

○特輯○電力系統

새로운 에너지 管理戰略으로서의 負荷管理

朴 永 文

目 次

1. 序論
2. 負荷管理의 概念
3. 負荷管理과 電力料金制
4. 負荷管理 대책 負荷
 - 1) 住宅 및 商業負荷
 - 2) 工業負荷
 - 3) 輸送負荷
5. 負荷管理用 傳送制御技術
 - 1) 時計方式에 의한 制御
 - 2) 電力線에 의한 制御
 - 3) 電話線 및 기타 有線制御
 - 4) 無線制御
 - 5) 電壓遷減
6. 結論

1. 序 論

負荷管理(load mangement)라 함은 電力에너지生産 및 分配시스템(electric energy production and Delivery system, EEPD system, 以下 電力시스템으로 略稱함)에 있어서의 電力需給의 制御에 適用되는 電力需給管理(energy management) 중 負荷의 制御問題를 다루는 一連의 技術을 뜻하며, 供給의 制御問題를 다루는 供給管理(supply management)와 相對的인 概念을 갖는다.

至今까지의 電力供給에 關聯된 基本的 思考는 需用家가 必要로 하는 電力을 必要한 分量만큼 必要한 時에 安定하게 供給하는 것을 第一目標로 삼는데 基礎를 두어왔으므로, 電力供給計劃時 需用家 內部는 制御나 調節을 해서는 아니된다는 鐵則을 固守하여 왔었다.

그러나, 最近의 國際의 에너지 事情의 緊迫性, 新規 設備投資費의 急騰, 環境問題 등은 이와 같은 從前의 思考方式을 打破케 하여, 負荷를 適切히 調整 또는 制

御함으로써 電源의 使用効率을 改善하는 것이 電力會社나 需用家 雙方에게 큰 利益을 가져오게 된다는 事實을 實感하게 되었다. 따라서 負荷管理라는 技法이 새로운 戰略으로서 前面에 登場하게 된 것이다.

오늘날 美國, 구라과, 日本 等の 先進 工業國에서는 負荷管理에 對한 電力產業界, 事業規制團體, 에너지 政策立案者, 一般大衆의 關心도가 漸增하여 大規模의 研究, 實證計劃 等の 強力 推進으로 負荷管理技術이 이미 試驗段階를 거쳐 實用되고 있으며, 앞으로 全面的인 普及이 豫想되고 있다.

에너지政策의 一環으로서 效果的인 에너지節約戰略의 追求에 盡力하고 있는 우리나라의 產業界, 學界, 政策當局에 參考資料로서 一助가 되도록 海外에서의 負荷管理의 現況과 展望에 對하여 概略的으로 紹介코져 한다.

2. 負荷管理의 概念

負荷管理의 指標로서는 電力시스템의 運用效率, 信賴性を 提高하는 데 두고 있으나, 여기에는 經濟性 뿐만 아니라 環境에 對한 影響, 社會的 便益의 增大 等の 社會的 影響(social impact)도 考慮對象이 되고 있다.

管理對象으로서는 電力料金制, 에너지貯藏裝置(空調器, 溫水器의 熱貯藏, 電車の 플라이휠 貯藏等), 電氣器具의 效率改善, 自家發電(産業用 共同發電, 太陽, 風, 電車の 再生制動, 等を 생각할 수 있으며, 制御方法으로서는 電力會社에 의한 常時 또는 간헐적인 直接制御 方法과 時間帶別 料金制採用, 其他 經濟的誘導策 等에 의한 間接 制御方法으로 大別된다. 그리고 需用에너지의 에너지單價의 節減을 目標로 하는 가장 매혹적인 負荷管理 手段으로서는 尖頭負荷 抑制(負荷率 減少)의 誘引策과 電氣器具의 效率改善이며, 負荷의 直接制御

* 正會員: 서울大 工大 電氣工學科 教授·工博

또는 時間帶別 料金制에 의한 間接制御로 負荷를 管理하기 위하여는 各種의 通信, 制御技術의 開發이 先行되어야 한다.

그리고, 負荷管理는 實施可能한 供給管理와 有機的인 結合에 의하여, 電力시스템의 效率, 에너지政策, 其他의 公共政策을 綜合的으로 勘案한 電力시스템의 새로운 需給管理技法을 樹立함으로써 所期의 成果를 거둘 수 있게 된다.

3. 負荷管理와 電力料金制

負荷管理의 한 手段으로서 需用家의 負荷를 電力會社가 直接制御하는 대신 電力料金制에 의하여 間接制御하는 方案이 最近 널리 考慮되고 있다.

