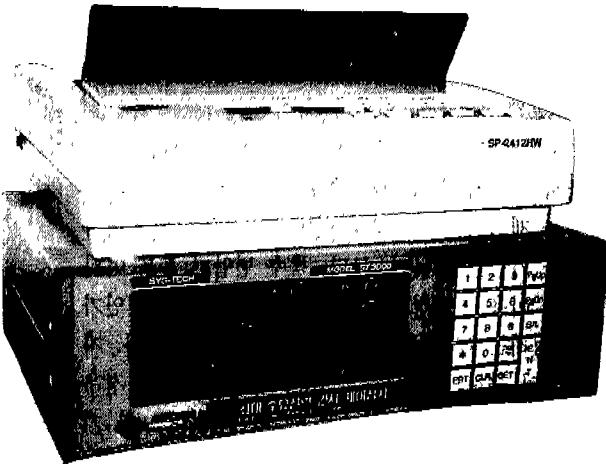


# 전력수요관리의 필요성 및 기술



글/도 유 봉(에너지관리공단 과장/기술사)

## 1. 머리말

에너지 수요의 확대, 중장기적인 부존자원의 유한성 등에 따라서 에너지 안정공급 확보의 필요성이 한층 높아지는 한편, 에너지 소비증대에 의한 지구 환경의 오염, 온난화 등이 세계적인 문제로 되어 있다.

세계의 에너지 공급에 대해서는 OECD제국, 구 소련지역 등의 비OPEC제국에 있어서 석유공급 능력의 대폭적인 확대는 곤란할 것이 예상됨에 따라 석유공급의 중동의존도가 다시 상승할 것으로 예측되고, 세계의 에너지 수요는 아시아·태평양 지역을 시발로 하는 발전도상국을 중심으로 하여 크게 증가할 것으로 보여진다.

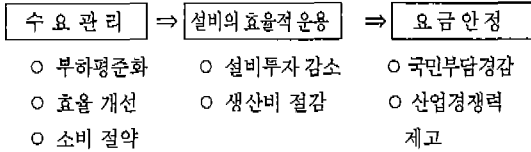
'93년 4월에 발표된 1EA의 세계 에너지 수요의 전망에 의하면 1990년부터 2010년까지에 세계 전체로 에너지 수요가 약 1.5배로 증가될 것으로 예상되고, 특히 발전도상국에 있어서는 약 2.2배로 대폭적인 증가가 예상되고 있다.

또한 '92년 6월 브라질에서 국제연합환경개발회의(UNCED)가 개최되어 논의된 것으로 근년 화석연료의 사용에 따라 CO<sub>2</sub> 배출에 의한 지구온난화 문제 등 지구환경 문제에 대응하는 에너지 정책의 새로운 방향으로 에너지 수요관리가 부각되고 있다.

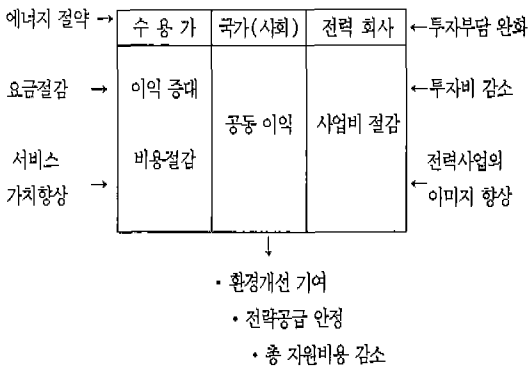
수요측면에서 보면 산업의 발전과 국민생활수준 향상으로 경제성장률을 상회하는 우리나라의 에너지 소비증가율, 그중에서도 전력수요 성장률은 최근 5년간 연평균 11.4%, 최대전력 증가율은 10.1%에 달하고 있어 적정수준의 공급예비율을 유지하기 위해서는 해마다 이만큼씩 공급능력을 확충해 나가야 하지만 투자재원 및 입지확보, 환경제약 등 많은 어려움이 따르고 있다.

그러므로 전원개발을 보완하는 수단으로서 최소의 비용으로 에너지 수요를 충족시키는 비용최소화계획(LCP : Least Cost Planing)을 수립하여 에너지 효율개선, 부하관리, 연료전환 등의 수요관리(DSM : Demand Side Management)를 추진해 나가야 할 것이다.

