

電力系統의 負荷管理方案(Ⅱ)

産業調查部長 曹 圭 昇
部長代理 姜 遠 求
(韓國電力公社 電力經濟研究室)

1. 序 論
2. 負荷研究의 重要性
3. 負荷調査와 分析
4. 負荷豫測
5. 負荷管理方案 (전호에 이어 계속)

5.1 負荷管理方案의 種類

負荷管理方案을 크게 나누어 보면 요금제도를 利用하여 需用家들이 자발적으로 가장 低廉한 費用으로써 電力을 消費하도록 誘導하여 需用家 임의대로 負荷調整을 하게 하는 間接管理法(indirect control)과 電力使用을 物理적으로 供給側에서 制限시켜 負荷調整을 하는 直接管理法(direct control)이 있다.

間接管理法은 需用家의 自發的 負荷調整이 前提가 되므로 使用이 꼭 必要的 需用家에게는 料率의 差異에 의하여 電力消費를 調整할 수 없으므로 電力業體에서 원하는 대로 負荷調整效果를 기할 수 없다는 點과 料率의 新設·改編時 즉시 效果를 얻을 수 없고 상당한 時間이 經過하여야만 한다는 點에서 需用家의 電力使用을 直接制限시켜 즉각적으로 소기의 效果를 얻을 수 있는 直接管理 方法과 對備된다.

그러나 直接管理 方法의 採用에도 直接的으로 需用家에게 不便을 준다는 點과 直接負荷管理 機器를 부설함에 따른 設備投資費用이 問題가 된다.

이렇게 直·間接負荷管理 方法은 各各의 長短

點이 있으므로 어떤 負荷管理法을 施行할 것인가에 대하여는 施設容量, 發電配合(generation mix), 時間別 負荷特性에 따라 가장 적절한 方法을 사용하여야 한다.

5.2 負荷曲線의 形態

負荷曲線의 形態는 負荷構造 目的에 따라 그림 5.1과 같이 最大負荷抑制深夜負荷創出, 最大負荷移動, 戰略的 消費節減, 戰略的 負荷增大, 및 可變負荷構成 등으로 分類한다.

1) 最大負荷抑制(Peak Clipping or cutting)

봉우리를 잘라내는 것처럼 最大負荷를 人爲的으로 制限하는 負荷管理로서 주로 直接負荷制御(Direct Load Control)를 利用하여 需要設備를 制御한다.

이 方法은 最大負荷를 輕減시킴으로써 供給設備의 建設을 줄이거나 뒤로 미룰 수 있게 하여 設備投資費用을 節減시킬 수 있고, 直接負荷制御는 經濟給電(Economic Dispatch)에 의하여 運轉費(Operation Cost)를 節減하고 特別히 아껴야 할 特定燃料(Critical Fuels)에의 依存을 줄일 수 있다.

2) 深夜負荷創出(Valley Filling)

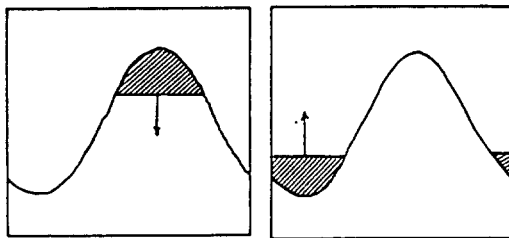
골짜기를 채우는 것처럼 深夜負荷 즉, 輕負荷時間帶의 負荷를 增大시키는 負荷管理로서 주로 蓄熱式 溫水器와 蓄熱式 冷暖房機 등의 熱에너지 저장기술과 축전지의 活用 및 양수발전 方式을 利用한다.

이 방식은 輕負荷時의 發電費用이 비교적 저렴하므로 이 時間帶 특히 深夜의 料金を 割引해 줌으로써 이로 인하여 增大되는 負荷에 의하여 平均料金を 低下시키며 燃料對替效果를 가져올 수 있다.

