 對한 2, 3개의 計算實例를 들고 있다.

(朴永文 委員抄)