<표 1> 수요관리의 방법 및 기대효과



구분	소비절약 (Conservation)	부하 관리 (Load Management)
목적	· 전기사용 효율향상을 통한 전력수요(kW, kWh) 감축	· 최대부하의 최저부하 간의 격차를 줄여 부하평준화도모
관리방법	· 고효율기기 보급지원 · 절약정보 제공 및 홍보 · 전기설비 진단	· 간접관리 : 수용기의 자발적 부하조정 유도 · 직접관리 : 전락사용 제한
관리효과	<p>소비절약전 소비절약후</p>	<p>부하관리전 부하관리후</p>



## 2. 수요관리

### 가. 개요

「수요관리」란 부하관리와 효율개선을 위한 투자를 통하여 신규발전소 등 공급시설 확충에 드는 부담을 경감시키고 기기의 효율향상을 기하는 관리기법으로서 표 1과 같이 「국가·수용가·전력공급사의 공동

이익」을 도모할 수 있다.

### 나. 필요성

#### 1) 전력공급설비 건설부지 확보문제

일반적으로 발전소나 송배전설비 등 전력공급설비는 위험하고 특히 발전설비는 오염물질을 배출하는 혐오시설로 인식되어 아무도 자기주변에 이러한 시설이 설치되는 것을 원하지 않는다. 아무리 오염방지 기술의 발달로 오염물질의 배출이나 원자력발전소 및 방사능 폐기물 처분장의 방사능 누출방지를 확실히 할 수 있고, 송배전설비나 LNG기지의 폭발 위험이 전혀 없다고 홍보를 해도 주민들이 위험성 있는 것으로 인식하는 한 건설부지 문제는 쉽게 해결할 수 없는 상황이다. 그리고 지방자치화와 민주화가 더욱 진행되고 환경문제가 심해질수록 홍보나 건설 예정지역에 대한 경제지원을 약속해도 대규모 원자력, 화력발전소 및 폐기물처리장의 건설부지 확보의 어려움이 가중될 것으로 예상되고 있다.

#### 2) 투자재원 부족의 심각

장기 전력수급계획에 의하면 2006년까지 현재의 2배에 해당하는 발전설비 44,820MW를 추가로 건설할 계획으로 있어, 이에 따르는 건설비용은 약 46조원으로 이것을 경상가격으로 환산하면 매년 약 5조원의 재원이 소요하게 되므로 90년대에 집중적으로 요청되고 있는 도로, 철도, 주택 등 다른 사회간접자본 투자수요와 맞물려 있어 투자재원 조달에 심각한 문제점을 안고 있다.

#### 3) 환경오염 및 국제환경규제 심화

국내 전력생산에 따르는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량은 1990년에 980만톤을 기준으로 하여 2000년에는 2.3배인 2,244만톤, 2010년에는 2.8배인 2,841만톤으로 증가가 예상되고 있으며, 또한 연기중에 포함된 아황산가스(SO<sub>x</sub>), 질소산화물(NO<sub>x</sub>) 등은 식물은 물론 인체에 심각한 피해를 주며, 특히 이들 가스로 형성된 산성비는 물과 토양의 산성화와 산림의 피해를 주고 있다.

CO<sub>2</sub> 배출량을 제한하는 기후변화협약이 발효('94년 3월 21일)됨으로써 선진국들이 환경협약의 실

효성을 확보하기 위하여 환경기준이나 에너지 사용 기기의 효율기준을 강화하여 비과세 장벽을 이용할 가능성이 높아지고 에너지세/탄소세의 도입에 적극적으로 나섬에 따라 환경보전을 위한 무역규제의 구체화가 예상되고 있으므로, 국내 전체 CO<sub>2</sub> 배출량의 18.1%를 차지하고 있는 발전부분의 CO<sub>2</sub> 배출을 효과적으로 감축시켜야 하는 부담을 안고 있다.

4) 소비 측면

에너지 가격이 다른 물가에 비하여 상대적으로 저렴하고 국민소득 증대에 따라 과소비 풍조와 에어컨의 보급확대 등으로 가정용·업무용 전력수요가 피크(Peak) 수요에서 차지하는 비중이 커지고 있고, 난방용 가스사용이 급격히 증가하고 있어 하절기 가스수요 개발 등 국가적인 에너지 수급균형을 위해 효율적인 수요관리 시책이 요구되고 있다.