3) 最大負荷移動(Load Shifting or Peak Shift)

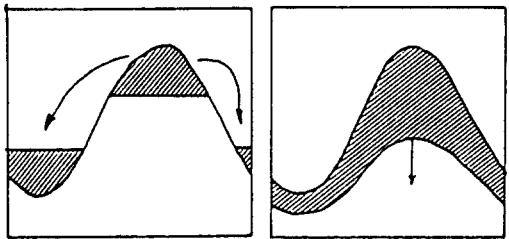
봉우리를 깎아내려 골짜기를 채우는 것처럼 最大負荷時間帶의 負荷를 輕負荷時間帶로 옮기는 負荷管理로서 계시별요금제도의 適用과 축열식 冷暖房機와 축전지등에 의한 需用家の 負荷移動을 利用한다.

이 方法은 最大負荷抑制와 深夜負荷創出에 의한 效果를 동시에 얻을 수 있고 負荷率 向上에 의한 負荷 平準化와 設備이용을 向上으로 損失電力 減少에도 效果的이다.



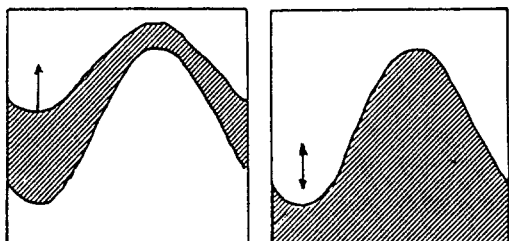
(1) 最大負荷抑制

(2) 深夜負荷創出



(3) 最大負荷移動

(4) 戰略的 消費節約



(5) 戰略的 負荷增大

(6) 可變負荷 造成

그림 5.1. 負荷曲線의 形態

4) 戰略的 消費節約(Strategic Conservation)

전반적으로 電力消費를 節減시키는 것이지만 最大負荷를 더 많이 節減시키는 것으로서 建築物의 단열(Insulation)과 일기의 考慮 및 機器의 效率改善 등을 包含한다.

우리나라에서 住宅用에 適用하고 있는 累進料率(Inverted Rate)은 戰略的 消費節約의 效果的인 方案中 하나라고 말할 수 있다.

5) 戰略的 負荷增大(Strategic Load Growth)

輕負荷時間帶의 負荷增加를 包含하여 전반적으로 販賣電力을 增加시키는 것으로서 地域開發에서와 같이 競爭燃料와의 市場 占有率의 增大와 전력사업 등으로 負荷를 成長시킨다.

電化事業은 새로운 電氣技術과 電氣車輛 및 産業工程 加熱과 自動化 등을 包含하며 이러한 發電은 電氣에너지의 依存度를 增加시키게 되고 燃料과 原料를 節減시키면서 生産性 向上을 가져올 수 있는 動機가 調節된다.

6) 可變負荷構成(Flexible Load Shape)

需用家에게 주어지는 여러가지 인센티브에 따라 負荷形成을 可變시킬 수 있는 것으로서, 需用家の 負荷抑制裝置 또는 中央의 에너지管理시스템(Energy Management System)을 使用하여 供給中斷 또는 負荷調節을 한다.

5.3 料金制度를 통한 間接負荷管理 方案

1) 資源의 最適配分을 위한 限界費用理論

間接的인 負荷管理方案은 앞에서 간단히 言及한 바와 같이 料金制度를 통하여 需用家の 自主的인 判斷과 努力으로 負荷使用形態나 使用量을 移動시키는 方法이다. 電氣料金は 國民生活에 直接的이고 廣範圍하게 影響을 미치는 요

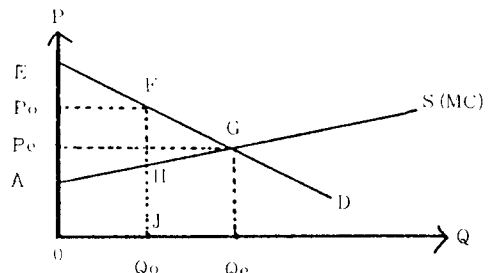


그림 5.2. 限界費用價格과 社會厚生

소로서 料率編成의 가장 중요한 原理는 效率性 (efficiency)과 형평성(fair treatment)의 調和라고 볼 수 있다. 형평성은 공공재로서의 政策的 側面을 중시하지만, 效率性은 社會 전체 후생의 極大化를 追求하며 주어진 資源의 最適分配를 도모하도록 하는 限界費用理論 原理로서 찾을 수 있다. (그림 5.2참조)

