

送變電施設の 經濟的 投資方案 및 電圧格上 推進計劃

The Present Status and the
Future Prospect of Power
Transformation Equipment
Industry

金 成 會

動力資源部 電力局

水火力發電課 電氣技佐

1. 序 言

오늘날 急激한 經濟成長과 더불어 電力需要가 急
増함에 따라 電圧 22KV, 66KV, 154KV, 345KV로
서 多樣化 되어 있는 送電電壓의 段階를 점차 345
KV, 154KV로 單純化 시킴으로써 電力의 大量 輸送
을 輕하게 되나 發電所의 定期補修, 事故, 運轉 與
件上 發電停止, 送電線路, 變電所등의 순간 事故에
對應하여 送電線路를 單線이 아닌 複線化하고 迂迴
線路로 環狀網을 구축함으로써 充足한 供給能力을
確保하며 地域與件에 부합한 立地의 造成, 즉 土地
收用의 容易度, 環境美觀등을 고려하여 設備를 增
設하여 보다 安定的인 電力生産으로 需要者로 부터
電力 供給의 信賴度를 向上시키는 등 제반 부수적
인 事業이 展開되어야 하나 이에는 經濟成長에 발
맞추어 經濟性이 있는 設備의 投資가 이루어져야 하
므로 長期的으로 電力需要의 豫測을 最適化하여 조
심스럽게 進行함과 아울러 將來에는 國土의 效率의
인 活用과 送電能力의 増大를 爲하여 現在 使用中
인 最大電壓 345KV 級을 765KV級으로 電壓의 格
上을 輕하고 鐵塔의 基數를 縮少 建設하여 將來 供
給 設備의 質의 水準 向上과 經濟給電을 추구하고
電源과 送配電의 均衡을 維持하여 送配電 系統의
運用に 合理化를 기하여야 할 것이다.

2. 送變電 施設 計劃의 基本方針

가. 經濟性 追求

○經濟給電을 追求하기 위하여는 長期 最大電力
需要를 豫測하여야 하나 이에는 送電 損失率, 最大
電力, 負荷曲線의 動向을 고려하여야 한다.

1) 送電 損失率

○送電 損失率의 適用式

送電端 電力量과 受電端 電力量과의 差가 送電損
失量으로, 送電 損失率은 그것을 送電端 電力量에
對한 比率로서 表現하며, 計算式은

$$L = \frac{A - B}{A} \times 100$$

(L: 送電損失率, A: 送電端電力量(發電電力量-
發電所 所內 電力量)

B: 受電端電力量(受電電力量+變電所所內 電力量)

한편 이 損失率은 最大電力 發生時의 損失率을 나타내는 KW 損失率과 對應期間의 平均 損失率을 나타내는 KWH 損失率으로 나누어 고려하는 일이다.

이것은 送變電 設備의 稼働率이 특히 낮은 경우를 제외하고 稼働率이 높으면 높을수록 損失率도 거기에 對應하여 커지기 때문에 最大電力에 對應하여 設備容量을 檢討하는 경우등은 이 KW 損失率값으로 고려할 필요가 있는데 반하여 經濟 比較 등에서 全体 損失率 값으로 고려하는 등 區分하여 使用하는 편이 좋은 경우가 있기 때문이다.

이 KWH 損失과 KW 損失의 比는 損失係數(Loss Factor)라고 하며, 보통 負荷率과의 關係로 부터 아래의 式이 利用되고 있다.

(Walf의 實驗式)

$$L_s = 0.083 L_a + 1.036 L_a^2 - 0.12 L_a^3$$

(Buller-Woodrow의 實驗式)

$$L_s = 0.3 L_a + 0.7 L_a^2$$

(Rossonder의 理論式)

$$L_s = L_a - \frac{(1 - L_a)(L_a - f_o^2)}{1 + L_a - 2f_o}$$

L_s : 損失係數

L_a : 負荷率

f_o : 最小負荷와 最大負荷와의 比

以上の 理論式이 있으나 Buller-Woodrow의 式으로 求한 값이 現實에 가장 가까우며, 損失率의 比는

$$\begin{aligned} \frac{\text{KWH 損失率}}{\text{KW 損失率}} &= \frac{\text{KWH 損失} / \text{平均負荷}}{\text{KW 損失} / \text{最大負荷}} \\ &= \frac{\text{KWH 損失} / \text{KW 損失}}{\text{平均負荷} / \text{最大負荷}} \\ &= \frac{\text{損失係數}}{\text{負荷率}} = \frac{0.3L_a + 0.7L_a^2}{L_a} \\ &= 0.3 + 0.7L_a \end{aligned}$$

一般的으로 KWH 損失은 比較的 간단하게 구해지지만, KW 損失은 實測이 곤란하므로 損失係數를 使用하여 算出하는 方法을 취하는 경우가 있다.