다. 외국 사례

1) 미국

미국의 수요관리는 1960년대부터 시작하여 1970년대 중반에는 전력사업 운영에 중요한 위치를 차지하고 있으며 '91년도에는 약 15억달러를 DSM에 투자하였고 '92년도에는 약 20억달러 이상의 비용을 투자하는 등 전력회사들의 수요관리에 대한 참여도가 계속 증가함에 따라 장기 자원계획에서 DSM의 역할은 더욱 확대되고 있다.

미국 전력연구소(EPRI)에서는 1977년부터 DSM을 지원하기 위하여 관련된 정보를 입수하여 지원하고 있으며 1993년 5월에 발표한 자료에 따르면 1992년도 미국의 DSM 프로그램은 2,321개로 10가지의 기본범주로 나뉘어지고, 전력회사들이 DSM을 추진하는 주요동기는 최대부하 역제가 가장 크며 다음이 에너지 효율개선, 부하이동, 부하평준화 등이다.

'91년도에는 수요관리에 의하여 17백만kW의 최대수요전력을 경감하였고, 전력사용량은 230억kWh를 절감함으로써 발전소 건설투자비 160억불(약 16개 신규발전소) 상당의 건설지연을 가져왔으며, 약 17백만톤의 CO<sub>2</sub>와 63,000톤의 SO<sub>x</sub>를 감축하였다.

우리나라의 총 발전설비와 비슷한 규모인 미국 캘리포니아의 PG&E사(Pacificgas and Electric Company)의 경우, DSM 프로그램을 위해 1993년 총 296백만불(2천3백억원)을 투자하여 623GWh가 절감될 것으로 예상되고 있으며 그중 대부분은 가정과 상업부문(60%, 28%)에 투자할 계획으로 있다.

대표적 DSM 프로그램인 「The Golden Carrot」은 고효율기기 제조업자, 판매업자, 구매자에게 여러 가지 지원을 해주고 있으며 특히 고효율 냉장고의 경우 CFC 사용규제와 연계하여 환급제도(30백만불, 230억원)를 실시하고 있다(Turn In Program).

PG&E사의 경우 DSM을 통해 2000년까지 18.4백만톤의 CO<sub>2</sub>를 저감(우리나라 전체 CO<sub>2</sub> 절감잠재량의 81%에 해당)할 수 있을 것으로 추정하고 있으며 신규 예상 전력소비 수요의 75%는 DSM 방안에 의해 충족시킬 계획으로 이를 위해 20억불(1.8조원)의 투자계획을 수립해 놓고 있다.

2) 영국

전형적인 동계 피크형 부하곡선을 가지고 있는 영국은 전기부하율이 57~58% 수준에 머물고 있기 때문에 부하율 향상을 위해 그동안 많은 노력을 기울여 왔다. 특히 영국은 심야수요 창출을 위해 심야 시간대의 전력사용분에 대하여는 값싼 요율을 적용하는 주·야간 차등요율제인 White meter 또는 Economy 7 rate와 단일요율제인 General rate중 수용가가 선택하여 사용하도록 하는 선택요금제를 도입하여 축열식 난방기기 및 축열식 온수기 개발보급에 노력한 결과 현저한 성과를 이루게 되었다.

뿐만 아니라 심야부하용 기기의 통전시간 통제를 위하여 BBC 방송국을 이용한 Radio teleswitching system으로 무선에 의하여 전력회사에서 수용가의 부하를 원격으로 임의 조정하는 직접 부하관리도 병행 실시하고 있다.

영국에서는 1990년 3월 31일부터 전력산업에 민영화가 도입되어 잉글랜드, 웨일즈의 중앙배전국(CEGB)은 3개의 발전회사(뉴클리어일렉트릭, 내셔널파워, 파워젠)와 1개와 송전회사(내셔널그리드)로 분리되었고 12개의 지역배전국은 각각 민영

지역 공급회사로 탈바꿈하였으며, 비용효율적인 DSM 사업들을 추진하는 경우 10년간에 걸쳐 1992년 전력소비의 6%를 절감할 수 있는 것으로 추정하고 있다.