위 그림에서 電力料金과 電力供給量의 각각 P_0, Q_0 일 때, 消費者가 기꺼이 지불할 수 있는 消費者 利益은 需要曲線 밑부분인 OEFJ이며, 이때 發生하는 總供給費用은 供給曲線 밑부분인 OAHJ이므로 總社會利益(Net Social Benefit)은 OEFJ에서 OAHJ를 차감한 AEFH가 된다. 여기서 순사회 利益이 極大化가 되는 AEG를 가져오기 위해서는 供給曲線(S) 즉, 限界費用曲線(MC)과 需要曲線이 일치하는 ($P=MC$) 均衡點(P_0, Q_0)에 이를 때이다. 이를 數學적으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{Max NSB} = \int_0^{Q_0} P(q) dq - \int_0^{Q_0} MC(q) dq$$

$p(q)$: 수요곡선 $MC(q)$: 공급곡선

$$d(\text{NSB})/dQ = p(Q) - MC(Q) = 0$$

* $P=MC$ 가 된다.

위에서 간단히 살펴 본 바와 같이 限界費用料金制度는 消費者 福祉의 利益推進과 資源의 效率의 配分을 誘導할 수 있는 負荷管理型 料金制의 기초라고 할 수 있다. 實際 電力價格의 限界費用計算은 短期와 長期로 分類되며, 短期 限界費用은 限界需要를 供給하기 위하여 生産者가 追加로 負擔하게 되는 運轉 및 供給지장 (failure)費用으로서, 發電設備의 增加가 없는 경우이며, 長期限界費用은 限界需要를 充足하기 위한 發電施設의 追加投資設備이다. 料金編成은 電力追加單位[kWH]消費로 인한 전력회사 的 追加費用을 價格에 反映하여 고객에 賦課하게 되는데, 市場經濟의 핵심적 要素로서 生産者는 限界費用의 性格과 같도록 生産할 것이고, 消費者는 限界費用이 價格과 같도록 消費하여 궁극적으로 國家資源의 最適配分은 물론 過消費抑制 등 需給均衡을 가져오게 되는 것이다.

2) Peak Load Pricing

時間別 差等料金制는 根本적으로 8,700時間別로 發電費用이 다르기 때문에 季節에 따라 또는 각 時間의 發電費用에 따라 料金を 다르게 賦課하는 制度이다. 實際적으로는 夏季와 他季로 區分하고 하루 24時間을 몇개의 時間帶로 分類하고 平日, 休日을 區分하여 限界費用 原則에 의해서 料金を 다르게 賦課하게 된다.

負荷가 높을 때는 비싼 에너지[kWH]料金を 賦課하고 追加施設에 의한 基本料金[kW]도 이 最大負荷時間帶에 料金を 賦課하는 것이다. 反面에 最小負荷帶에서는 實際 들어간 에너지費用만큼만 싸게 賦課함으로써 電力需要를 늘려 負荷率을 向上시키려는 것이다. 電力料金은 대체로 基本料金과 電力量料金으로 區分되고 施設費는 피크에 全部를 賦課하며, 피크때의 電力供給을 위해서 發電하는 kWH當 費用이 비싼 內燃 가스터빈 등의 發電費用을 피크때에 賦課하는 것이다.

특히 우리나라의 경우처럼 原子力 및 有煙炭等 基底負荷用 發電施設 比重이 커지고 있으며 施設投資費 역시 크게 높아지고 있는 趨勢인 경우에는 限界費用이 平均費用보다 크며 向後에도 限界費用 上昇 速度보다 훨씬 빠르게 될 것임이 自明하여 이에 對應하기 위해서는 季節別 差等料金制의 擴大改編 方案을 模索하여야 한다.

전력회사에서는 피크를 抑制하여 電力供給을 위한 追加設備의 건설을 늦추고 負荷를 平準化하여 經營合理化와 資源의 效率性 提高를 꾀하려는 現象이 先進諸國 및 臺灣, 日本 등에서 活潑히 進行되고 있다.