美國에서는 Electric Utility Rate Design Study를 중심으로 現行 電氣料金 構成이 適正한지를 總合的으로 檢討하는 過程에서 負荷管理와의 相關성을 究明하는데, 큰 關心을 集中하고 있으며, 구라파에서는 負荷管理와 時間別料金에 關하여 이미 相當한 實績이 있어 이 方面에서 구라파가 美國보다 앞서 있는 것으로 公證되고 있다.

그런데, 料金制設定에 있어서 限界費用料金制로의 移行이 電力서비스를 가장 經濟的 및 效率的으로 配分하는 것이라는 理論的 前提下에 現實的인 要件을 加味한 새로운 料金制를 創出하기 위하여 現在 많은 努力을 傾注하고 있으며, 美國에서는 FEA/DOE를 中心으로 試驗의 採用과 더불어 短期價格彈力性的 豫備評價를 얻고 있다.

이에 앞서, 1974年 美國 公益事業規制委員協會(NA RUC)는 EPRI와 EEI로 하여금 “時間別 電氣消費量을 計測하고, 尖頭負荷時 使用을 電子式裝置로서 制御하기 위한 技術과 費用을 調査하고, 또 各種 需要를 尖頭時에서 非尖頭時로 移行케 하는 可能性과 費用을 檢討하는” 作業을 依頼하여, 1977年에 第一段階의 最終報告書가 나왔는데 그 主된 內容은 “時間別 料金, 負荷管理의 費用效果를 繼續해서 研究할 必要가 있고, 料金에는 可能한 限 限界費用을 反映해야 한다”는 것이었다. 이 研究는 延長되었으며, 1978年度의 第二段階 研究計劃은 다음과 같다.

- 1) 費用計算을 기초로 하는 時間別 料金の 定式化
- 2) 限界費用料金の 適用
- 3) 料金期間의 選擇
- 4) 價格彈力性的의 評價
- 5) 電氣器具, 裝置레이터의 利用
- 6) 負荷制御, 미터, 電氣器具 및 裝置의 利用, 特徵, 影響

7) 需用家의 自覺, 姿勢, 應答의 評價

8) 負荷管理 評價를 위한 便益/費用 技法의 適用
따라서, 앞으로의 추세는 電力料金制가 負荷管理를 誘因하는 手段으로서의 時間別料金制와 마이크로經濟學에 理論的 背景을 둔 限界費用의 導入이 豫見되므로 限界費用에 關한 基本概念을 略述하기로 한다.

【費用限界價에 關한 基本定理】

量 x 의 總價値(total value) $T(x)$, 平均總價値(average total value) $T(x)/x$ 라 할 때 그 限界價値(marginal value) $dT(x)/dx$ 의 曲線은 $T(x)/x$ 의 最小價値 即 $\frac{d}{dx}(T(x)/x)=0$ 에서 $T(x)/x$ 의 曲線과 만나며, 平均總價値가 上昇하면 即 $\frac{d}{dx}(T(x)/x)>0$ 이면 限界價値가 平均總價値보다 크며, 平均價値가 一定하면 即 $\frac{d}{dx}(T(x)/x)=0$ 이면 서로 같고, 平均總價値가 減少하면 即 $\frac{d}{dx}(T(x)/x)<0$ 이면 보다 적다. 그리고 總價値를 固定價値 C 와 可變價値 $V(x)$ 의 合으로 볼때 即 $T(x)=C+V(x)$ 일 때 上述한 關係는 平均總價値 $T(x)/x$ 를 平均 可變價値(average variable value) $V(x)/x$ 로 代替하여도 成立된다.

이 定理는

$$\frac{d}{dx}(T(x))=(x \cdot dT(x)/dx - T(x))/x^2 \equiv 0 \quad (1)$$

또는 $\frac{d}{dx}(V(x)/x)=(x dV(x) - V(x))/x^2 \equiv 0 \quad (1)'$

이면 $\frac{dT(x)}{dx} \equiv \frac{T(x)}{x} \quad (2)$ 또는 $\frac{d}{dx} V(x) \equiv \frac{V(x)}{x} \quad (2)'$

의 關係를 쉽사리 誘導할 수 있어서 證明된다. 그리고, 이 定理에 따르면 平均統費用 또는 平均可變費用의 最小點에서 限界費用과 交叉하게 됨을 알 수 있고,

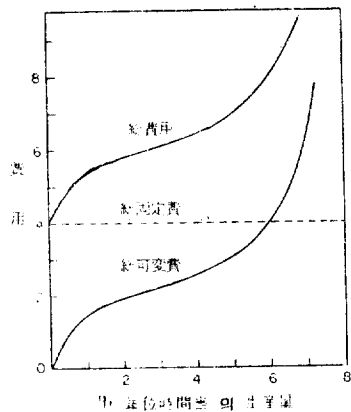


그림 1. 總費用, 總固定費 및 總可變費
Fig. 1. Total, fixed and variable costs.