### 3) 캐나다

많은 주의 전력회사들이 DSM에 대한 계획을 수립하여 실시하고 있으며, 캐나다에서 가장 큰 DSM 프로그램을 가진 전력회사는 온타리오 하이드로(Ontario Hydro)이며, 다음은 브리티시콜롬비아 하이드로(British Columbia Hydro)이다. 온타리오 하이드로 회사의 경우 주요 에너지 사용기기를 중심으로 DSM을 실시하고 있는데, 1990년 원자력발전 부문에 소요되던 비용 2억4천만불(1천9백억원)을 DSM 프로그램으로 전환하여 투자함으로써 17만7천톤의 CO<sub>2</sub>를 저감하였다. 1992년부터 2000년까지 8년간 DSM을 위하여 30억불(2.7조원)을 투자할 계획이며 3,000MW의 신규 발전건설(CANDU 8대분)을 취소할 계획에 있다.

브리티시콜롬비아 회사는 「파워스마트(Power smart)」 상표하에 마케팅 프로그램을 갖고 있으며, 약 25개 캐나다 전력회사들이 파워스마트에 등록하였고 체코슬로바키아와 멕시코의 전력회사들도 파워스마트의 회원으로 등록되어 있다. 캐나다 정부는 대외협력사업으로 파워스마트의 활동을 지원하고 있으며, 파워스마트 프로그램은 전기기기 인센티브, 상업조명 인센티브, 산업용 전동기, 에너지 진단활동을 포함하고 있다.

### 4) 호주

호주는 빅토리아 주립전력위원회가 1980년대 중반 시범연구사업에서 수요관리가 시작되었다. 이후 몇몇 전력회사들은 DSM 계획수립, 가전기기 리베이트, 고효율 조명기기 보급사업, 상업용 조명 리베이트, 상업 및 산업에너지 심사와 인센티브 프로그램, 에너지 서비스 프로그램과 같은 형태의 북미의 프로그램을 모방하기 시작하였다. 현재의 프로그램들은 사업성 평가와 실행상의 문제점을 파악하기 위한 예비 프로그램으로 1989년에 SECV는 40개 연구프로젝트와 프로그램들로 구성된 수요관리 실천계

획(Demand Management Action plan)에 55백만 달러를 투자하였다.

1990년 이후 6개의 재정지원 프로그램이 상업용 수용가들을 대상으로 시행되었으며 이들 프로그램들은 조명 인센티브 프로그램, 입찰 프로그램, 상업용 에너지 효율개선 리베이트 프로그램, 고효율 전동기와 구동장치에 대한 프로그램 등이었다.

최근 호주의 전력공급자협회에 의하여 모든 호주의 전력회사들이 사용할 수 있는 표준 DSM 프로그램 패키지를 만들기 위한 시도가 있었으나 실패로 끝났는데, 이것은 아직도 판매증가 정책을 갖고 있는 지역전력 판매회사들이 DSM에 대하여 거부감을 갖고 있기 때문으로 판단된다. 빅토리아 주립전력위원회는 DSM, 요금제도, 그리고 기타 서비스의 요소들이 수용가들에 어떻게 인식되는가를 연구하기 위한 서비스의 질에 대한 혁신적인 연구를 시작하였고, 호주의 경우 국가와 주의 환경정책에 의하여 DSM이 추진되고 있으며 2005년까지 20%의 CO<sub>2</sub> 감축을 목표로 하고 있다.

### 5) 일본

일본의 전력회사들은 일찍부터 요금제도에 의한 수요관리를 하여 거의 대부분의 제도가 전기공급규정 이외의 공급조건으로 운영하고 있다. 즉 부하곡선별 조정계약, 하계휴일계약, 하계조업 조정계약, 피크시간 조정계약 등 다양한 수요관리요금 제도를 수용가에게 제시하고 수용가는 시장경제원리에 입각하여 자율적으로 선택여부를 결정하도록 하고 있다.