3) 現行 우리나라의 料率政策에 대한 負荷管理 現況

負荷基準은 氣候, 經濟 및 社會構造, 生活관습 등 諸要因에 의하여 시시각각 변하여 晝·夜間 그리고 季節間에 커다란 差가 發生하고 있어 이를 充足시키기 위해선 最大負荷以上 供給設備를 確保運營하여야 한다. 이와 같이 負荷의 기복이 큰 때에는 供給設備의 利用率이 떨어져 투하된 適正投資報酬를 회수할 수 없어 電力料率 上昇의 要因이 되므로 電力事業을 效

率의 運營하기 위해서는 供給設備의 利用率 向上으로 負荷曲線의 기록을 平準化하고, 이를 바탕으로 電源設備의 축소 또는 연기하는 데에 있다. 지금까지 한전에서 施行해 온 料率制度에 의한 負荷管理 內容을 살펴보면,

첫째, 1977. 12. 1부터 산업용 “乙”需用에 대하여 季節別差等料金制(Peak Load Pricing)를 實施하여 負荷平準化에 어느 정도 效果를 가져왔다.

특히 '81년부터는 夏季晝間에 年中 最大負荷가 發生함에 따라 '88. 11. 30 料率改正時 夏季(6~8月)에 한하여 重負荷時間帶를 最大負荷時間帶에 포함시키고, '90. 5. 1에는 산업용(甲)需用과 業務用 電力에까지 夏季와 그 밖의 철로 季節別 差等料金を 適用토록 하였다.

이 料金制度에 의하면 最大負荷時間帶에는 비싼요금, 低負荷時間帶에는 저렴한 料金이 適用되므로 결국 電力의 需要와 供給이 자동적으로 調整되어 資源의 效率의 運營을 가져오게 될 것이므로 더욱 충분한 檢討를 통해 擴大實施하는 方向으로 나가야 할 것이다.

둘째, 지난 '85년부터 年 최대피크억제를 위하여 夏季 最大需要電力 調整料金制를 實施하여 契約電力 500[kW]이상 산업용 需用中 7.15~9.31中 韓電에서 指定하는 기간에 休暇實施나 施設補修등을 誘導함으로써 最大需要電力을 줄이도록하여 '90년의 경우는 약 125[MW]정도의 效果를 가져왔다. 이 料金制度의 피크抑制效果 極大化를 위하여 당해년도의 供給豫備率 및 氣象豫報, 사회적 與件을 감안한 最大需要 發生 豫相期間을 정확히 豫測하여 料金制 申請需用들의 節減電力을 적기에 配分하는 것이라 하겠다.

셋째, '85年 11月부터 施行된 深夜料金制度는 다른 제도에 비해 가장 效果를 본 制度로서 '90年末 現在, 機器의 累計普及臺數는 119,000대(871,145[W])에 이르고 있으며, '90年 深夜戰力消費量은 422,218[kW]이다.

넷째, 더욱 直接的인 負荷管理方式이긴 하지만 夏季需給調整制度로서 夏季電力系統의 最大需要電力 發生期間에 受容家와 協力하여 需給을 調整함으로써 電力의 安定的 供給과 電力設

備의 效率的 利用을 도모하는 것이다.

5.4 直接負荷管理方案

1) 負荷調整器機

直接負荷管理를 爲하여는 負荷調整器機가 必要한 바 지금까지 開發되어 있는 負荷調整器機를 살펴보면 다음과 같다.

가장 많이 普及되어 있는 것이 Time Switch로서 우리가 흔히 보는 일정한 시간대에만 通電을 可能케 해주는 Monotype외에 2번에 걸쳐 通電時間帶를 정해주는 Dualtype, IC回路를 利用하여 평일에는 特定時間帶에만 通電을 可能케 하고 負荷水準이 낮은 日·公休日의 負荷水準 向上을 爲하여 日·公休日에는 時間帶를 제한하지 않고 Program에 따라 通電時間帶를 變更시킬 수 있는 Programmable type의 電子式 Time Switch도 開發되어 있어 目的에 따라 多樣하게 使用할 수 있는 Time Switch가 이미 商品化되어 있다.