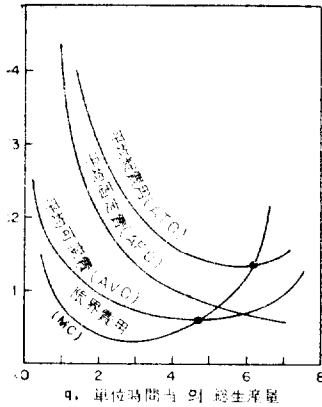


그림 2. 平均總, 固定, 可變 및 限界費用
Fig. 2. Average total, fixed, variable and marginal costs.

이를 圖示하자면 그림 1 및 2와 같다.

그런데, 어느 企業의 運營이 完全한 自由市場의 狀況下에서 自由롭게 參加할 수 있다고 가정하면, 生産品의 限界收入(marginal revenue, MR)이 그 限界費用과 같은 點에서 生産量을 調節할 때 最大의 利潤을 追求할 수 있게 된다. 卽 生産量 x 에 對한 販賣收入을 $D(x)$, 生産費用을 $S(x)$, 그 利潤을 $P(x)$ 라 할 때, $Max P(x)$ 의 條件으로 부터

$$\frac{d}{dx} P(x) = \frac{d}{dx} D(x) - \frac{d}{dx} S(x) = 0 \quad (3)$$

$$\text{또는 } \frac{d}{dx} D(x) = \frac{d}{dx} S(x) \quad (3')$$

(限界收入) = (限界費用)

의 關係를 얻게된다. 市場價格을 $d(x)$ 라 할 때, $D(x) = x \cdot d(x)$ 이고, 短期的으로는 市場價格이 不變하므로 $d(x) = d$ (一定值) 이어서 式 (3)'로부터

$$d = \frac{d}{dx} S(x) = (\text{限界費用}), \quad (4)$$

를 얻게되어, 結局 限界費用이 市場價格과 一致하는 點까지 生産量 x 를 調節하면 企業利潤을 最大化할 수 있다. 長期的인 경우에는 $d(x)$ 가 變動하고, 一般적으로 供給量 또는 需要量 x 가 增加하면 價格 $d(x)$ 는 減少한다. 卽 $\frac{d}{dx} d(x) < 0$ 이다. 그 尺度를 보통 需要의 價格彈力性 η 로서 주어지며, 그 定義는 다음과 같다.

$$\eta \triangleq \frac{(\text{需要量百分率增加變化})}{(\text{價格百分率增加變化})} = \frac{(dx/x) \times 100}{(d \cdot d(x)/d(x)) \times 100} = \frac{d(x)}{x} \cdot \frac{dx}{d(x)} < 0 \quad (5)$$

여기서 $|\eta|$ 의 값이 적으면 價格의 變化로 需要量에 影響이 적고, 反對로 크면, 需要가 價格에 敏感함을

뜻한다.

따라서, 長期戰略의 경우에는 式 (3)' 및 (5)로부터

$$d(x) = \frac{d}{dx} S(x) \left\{ \frac{\eta}{1+\eta} \right\} \quad (6)$$

但 $\eta < -1$ 의 경우

의 最適 運營戰略이 成立한다. 그러나 電力會社와 같은 公企業은 投資資本의 正常的 報酬率을 上廻하는 利潤을 排除하고, 適正報酬率을 費用에 包含시킨다면, 企業과 需用家間에는 最適 資源割當이 保障될 수 있다. 이와 같은 狀況에서는 그 最適 價格은 市場價格 $d(x)$, 限界費用 $\frac{d}{dx} S(x)$ 및 平均總費用 $S(x)/x$ 가

$$d(x) = \frac{d}{dx} S(x) = S(x)/x \quad (7)$$

와 같이 同一할 때이며, 資源의 供給 또는 需要量 x 는 適切한 電力政策에 의하여 調節될 수 있다. 그 主要 調節 手段으로서의 代替에너지로의 誘導, 料金政策 節電器具의 開發 등을 들 수 있는데, 그 效果의 評價를 위하여는 于先 上述한 需要의 價格彈力性의 測定이 必要하다.