○送電 損失率의 變動 要因과 그 動向

送電 損失率의 大部分은 送電線, 變壓器의 抵抗損이 차지하고 이것은 다음 式으로 나타내고 있다.

$$\begin{aligned} L &= \frac{I^2 R}{P} = \frac{I^2 R}{VI \cos \theta} = \frac{IR \times V \cos \theta}{V \cos \theta \times V \cos \theta} \\ &= \frac{PR}{V^2 \cos^2 \theta} \end{aligned}$$

P : 負荷 $VI \cos \theta$ $I^2 R$: 線路損失

I : 線路負荷電流 V : 線路電壓

R : 線路抵抗 $\cos \theta$: 負荷力率

이 式으로 부터 送電 損失率 L은 負荷 P의 크기와 線路의 抵抗에 比例하고 電壓 V와 力率 $\cos \theta$ 의 자승에 反比例하여 變化함을 알 수 있다.

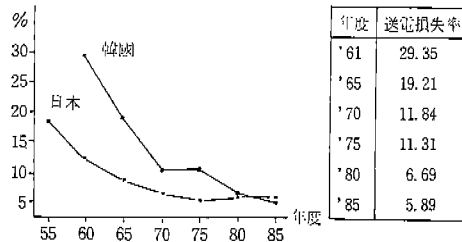
한편 損失에는 其他, 變壓器의 鐵損이나 高電壓 線路에 있어서 Corona 損 등이 포함된다.

○送電 損失率의 推移

1955년에는 19%에 가까웠으나 우리나라와 日本의 送電 損失率은 設備의 擴充, 電源의 需要地 立地의 高密度化로 부터 그림과 같이 현저한 下落을 보였다.

그러나 우리나라는 70年代 초반에 와서 送電線路의 建設을 154KV 級으로 擴大하는 등 送電電壓의 增大를 피하여 온 바 以後 6%대의 損失率 狀態를 나타내고 있으며, 앞으로의 推移는 커다란 變化가 없을 것으로 생각된다.

送電 損失率의 推移



現在 送電 損失率을 最小化 하기 위하여 다음과 같은 方法을 推進 中에 있다.

① 2回線 送電線路의 逆相配列 즉 撚架(Transposition)를 하게 되는데 撚架라 함은 大部分 非對稱이고 地形이 고르지 못한 3相 送電線의 線路定數는 不平衡이고 中性點에는 零電位가 形成되지 않으므로 어떤 交番 電位 즉 殘留電壓이 생긴다. 招孤 Reactor 接地系統에서는 이 殘留電壓이 直列共振의 原因이 되어 常時 中性點에 電流가 흘러서 電力損失이 생기고 近接 通信線에 誘導障礙를 일으키며 抵抗接地 系統에서는 各 線의 Inductance가 不平衡이 되기 때문에 各 相의 電壓降下가 다르고 3相 不平衡이 되어서 受電端側 力率을 低下시킨다. 이와같은 現象을 防止하기 위하여 A, B, C相의 全 長을 3等分해서 各 相의 電線이 한번씩 同

一相位置로 거치게 하는 方法.

② 鋼心 알루미늄 燃線中의 鋼心部分에 알루미늄 被複鋼線으로 代替하여 電氣抵抗을 減少시키고 耐蝕性이 低下되는 低損失 電線을 開發 使用하는 方法

③ 同一 變電所에서 變壓器 設置台數가 2 Bank 以上이고 設備 利用率이 50% 以下로 低下될 때 1 Bank 만 稼動하게 하여 變壓器 固有 損失인 鐵損을 減少시키는 方法

④ 電壓 66KV 以下 送變電 設備을 漸進的으로 縮小하여 電壓降下率의 補償, 位相調整器를 使用하여 電力系統의 電力潮流를 어느 特定 送電線路에 偏重되지 않도록 適切히 安配하는 등 系統에 安定을 期하며,

⑤ 또한 地中線路에 대하여도 風冷式 혹은 水冷式의 冷却方式을 適用하여 損失을 輕減시키는 方法 등이 있다.