일본의 최대전력도 우리나라와 마찬가지로 '60년대까지는 가정용 난방 및 조명수요가 나타나는 겨울철 저녁에 발생하였으나 1968년부터는 냉방기기 보급의 확대에 의한 냉방수요의 급증으로 여름철 주간에 나타나게 되었으며, 이러한 하계최대수요는 해가 갈수록 첨예화되면서 주·야간, 계절별 전력수요 차이가 확대되어 부하율은 60%대('92년 56%)를 밑돌게 되어 최근에는 업무용 수요에 대한 긴급시조정 계약제도 도입, 계절별 요금제도의 2계절 3시간대로의 확대, 가정용수요에 대한 시간대별 요금제도 도입 등 새로운 수요관리 제도를 채택하고 있다. 그

리고 수용가에 대한 에너지절약 정보제공을 위하여 신문·TV 등 매스미디어 홍보외에 강연회·전시회 등의 개최, 콘서트활동 등의 방법으로 에너지절약의 필요성과 구체적인 절약방법을 알려주고 있다.

그리고 직접 부하제어에 대한 실험이 큐우슈전력이 '89년부터 가코시마 시내의 가정용·업무용 에어컨의 사이클링 제어를 실시(가정용은 3분 Off/3분 On, 업무용은 3분 Off/15분 On)하였는데, 이 실험으로 12.8%의 에어컨 부하억제를 이루었으며 전체 에어컨 제어를 가정하면 피크타임 전력의 5.6%에 달하는 70만kW의 삭감효과가 예상된다고 한다. 또한 '91년 7월 동경전력에서는 축열수탁사업을 개시하고 수용가를 대신하여 축열조설치와 원격감시제어를 담당함으로써 시스템에 대한 야간 운전인원을 확보할 필요가 없도록 하는 특별한 서비스 활동도 수행중에 있다.

#### 6) 프랑스

수입 화석연료(석유, 석탄, 가스)에 의존한 화력 발전 방식에 치중했던 프랑스는 1, 2차 석유위기 이후 1차 에너지원의 수입의존도 감축을 위해 국내 부존자원을 이용한 수력 및 원자력발전으로 전환하여 '91년말 현재 수력 13.0%, 화력 13.4%, 원자력 발전량이 73.6%의 구성비를 보여주고 있으며, 특히 원자력 발전위주의 전력공급 정책은 전력생산원가 하락에 크게 기여하였다.

그러나 이러한 기저부하용 발전설비의 구성비 증가는 부하율이 낮을 경우 막대한 설비 투자비용이 발전비용으로 전가될 위험성도 동시에 내포하게 되므로 프랑스 전력공사(EDF)는 일찍부터 수요관리에 관심을 기울이게 되어 이미 놀라운 수준의 수요관리 기술과 경험을 축적하게 되었다.

EDF의 주요한 수요관리로서 계절별·시간대별 차등요금제도를 이용하여 수용가들이 자발적으로 가장 저렴한 비용으로 전력을 소비하도록 부하조정을 유도하고 있으며, 이러한 간접 부하관리 방법과 병행하여 Ripple control system을 통한 직접 부하관리 방식을 시행하고 있다. EDF의 수요관리 성과를 보면 '52년 일부하곡선의 심야 최소전력은 일평균전

력의 60%, 최대부하는 140%를 기록하였으나, '80년에는 최소부하가 85%, 최대부하는 110% 수준으로 그 격차가 현저하게 감소하였다.

이와 같은 EDF의 성공적인 부하평준화 성과는 심야전력용 기기의 개발·보급, 경제적 심야전력 요금 수준, 그리고 효율적인 원격조정장치의 이용 등 3가지의 요소가 모두 충족된 데에 힘입은 바가 크다.

또한 새로운 선택적 요금제도로써 '85년 이후 「피크데이 회피요금(Peakday withdrawal option)」을 도입하고 있는데, 이 요금제도는 일년중 소수의 날에 걸쳐 분포되어 있으나 그 사전적 예측이 어려운 피크데이 발생성질을 감안하여 최대부하가 발생할 가능성이 높은 동계의 일정기간을 미리 약정하되, 전력업체가 전력수요가 높아서 첨두부하용 발전기가 가동되어야 할 경우 피크시간을 임의로 선정하여 소비자에게 통보하여 소비자들로 하여금 선정된 피크기간의 높은 요금부담을 회피하도록 유도하는 요금제도이다. 이 요금제도는 이중에너지 시스템에서 전력의 공급비용을 반영할 수 있다는 이점을 가지며 수요관리와 한계비용의 개념이 조화된 좋은 예로서 실제에 있어서도 시스템 피크수요 절감에 효과를 거두고 있는 것으로 보고 있다.