특히 時間別料金を 評價하는데 있어서 價格彈力性 데이터는 매우 有用한 것으로 認定하고 있다. 時間帶別彈力性은 短期的으로는 需用家の 기호에 많이 左右되나, 長期的으로는 잘 設計된 代替器具의 利用과 料金制度에 따라 큰 影響을 받지않은 明白하다. 따라서 賢明한 電力會社의 經營者는 새로운 制御, 計測裝置와 料金制改編에 앞서, 適切한 彈力性데이터가 있으면 그 效果를 事前에 豫測할 수 있을 것이고 또 適切한 投資報酬率이 保證된 限界費用價格에 立脚한 時間別料金設定도 할 수 있을 것이다.

그러나, 時間別料金制實施에 있어서 限界費用에 基礎한 料金決定은 理論적으로는 큰 매력이 있음에도 不拘하고, 具體적으로 導入時에는 여러가지 問題가 提起된다. 첫째로는 尖頭時間帶와 非尖頭 時間帶의 定義問題, 限界費用의 正確한 推定法의 困難을 들 수 있고, 그밖에 時間帶別 彈力性데이터의 획득문제, 現行會計上의 總收入과 限界費用이 立脚한 總收入과의 不一致 등 많은 問題가 未決되고 있다. 그림에도 不拘하고 그 重要性이나 潛在的 價値는 充分히 公認되고 있기 때문에 美國에서도 1978年度의 電氣料金設定에 關한 研究計劃에서는 다음과 같은 項目에 關係되는 方法論이 包含되고 있으며, 7個 電力會社에서 이 制度를 試驗의으로 實施하고 있다.

- 1) 電氣의 限界費用 및 價格決定
- 2) 限界費用에 立脚한 時間別 料金制 適用
- 3) 尖頭負荷의 價格決定에 따른 費用上利點 評價

ㄹ) 電力系統限界費用的 推定

구라파에서는 이 方面에서는 美國보다 앞서 있는 것으로 公認되고 있는데, 英國과 佛蘭西의 경우를 紹介하자면, 兩國이 限界費用主義에 立脚하여 電氣料金에 季節別料金과 時間別料金を 導入하고 있는 點에서는 모두 共通의이다. 그러나, 佛란서는 보다 理論的인 面을 그리고 英國은 應用的인 面을 置重하는 點에서 制度上的 差異가 있다.

英國에서는 大國需用家에 對하여 系統需要가 年間最大需要의 90% 以下時에 징수되는 基本需要料金, 尖頭需要料金 및 尖頭, 夜間, 晝間 3種類의 運轉料金이 있고, 小國需用家에 對하여는 다음 3種類의 料金の 하나 또는 그 以上の 組合을 需用家가 任意로 선택하게 되어 있다.

ㄱ) 需用家費用에 해당하는 固定料金 및 需用電力量에 比例하는 料金

ㄴ) 需用電力量當의 料金이 定率로 增加하는 料金

ㄷ) 固定費 및 時間別運轉費로 구성되는 晝夜別 料金 그리고 工業 및 商業料金은 小國需用家라 하더라도 電氣階級, 季節 및 時間帶에 따라 다르다.

佛蘭西에서는 1940年代 後期以來로 限界費用料金에 立脚한 價格決定 作業을 추진하여, 1958년에 工業需要 用 Green Tariff와 1965년에 住宅 및 商業用的 Universal Tariff 料金制度가 導入되었다. Green Tariff는 매우 복잡하나, 固定料金은 需要, 負荷曲線 및 季節에 따라 變動하고, 電力量料金도 季節 및 時間帶에 따라 料率이 다르다. Universal Tariff는 定額料金과 電力量料金이 合算되게 되어 있는데, 電力量料金은 두 부분제 控制로서 第一부분의 料金은 第二부분보다 高率이다. 이와 같은 制度의 採用으로 특히 冬期 尖頭負荷가 많이 抑制되었음을 報告하고 있다.

以上과 같은 國際추세를 감안할 때 우리나라에서도 電力料率設定에 있어서, 限界費用과 時間帶別 料金制의 導入可能性에 對하여 急當性研究가 着手되어야 할 것으로 본다.

4. 負荷管理 對象 負荷

尖頭負荷를 抑制하고, 時間帶別料金制를 定着시키기 위해서는 負荷管理 對象을 檢討해 볼 必要가 있다. 따라서, 이 節에서는 住宅, 商業, 工業部門에 있어서 現 技術水準에서 負荷管理 對象으로 注目을 받고 있는 몇 개의 負荷에 對하여 記述하기로 한다.