2) 正確한 長期 展望에 의한 效率的 投資

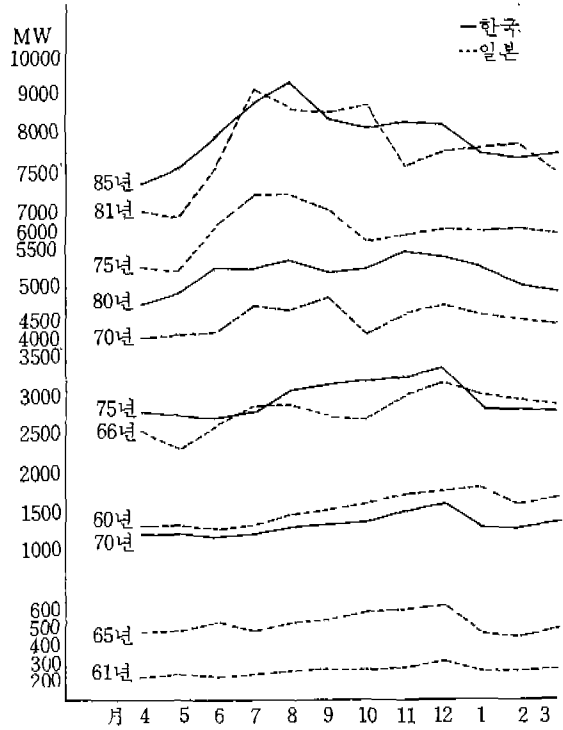
○ 正確한 長期 展望에 의한 效率的 投資를 위하여는 過去 電力 使用의 變動 推移를 調査 分析하여야 하나 이에는 最大 電力, 年負荷率, 負荷 曲線이 檢討되어야 한다.

가) 最大電力

○ 最大電力의 定義

電力需要는 시시각각 變化한다. 이 경우 어느 期間(1日, 1月, 1年 등) 中에서 가장 많이 使用한

時間(보통 1時間 平均이다)의 電力需要를 最大電力이라고 부른다. 一般的으로 자주 使用되고 있는 것은 最大 3日 平均電力으로 이것은 어느 달에 있어서 每日 1時間의 最大電力에서 上位 3個를 취하여 그것을 平均한 것이다.



韓國과 日本의 最大電力 變動推移

長期 電力 需要 豫測

年 度	全國最大需要	島嶼需要發電所 內消費 및 損失	供 給 端 最 大 電 力					計
			京 仁	嶺 東	中 部	湖 南	嶺 南	
'84	8,811	599	3,301 (40.2)	657 (8.0)	797 (9.7)	525 (6.4)	2,932 (35.7)	8,212 (100)
'85	9,349	1,038	3,695 (44.5)	702 (8.4)	249 (3.0)	725 (8.7)	2,940 (35.4)	8,311 (100)
'91	15,785	1,073	5,723 (38.9)	986 (6.7)	1,574 (10.7)	1,206 (8.2)	5,223 (35.5)	14,712 (100)
'96	22,495	1,529	7,862 (37.5)	1,279 (6.1)	2,411 (11.5)	1,992 (9.5)	7,422 (35.4)	20,966 (100)
2001	31,023	2,109	10,496 (36.3)	1,648 (5.7)	3,556 (12.3)	3,123 (10.8)	10,091 (34.9)	28,914 (100)
2006	39,552	2,689	12,976 (35.2)	2,027 (5.5)	4,792 (13)	4,387 (11.9)	12,681 (34.4)	36,863 (100)

※ ()는 占有率

○最大電力의 發生狀況

日本の 경우 年間 最大電力은 冷房이 그다지 普及되지 않았던 1965年 以前에는 冬季인 12月 혹은 1月の 點燈時刻(18時 또는 19時)에 發生하는 것이 通例였다.