#### 7) 독일

독일의 전원구성을 보면 석탄, 원자력, 수력 등 석유이외의 1차 에너지에 90%를 의존하고 있다. 독일은 연중 최대부하일이 겨울에 발생하는데 지난 20년간 최대부하일의 부하패턴은 놀랄만큼 평준화되어 왔다(최대부하일의 최대부하/최저부하비를 보면 '65년 12월의 2.19에서 '83년 12월에는 1.34를 기록).

수요관리 방법으로는 야간전력을 이용한 축열식 전기히터의 기술개발과 저렴한 심야전력 요금정책(주간요금의 약 1/2수준)을 지적할 수 있으며, 축열식 전기히터 보급률은 약 8%에 달하며 계속 증가하는 추세를 보이고 있다. 산업체에서는 시멘트, 알루미늄, 제분, 전기로 등의 업계가 야간전력요금을 이용하고 있으며, 산업체가 필요로 하는 전력의 약 18%를 자가발전으로 충당함으로써 첨두부하 경감에

공헌하고 있다.

난방, 급탕 수요의 약 4%를 담당하고 있는 지역 난방의 80%는 열병합발전에 의해 열공급이 이루어지고 있는데, 현재 총 발전량의 3%에 달하는 열병합발전은 향후 10년간 5% 수준까지 확대될 전망이다.

### 3. 수요관리 기술

#### 가. 유형

전력부하 평준화, 즉 부하의 조정은 전력 피크를 조정·억제하여 부하가 낮은 심야시간대에 전력을 소비하게 하는 것이다. 또한 심야부하를 창출하여 부하의 평준화를 도모하고 부하율을 인상시켜 시설의 이용률을 향상시킴으로써 원가를 절감하고 요금을 인하시키는 데 그 목적이 있다. 수요관리의 유형에는 그림 1과 같이 최대부하 억제, 심야부하 창출, 최대부하 이동, 소비절약, 부하성장, 가변부하 조정이 있다.

##### 1) 최대부하 억제 (Peak Clipping)

최대부하만을 인위적으로 제한시켜 부하율을 향상시키는 방법으로 주로 직접부하 관리에 의하여 최대부하를 억제시키거나, 차등요금제도를 이용하여 최대부하를 억제시키는 방법으로 중앙집중식 에어컨 체어나 부하관리 요금제도 등이 여기에 속한다.

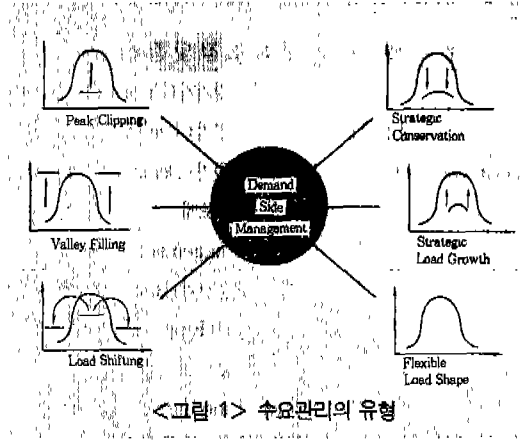
##### 2) 심야부하 창출 (Valley Filling)

전력사용이 적은 심야시간대의 전력사용을 증대시키는 방법으로 주로 축열식 기기의 보급확대 및 시간대별 차등요금에 의해서 가능한 것으로 축열식 전기온수기, 온수난방, 세라믹 소재를 이용한 축열식 전기온돌기 등이 있다.

##### 3) 최대부하 이동 (Load Shifting)

최대부하 시간의 부하를 심야시간대로 이동시키는 방법으로, 심야부하 창출은 심야시간대의 부하만을 증대시키지만, 최대부하 이동은 최대부하 시간대의 부하를 심야 시간대로 이동을 피하는 것이 상이한 것으로, 빙축열 시스템의 활용이 한 예이다.