負荷管理의 當面 目標은 尖頭負荷의 移行과 電力量 消費의 節減에 있으나, 이 目標은 負荷機器의 資本費 支出增加와 서비스質의 低下와는 相克되는 것이기 때

문에 그 兩者間的 合理的 急協點이 發見되어야 함은 勿論이다. 그러나, 最近의 에너지危機를 감안할 때 負荷管理의 急當性은 過去 어느때 보다는 強調되고 있다.

1) 住宅 및 商業負荷

住宅 및 商業部門에 있어서의 負荷管理對象은 冷暖房과 溫水에 제일 큰 可能性이 있다. 구라파에서는 住宅에 이미 널리 實用化되고 있는 것으로, 時間帶別料金制에 의하여 非尖頭時에 廉가로 電力에너지를 供給 받은 蓄熱시스템의 도움으로 其他 時間에도 冷暖房 機能이 發揮되고 溫水を 얻을 수 있다는 點에서 앞으로 美國을 위시해서 各國에 急速히 普及될 수 있을 것으로 본다.

蓄熱시스템의 開發品種은 多樣하나, 現在까지는 ceramics 蓄熱시스템과 加壓型熱水蓄熱시스템이 가장 많이 普及되고 있다.

商業部門에서도 그 現狀은 마찬가지로 큰 障害要因은 冷暖房시스템에 使用되는 裝置數가 많고 形式이 多樣하여 負荷管理戰略이 複雜하다는 點이고, 需要料金에 關係되는 料金體制라 할 수 있다. 그러나 앞으로는 마이크로 프로세서의 活用으로 이러한 障害를 쉽사리 除去할 수 있을 것으로 내다보고 있다.

2) 工業負荷

工業負荷는 電氣에너지 消費의 太宗을 이루고 있는 點을 생각할 때, 工業負荷에 負荷管理技術을 創出할 수 있거만 하면, 經費節減의 期待效果는 實로 크다고 하겠다. 여기서 특히 問題가 되는 것은 工業의 種別과 에너지消費特性의 多種多樣性이다.

구라파의 電力會社에서는 이미 工業負荷의 管理에 關聯된 많은 經驗과 實績을 쌓고 있으며, 美國에서도 구라파의 經驗을 土臺로 캘리포니아州의 工業에 外挿시킨 Mitchell, Marning, Acton의 研究報告書와 4,000KW 以上の 電力需要를 갖는 工業需用家에 對한 PG&E의 報告書에 依하면, 時間別料金制의 採用은 負荷패턴을 현저하게 變化시키고, 系統의 尖頭需要가 相當히 減少하고, 負荷패턴의 變化가 不可能한 需用家の 경우에는 負荷曲線이 下方으로 移行하여 尖頭需要는 勿論이고, 全에너지 消費도 減少한다는 事實이 立證되고 있다.

한편, 에너지의 使用效率改善 效果도 過少評價할 수 없다는 事實이 最近 美國의 DOE의 研究結果에서 들어나고 있다. 即, 全美國에서 生産되는 電氣에너지의 約 55%가 商工業의 모우터 動力用으로서 消費되고 있고, 工業용모우터의 88%가 3相모우터이고, 65%가 펌프, 컴프레서, 送風機 等の 一般用途에 使用되고 있는 實情下에서 效率이 不良한 모우터의 效率改善은 全美國

의 電力消費量의 약 5%를 節約하는 길이 된다는 것이다.

3) 輸送負荷

電動車輛은 地下鐵, 電氣機關車等처럼 恒常 系統電源에 接續된 狀態에서 電氣를 供給받는 CEC(constant electric contact) 車輛과 蓄電池를 시달한 電氣自動車나 하이브리드 動力車처럼 電源接續이 一時的인 IEC(Intermittent Electric Contact) 車輛의 兩種이 있는데, 現在는 그 電力에너지 消費量의 比重은 미미하나, 將來는 普及이 擴大될 추세이고, 더욱이 電力量은 적어도 電力[kW]은 相對的으로 크다.

따라서 CEC의 경우 車上 또는 車外에 蓄積裝置 및 回生制動機構를 갖추어 두어, 電力系統 全體의 에너지 使用量과 電力需要를 감안한 最適運行計劃을 세움으로써 에너지 利用效率를 向上할 수 있고, IEC의 경우에는 電力系統과의 聯關性的 觀點에서는 前者와 大同小異하나, 에너지의 補給에 있어서 電力에너지 代身 原子力, 太陽熱, 石炭等 資源에서 供給을 分擔함으로써 負荷管理에 큰 몫을 차지하게 될 것이 豫想된다.