그러나 冷房 需要의 急増과 함께 1966年에 關西 電力에서 年間 最大電力이 8月の 晝間에 發生한 것을 始作으로 各地에서 여름 Peak形으로 履行하여 1968年 以後 全國 計의 最大電力은 夏季(7月 또는 8月)의 晝間(14時 또는 15時)에 發生하고 있으며 우리나라도 1980年初부터 점차 여름 Peak形으로 履行하기 시작하여 85年度 8月 晝間에 最大電力9,349 MW까지 上昇한 바 있다.

이 처럼 夏季에 發生하는 最大電力을 夏季需要와 Base 需要로 2分割하여 夏季需要의 動向은 家庭用 Cooler, 빌딩등의 에어컨 設備의 급속한 普及에 의해 현저한 增加를 나타내고 있어, 近年에는 30%程度를 차지하기에 이르렀다.

나) 年負荷率

負荷率은 一定 期間中の 最大電力에 對한 平均電力의 比率(%)로서 負荷의 特性을 나타내는 것으로 利用된다.

負荷率은 氣候, 季節, 社會經濟 情勢 其他 諸條件에 의해서도 달라지고 있다.

期間을 취하는 방식에 따라 日負荷率, 月負荷率, 年負荷率로 區分한다.

日負荷率은 1日에 있어서 平均電力과 1日의 最大電力의 比率을 百分率로 나타낸 것, 月負荷率은 1個月間의 平均電力과 그 期間中에 있어서 最大電力과의 比率을 百分率로 나타낸 것, 年負荷率은 1個年間의 平均電力과 同 期間 中の 最大電力과의 比率을 百分率로 나타낸 것 즉 年負荷率은

$$\text{年負荷率} = \frac{\text{送電端年平均電力}}{\text{送電端最大3日平均電力}} \times 100(\%) \text{이며}$$

年負荷率의 時系列的인 推移는 各 年度의 需要狀態를 나타내고 있다.

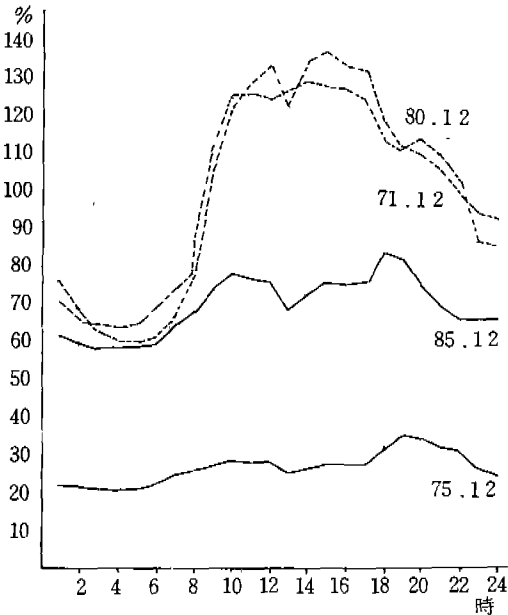
다) 負荷曲線

○日負荷曲線

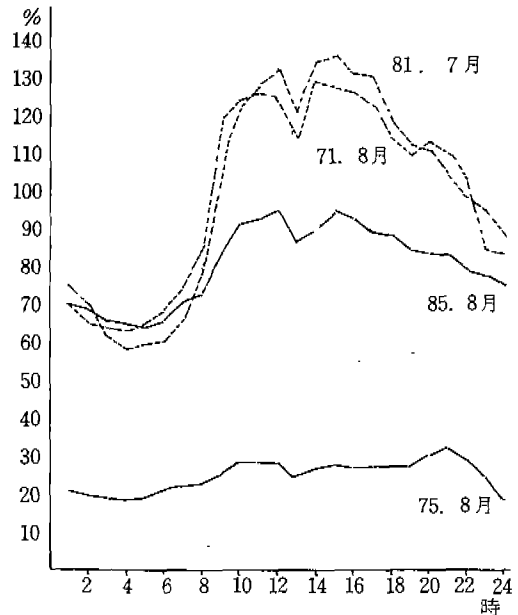
日負荷曲線은 最大 3日 平均日, 平日 平均日, 休日 平均日과의 日負荷曲線으로 나누고, 普通 0時부터 24時까지의 時間別 負荷 推移라고 하는 形態로 表現하지만, 이 時間別 負荷를 큰 順으로 놓아 表現하는 경우도 있다.