一定한 電流制限을 주어 特定電流制限度內에서 만 稼動할 수 있는 電流制限機와 같이 負荷量을 制限시키는 負荷容量制限機(Demand Limiter)種類, 電氣器機의 使用 順位를 미리 決定하여 놓고 制限된 負荷量限度에서 만 稼動시키므로 制限된 負荷量限度를 決定할 수 있는 使

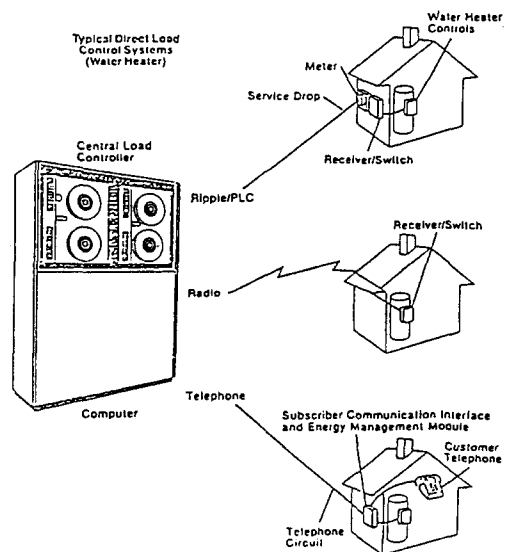


그림 5.3. 直接負荷制御시스템

用順位 決定器機(Priority Relay)種類, 特定溫度를 決定해 놓고 그 以上 또는 以下에만 稼動시키는 溫度調節機(Thermostat)種類가 있다. 이를 다시 遠隔調整 可能與否에 따라 遠隔調整裝置(Remote Control System) 遠隔調整不能器機(Local Controller)로 나누어 볼 수 있다.

遠隔調整 不能器機는 電力會社 임의대로 調整負荷量과 時間을 一致시킬 수 없는데 反하여 遠隔調整裝置는 系統負荷上의 電力會社에서 생각하고 있는 調整負荷量과 時間을 맞출 수 있는 長點이 있으나 設備費가 遠隔調整 不能器機에 比하여 高價라는 短點이 있다.

直接負荷調整器機中에서 遠隔調整이 可能한 것은 Receiver Switch뿐이며 Time Switch, Demand Controller, Thermostat 등은 Receiver Switch와 連結되어 使用되지 않는 한 遠隔調整은 不可能한 것이다.

電力會社에서는 直接負荷方案 講究時에 負荷量과 調整時間을 임의대로 調整할 수 있는 方案을 講究하게 되기 때문에 直接負荷管理方法은 주로 Receiver Switch를 사용하는 遠隔調整裝置에 대하여 檢討하게 되는 것이나 直接負荷調整器機는 각기 그 機能과 設置費用이 相異하므로 直接負荷管理를 實施하려 할 때에는 電力會社의 施設容量, 保有設備, 發電配合(Generation Mix), 需用家들의 負荷特性, 經濟性 등을 면밀히 檢討後에 어떠한 直接負荷調整器機를 採用할 것인가에 대하여 決定하여야 한다.

2) 遠隔調整裝置의 通信方法

遠隔調整裝置의 採用時에는 그 通信方法에 대하여도 考慮해 볼 必要가 있는 바 그 通信方法에 따라서 다음과 같이 나누어 볼 수 있다.

既存 商業放送의 放送網을 利用하여 Receiver Switch를 作動시킬 수 있는 UHF-FM 주파수를 送出시키는 UHF-FM Radio System, 電力會社에서 各需用家에게 電力을 供給하기 爲하여 設置해 놓은 配電線路에 高周波를 添加시켜 Receiver Switch를 作動시키는 配電線路 利用方式(Power Line Carrier System) Pulse發生器(Pulse Initiator)로 Pulse에 따라 器機를 作動시키는 Ripple Control System, 電話局의 電話線을 利用하여 Telephone System에 器機를

連結시켜 作動시킬 수 있는 Telephone Line System 등이 있다.

通信方法에 따라 各各 長短點이 있는 바 이를 살펴보면 Radio System은 商業放送의 放送網을 利用하므로 費用이 저렴하나 山岳이나 都心の 高層빌딩으로 이루어진 難聽地域에는 Radio System이 거의 無用之物이며 難聽地域이 아니더라도 Radio System에 의한 稼動率이 비교적 낮은 水準(70%内外)이라는 短點이 있다.

電力線(Power Line Carrier)利用方式은 各需用家에게 電力線이 이미 設備되어 있다는 面에서 通信線을 確保하기 容易하다는 長點이 있으나 電力線에 高周波 搬送裝置를 設置해야 하므로 設備費가 所要된다는 短點이 있다.