5. 負荷管理用 傳送制御技術

直接的 및 間接的 制御에 의하여 負荷를 管理하기 위하여는 制御信號의 傳送技術이 先行되어야 함은 이미 言及한 바와 같다.

현재 負荷管理 目的에 實用되고 있는 通信制御 方式으로서는 時計制御方式, 電力線制御方式, 電話等의 有線制御方式, 直接無線制御方式, 電壓制감方式 等を 들 수 있다. 다음에 各方式의 概要를 紹介한다.

1) 時計方式에 의한 制御

直接制御 또는 時間別料金制의 導入時 고려될 수 있는 가장 簡單한 方式으로서, 타이머에 의하여 開閉되는 多重記錄計器는 오래전부터 實用化되어 왔다. 이 방식은 初期投資가 적고, 단계적인 導入이 可能한 利點이 있는 反面, 融通性이 적고 動的制御가 不可能하고, 電池의 백업(back up) 없이는 性能의 信賴度가 保障될 수 없는 短點이 있다.

2) 電力線에 의한 制御

電力線은 各需用家까지 떨어 있으므로, 이를 傳送回路로서 利用하는 것을 생각할 수 있다. 이 방식은 商用周波의 電力波形을 利用하는 方式, 리플制御方式, 電力線搬送方式으로 細分된다.

ㄱ) 商用周波 電力波形의 變形

50 또는 60Hz의 波形을 利用한, Arther D. Little 이 開發한 方式이 代表的이라 할 수 있으며, 美國 다사투세츠電力에서 溫水器, 콘덴서 뱅크의 開閉等의 制

御에 그 性能을 實驗中에 있다.

ㄴ) 리플制御(ripple control)

리플制御에서는 100~1000Hz의 搬送波를 使用하여 1~20Hz의 狹帶域필스信號로 送信된다. 使用周波數가 商用周波數와 가깝기 때문에 콘덴서나 變壓器도 適正하게 機能을 遂行하고 傳播特性도 比較的 良好하다. 그러나, 注入電力은 比較的 높다(供給電力의 0.1~0.5%)

리플制御裝置는 주로 구라파, 호주, 뉴질랜드, 南美的 一部, 아프리카의 一部에 採用되고 있으며, 特히 和蘭에서는 95%, 佛蘭西에서는 90%가 리플制御되고 있는 實情이다. 그리고, 그 主要 메이커로서는 BBC, Compteurs-Schlumberger, Landis & Gyr, Plessy, Siemens 및 Zellweger 等を 들 수 있으며, 價格은 變電所의 號信注入點의 變壓器 容量에 對하여 100\$/MVA, 受信器에 對하여 70\$/臺 程度이다.

리플制御方式은 信賴度가 높은 長點이 있는 反面, 重要한 두가지 制約이 따른다. 그 하나는 밴드幅이 좁기 때문에 信號는 每秒 數 10비트로 制限된다는 點이고, 또 다른 制約은 데이터 傳送速度가 낮고, 注入電壓이 높아져서, 變電所에서 需用家까지의 一方送信에만 採用하여 왔으며, 返信回路의 實現問題는 아직 克服되지 못하고 있다는 點이다.

ㄷ) 電力線搬送制御

리플制御의 制約을 克服하기 위하여, 電力線을 利用한 5~300kHz의 搬送方式이 開發되고 있다. 이 방식의 長點은 에너지의 消耗가 적고, 二方向性 通信이 可能하다는 點이다. 그리고, 現在 高壓線에서 使用되고 있는 파이프트線이나 搬送시스템을 利用할 수 있다는 點도 有利한 條件이라 할 수 있다. 그러나 採用시의 難點으로서의 各需用家에 이르는 給電線의 構造와 特性이 各樣各색이기 때문에, 이에 알맞은 감쇠 및 잡음수준의 多樣한 시스템을 採用하여야 한다는 것이다.

代表的인 開發品으로서는 Little, 美國科學技術會, 自動化技術會, G.E., NECO, Raytheon, Taft 電氣 시스템, W.H. Compugard社의 製品을 들 수 있다.

3) 電話線 및 其他 有線 制御

有線方式은 電話線方式과 同軸케이블線等의 其他廣帶域시스템에 위한 方式이 있다.