○日負荷曲線의 動向

年間을 통해 晝間負荷의 增加가 현저한 理由는 業務用 電力 및 冷房用 機器등 晝間形 負荷의 增加에 의한 것이며, 夏季의 晝間 Peak는 日負荷率 低下를 가져 왔으나 最近에는 異常氣溫, 需給調整의



〈그림-1〉 夏季 負荷曲線



〈그림-2〉 冬季 負荷曲線

영향으로 鈍化되는 現象이 있고, 冬季에서도 照明 比率의 增加로 인해 點燈時 Peak로 부터 晝間 Peak로 의 移行이 進行되고 있다.

다음은 우리나라와 日本의 電力使用量 狀態를 70年代와 80年代로 나누어 冬季 및 夏季 負荷의 變動을 時間別로 Graph化한 것이다.

3. 送變電 施設 投資 計劃

○地域間 送電系統이 環狀網으로 構成하고자 1991년까지 345KV 및 154KV 送電線路의 建設을 계속 推進하고 있다.

施設 投資 計劃

區 分		'86	'87	'88	'89	'90	'91	計
送電線路 (C-km)	345KV	536	534	184	110	40	30	1,434
	154KV	464.2	698.3	824.8	778.3	678.5	400.4	3,844.5
	計	1,000.2	1,232.3	1,008.8	888.3	718.5	430.4	5,278.5
變電設備 (MVA)	345KV	1,500	1,166.7	1,500	1,500	1,000	5.00	7,166.7
	154KV	2,300	2,580	2,820	2,780	1,710	1,660	13,850
	計	3,800	3,746.7	4,320	4,280	2,710	2,160	21,016.7
投資金額(百萬元)		212,110	254,860	224,857	158,524	139,184	71,421	1,060,953

○送電容量을 增大하고 土地 利用에 合理化를 기하기 위하여 765KV 超高压 電壓의 格上을 推進하고 있다.

4. 電壓 格上 推進 計劃

765KV 電壓格上 研究 投資 計劃

區 分	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	計
導體選定	1	1.5	3	1.5	1								8
絶緣設計				1	1								2
實證試驗						25	25	12	2	2	2	2	70
系統特性				0.5	0.5	1	1	1	1				5
計	1	1.5	3	3	2.5	26	26	13	3	3	3	3	85

○電力系統의 電壓이 500KV 以上이 되면 電線의 表面 電位傾度가 높아져 電線 自体에서 불꽃 放電이 생겨 空氣의 絶緣耐力을 파괴하게 되며 이때 Corona損이 發生하고 라디오 및 TV에 雜音등이 誘發하여 인근 住民生活에 不便을 초래할 수 있다.

따라서 여러종류의 電線에 電壓을 印加하여 Corona現象에 의한 各種 障碍를 防止하기 爲하여 印加電壓에 對한 最適電線의 굵기를 選定하여 經濟性 與否를 檢討할 필요가 있다.

○우선 1段階 計劃으로 超高压에 의한 Corona損 및 電線 自体의 불꽃 放電에 의한 通信 誘導障碍를 防止하기 爲하여 經濟的인 電線의 굵기를 選定하는

試驗設備인 Corona Cage를 建設中에 있으며,

○2段階 計劃으로서 設備의 事故時 系統에 미치는 영향이 막대하므로 事故의 迅速, 正確한 遮斷을 위한 線路 保護方式, 變壓器 및 母線 保護方式, 信號傳送方式, 系統 監視裝置등을 決定하는 系統 保護方式 研究와 線路의 絶緣設計 研究 및 變電所에서 發生되는 過電壓에 對應하기 爲하여 絶緣強度, 母線과의 大地, 相間間隔, 피뢰기設置, 適正機器 配置 方法을 研究하는 計劃이 있으며,

○이러한 設備들에 對하여 品別別 經濟性 推進期間, 技術用役을 통하여 여하히 國產化 率을 높일 것인가에 對한 研究도 計劃 中에 있다. *