電話線(Telephone Line System)利用方式은 器機動作後에 과연 作動하고 있는가를 確認 가능한 雙方通信(Two-way Communication)이 可能하다는 長點이 있는 反面, 電話番號에 따라 需用家を 管理하므로 管理가 複雜하며 電話局과의 回線使用料의 負擔問題가 惹起될 수 있으며 電話普及率도 電話線 利用에 難點이 될 수 있다.

이를 圖表化해보면 다음과 같다.

표 5.1. 各 方式別 長·短點

通信方法	長 點	短 點
Ripple Control System	· 信賴度 높음 · 盜電防止 · 現在 가장 많이 普及되어 있음	· 設備費 高價
無線放送 (Radio)	· 商業放送의 利 用으로 費用 低 廉 · 受信裝置 低廉	· 山岳·都心地域 의 難聽地域 · 稼動率 低水準
電話線 (Telephone line)	· 雙方通信(Two-way Communication)可能	· 需用家管理 複雜 · 回線使用料 負擔 · 電話普及率
電力線 (Power line Carrier)	· 通信線 確保 容易	· 配電線 搬送裝 置 設備費

5.5 外國의 負荷管理

1) 불란서의 負荷管理

불란서電力公社(EDF)의 負荷經營시스템은 '57年の Green Tariff의 施行以後 負荷管理시스템의 發展을 위해 負荷分析 負荷豫測, 供給施設의 長期限界費用 算出로 料金制度 뿐 아니라 電源開發과 그 配合을 最適化하는데 貢獻하였다.

EDF의 負荷管理 초석은 長期 限界費用 原則에 의한 季節別·時差別 料金制度, 時間帶別 電力 및 電力量 記錄計量器의 開發과 計量器를 各 需用家에게 設置하는 것이다.

이와 동시에 이러한 需用家の 自己利益을 追求한 負荷調整 努力을 돕기위해 冷溫房 貯藏裝置를 投資·開發하여 需用家에게 普及시켰다.

한편 리플콘트롤과 같은 負荷調整器機르 시스템화하여 需用家の 負荷를 系統負荷에 맞추어 調整할 수 있게 하였다.

2) 美國의 負荷管理

美國의 수백개의 電力會社가 各 州政府의 獨立的인 規制를 받으면서 電力을 供給하고 있기 때문에 一率的으로 負荷管理 現況을 記術할 수는 없지만, 負荷管理를 시행하고 있는 몇몇 會社를 살펴보면 中央集中式 에어컨, 온수기, 펌프 등에 대하여 라디오 시스템이나 送配電시스템을 利用 負荷 管理를 하고 있다.

負荷管理는 試驗段階를 거쳐 負荷管理體系의 經濟性 分析 및 기타 效果의 檢討後 當國의 許

可를 얻어 본격적인 實行段階에서는 會社內 各部處의 人員들로 팀을 構成 負荷調整體系와 EMS 및 SCADA와의 關係를 調整하여 負荷調整機를 구입·設置하고 負荷曲線等の 資料를 계속적으로 수집하고 對需用家 弘報 및 教育을 行한다.

6. 結 論

電力事業은 設備投資를 節減하고 效率의 運營 合理化를 위하여 持續的인 負荷管理가 遂行되어야 한다.

즉 電力會社에서 施行하는 直接 및 間接負荷管理方案은 需用家에 대하여 不便과 損失을 招來케 한다 하더라도 電源開發投資費를 節減하게끔 電力을 生産·供給함이 可能하므로 國家的 次元에서 볼 때에 限定된 資源의 效率의 配分이 이루어지게 되는 것이므로 電力會社에서 는 적절한 負荷管理方案을 講究하여 負荷率을 向上시키려 努力하는 것이다.

또한 電力需要는 電力會社에서 調整할 수 있는 限度가 있으므로 直·間接 負荷管理方案의 實施에는 費用과 時間이 所要된다는 것을 認知하고 급격한 變化를 가져오지 않는 범위내에서 수용가의 不便을 最少化하고 가장 經濟性이 있고 우리나라의 實情에 맞는 負荷管理方案講究를 위하여 계속 研究·精進해 나가야 할 것이다.