ㄱ) 電話線制御

專用線을 利用하는 것은 大國需用家の 경우를 除外하고는 高價의 費用關係로 普及을 期待할 수 없다. 그러나, 現行電話시스템을 時分割方式에 의하여 共用하는 方法은 將次 實現性이 높다고 보겠다.

自動判讀器의 開發이 電話線使用方式開發의 刺激動機가 되었다. 그 代表的인 試圖는 1967년에 American

Telephone & Telegraph, 메이커, 電力會社가 參加한 體制에 의하여 具體化되었고, 1971년에는 시카고와 휴스턴에서 大規模인 實系統試驗이 行해졌다. 이 방식에 의하면, 中央의 制御裝置의 指令으로 電話局에 設置된 接續裝置를 媒介로 하여 需用家의 電話가 呼出되고, 呼出時 電話가 使用中이면 呼出이 取消되고, 그렇지 않으면 指令이 遂行되게 되어 있는데, 데이터傳送에는 2秒가 所要되며, 電話에 의한 需用家데이터의 判讀도 可能하다는 것이다.

ㄴ) 同軸케이블 및 其他廣帶域시스템制御

케이블을 基本으로 하는 自動檢針方式은 이미 詳細한 研究가 이루어졌으나, 다만 負荷管理의 機能과 關性에 對한 研究가 아직 遂行되지 않고 있다. 이 방식의 特徵은 周圍條件에 영향받지 아니하고, 廣範한 周波數帶를 使用할 수 있다는 點이다.

典型的인 判讀時間은 250 μ s에 불과하고, 30萬個의 미터를 判讀하는데 75秒면 充分하다는 것이다. 그럼에도 불구하고 이 방식의 實現은 當分間 期待할 수 없는 것으로 생각된다.

4) 無線制御

電力會社는 長期間 發送電系統 水準에서 마이크로웨이브通信 經驗을 쌓고 있으나, 配電이나 各 需用家 水準에서는 無線의 通用은 比較의 새로운 試圖라 하겠다.

최근, FM으로 制御되는 스위치는 負荷管理에 널리 普及되고 있다. 美國의 여러 電力會社는 주로 電氣溫水器나 空調器의 制御를 위하여 1社當 數萬에서 數 10萬臺의 裝置를 設置하고 있으며, 現在 負荷制御에 使用되고 있는 無線 스위치의 大部分은 Motorola製인데, 이 裝置는 154.5MHz의 狹帶域 FM通信을 使用하고 있다.

現在까지는 單方向性인데, 이를 二方向性無線시스템으로 改良하는 데에는 安全性, 信賴度, 費用의 觀點에서 아직 未解決 問題가 많은 것으로 알려지고 있다. 그럼에도 불구하고 無線시스템은 人口密度가 높고, 通信 障害가 적은 地域에서 實用性이 높은 것으로 評價되고 있다.

5) 電壓遞減

電壓遞減方式은 지금까지 記述한 制御技術과는 달리 電力의 供給中斷이나 制限없이 負荷量을 減少하는 技術으로서, 重大한 供給不足에 直面하는 경우, 最後手段으로서 講究하는 방식이다.

一般的으로, 負荷彈力特性에 의하여 負荷電力은 電壓이 增加하면 따라서 增加하고, 電壓이 減少하면 電力도 減少한다. 負荷의 有效電力을 P, 無效電力을 Q, 電壓을 V라 할 때,

$$P=P(V) \text{ or } dP=\frac{dP}{dV} dV \tag{8}$$

$$Q=Q(V) \text{ or } dQ=\frac{dQ}{dV} dV \tag{9}$$

$$\text{但, } \frac{dP}{dV} > 0, \frac{dQ}{dV} > 0 \tag{10}$$

로서 表示되고, 式 (10)의 負荷感度 dP/dV 및 dQ/dV 는 負荷의 種類에 따라 다르다. 表 1은 Park와 Colony가 얻은 그 代表值를 紹介한다.

表 1. 電壓에 對한 負荷感度

| 負荷의 種類 | dP/dV | dQ/dV |
|--------|------------|-----------|
| 白熱燈 | 1.6 | 0 |
| 電熱器 | 2.0 | 0 |
| 放電燈 | 1.0 | 3.0 |
| 아이크燈 | 2.3 | 4.6 |
| 變換器 | 1.2 | 0.0 |
| 誘導電動機 | -0.13~0.25 | 0.51~1.66 |

따라서 電壓의 시스템變化 dV 에 對하여 負荷는 $dP+dQ$ 만큼 變化하므로, 供給이 不足한 緊急時에는 電壓을 減少시킴으로써 供給中斷을 모면할 수 있다. 그러나, 電壓遞減은 機器의 性能에 惡影響을 끼치므로 平常時에는 可及의 이를 避하는 것이 바람직하다.

끝으로, Preiss와 Warnoch가 American Electric Power System의 住宅, 商業 및 工業地域에 對하여 隔日로 9時에서 13時 45分까지의 時間에 電壓을 5% 遞減하고, 給電線에서 實測하 負荷變化量데이터를 表 2에 紹介한다.

表 2. 時間帶別 負荷百分率變化量—平均年間基準 (9.00~13.45時間 電壓 5% 遞減)

| 時刻 | 電壓 | 負荷變化[%] | | |
|-------|----|---------|-------|-------|
| | | 住宅 | 商業 | 工業 |
| 09:00 | 낮음 | -4.07 | -3.26 | -2.77 |
| 09:30 | 낮음 | -3.99 | -3.89 | -2.90 |
| 10:00 | 낮음 | -3.75 | -3.80 | -2.80 |
| 11:00 | 낮음 | -3.15 | -3.78 | -3.03 |
| 13:00 | 낮음 | -2.78 | -3.90 | -2.69 |
| 13:15 | 정상 | 0.98 | -0.26 | -1.25 |
| 13:30 | 정상 | 1.01 | -0.36 | -0.08 |
| 14:00 | 정상 | 0.74 | -0.61 | -0.43 |
| 15:00 | 정상 | 0.13 | -0.88 | -0.15 |
| 17:00 | 정상 | -0.40 | -0.65 | -1.07 |
| 24:00 | 정상 | -0.07 | -0.07 | -0.54 |

以上の 實測結果에 따르면 住宅地域에서의 에너지節約 0.4%, 商業地域은 0.7%, 工業地域은 0.7%가 된다고 報告하고 있다.

6. 結論

以上 海外의 先進工業國에서 最近 各광을 받고 있는 負荷管理의 概念, 現況 및 展望에 對하여 紹介하였는데, 結論的으로 말해서, 負荷管理는 供給管理과 더불어 電力需給管理의 새로운 戰略이라 할 수 있으며, 昨今の 에너지危機에 賢明하게 對處하는 重要한 手段으로 浮上하고 있음을 알 수 있다. 그리고 負荷管理體系의 導入을 위하여는 限界費用 및 時間帶別 電力料金制로의 改編, 節電器機의 開發, 代替에너지의 開發, 負荷管理 對象 負荷의 創出, 通信 또는 傳送制御技術의

導入 또는 開發 등이 先行되어야 하기 때문에 우리나라에서도 이 方面에 對한 事前準備가 必要할 것으로 믿어진다.

參 考 文 獻

M.G. Morgan and S.N. Talukdar "Electric Power Load Management: Some Technical, Economic, Regulatory and Social Issues", Proceedings of IEEE, Vol.67, No.2, February, 1979.

→ p.25 계속

以上과 같은 5가지 目標아래 電源開發計劃을 推進中에 있으며 이에 수반한 問題點으로는

- ① 에너지資源의 Nationalism 때문에 다른 發電燃料의 確保難
- ② 環境保全과 關聯한 發電所 建設 立地의 確保難와 公害規制에 대한 社會的 要請
- ③ 原子力 및 設備의 大容量化에 의한 長期間의 建設工期(7~10年) 所要와 이에 따른 投資財源의 適期 調達

④ 점차 大容量化 되어가는 系統規模에 따른 信賴度 向上과 技術蓄績 및 專門家의 養成

등을 들 수 있으며 이와같은 問題點을 解決하고자 對內外的으로 努力을 경주하고 있다.

지금까지 電源開發計劃의 樹立技法, 節次 등에 대한 理論의 概略과 實際를 紹介하였다. 아직 우리는 設備計劃에 관한 理論研究나 實際로 計劃에 適用할 技法開發이 미진한 상태인 바, 이 分野의 技術開發에 關心을 가지고 研究에 注力해야 할 것이다.

전기자재, 기계부품, 중장비부품, 붓싱, 비철금속 주물일체

燐青銅 · 青銅 · 黃銅洋銀 · 鉛青銅 · 高力黃銅 · AL青銅

新 昌 金 屬

공 장 : 서울특별시 영등포구 당산동 3가 555

전화 (64) 6318

사무실 : 서울특별시 을지로 3가 334-3

삼진빌딩 301호

전화 (267) 8317