##### 4) 소비절약 (Strategic Conservation)



<그림 1> 수요관리의 유형

부하곡선상 전 시간대의 전력소비를 절감시키거나, 특히 최대부하 시간대의 부하를 타 시간대 보다 많이 절감시켜 부하율을 향상시키는 방법으로, 고효율기기(조명기기, 인버터, 고효율 전동기), 전기 대체기기(열흡수식 냉동기, 전동기대체 구동기기, 가스 냉방기), 열병합발전 및 지역난방의 보급확대, 전기진단 및 기술지도, 소비절약을 위한 홍보·계몽 및 세미나 개최 등이 있다.

##### 5) 부하성장 (Strategic Load Growth)

부하성장은 주택 및 공장 생산라인에서 전체 에너지 사용분중 전력사용 비중을 상향 조정하여 전 시간대에 걸친 전력소비를 증대시켜 부하율을 높이는 방법으로, 히트펌프의 설치 및 소비축진형 요금제도 등이 있다.

##### 6) 가변부하 조정 (Flexible Load Shape)

목표부하 모형을 먼저 설정한 뒤에 신뢰도를 감안한 적정 전력공급을 선택할 수 있는데, 각 시간대별 목표부하를 초과하는 전력수요를 사전에 조정하는 방법으로서, 예약에 의한 전력공급, 가변적 요금제, 수용가의 부하제어장치 등을 이용하여 공급차단 또는 부하삼각을 할 수 있다.

#### 나. 직접 부하관리

##### 1) 부하 조정기기

직접 부하관리를 위한 부하 조정기기 및 통신기기는 표 2와 같다. 이상의 부하 조정기기중 전력회사

<표 2> 직접 부하관리 기기

구분	부하조정및통신기기
전열기 부하 조정장치 (Local controllers)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사용순위 결정기기(Priority Relays)</li> <li>○ 시계장치 조정기(Time Controllers)</li> <li>○ 부하용량 제한기(Demand Limiter)</li> <li>○ 부하조정 온도계 (Load Management Thermostats)</li> </ul>
원격 조정장치 (Remote Control System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 라디오 조정장치(Radio Systems)</li> <li>○ 리플 조정기(Ripple Controllers)</li> <li>○ 전력선 방송 (Power Line Carrier System)</li> <li>○ 전화망 조정장치(Telephone Systems)</li> <li>○ 동축케이블 장치 (Coaxial Cable Systems)</li> <li>○ 혼합형 시스템(Hybrid Systems)</li> </ul>
부하조정용 통신 정보망 (Communication Information System)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 빌딩군 시스템 (Multi-Building Systems)</li> <li>○ SCADA 시스템 (System Control and Data Acquisition)</li> </ul>

의 조정망을 통하지 않고 수용가의 전열기기를 독립적으로 미리 정한 계획에 의해 조정하는 부하조정기(Local Controller)는 수용가의 전열기기에 직접 부착되어 독립적으로 부하를 조정하는 것으로, 계통 피크 부하시간이 항상 일정하지 않기 때문에 수용가의 최대부하가 계통 피크 부하에 일치할 수 없다는 단점이 있다.

가) 사용순위 결정기기(Priority Relays)

수용가의 전열기기를 상호 연결하여 일정 피크 시간동안 일정부하 이상 되지 않게 미리 정한 우선순위에 따라 전력을 사용하고 낮은 순위의 전력수요를 순번으로 차단하는 장치이다.

나) 기계장치 조정기(Time Controllers)

기계식 시간조정기 : 25시간~1주일까지 조정가능.

전자식 시간조정기 : 16회선까지 동시조정, 365

일간 프로그램 가능.

다) 부하용량 제한기(Demand Limiter)

수용가의 전력사용이 일정한 값을 넘지 않도록 전류를 제한하는 장치이다.

라) 부하조정 온도계(Load Management Thermostats)

내부·외부 온도에 따라 전열기기를 조정하는 장치로서, 예를 들면 피크 시간대에 이르기 직전까지 에어컨을 자동적으로 최대로 가동시키고 피크 시간대에는 최소로 가동시키는 방법이다.

마) 프로그램 할 수 있는 조정기(Programmable Controllers)

마이크로 컴퓨터를 이용 수용가의 각 단위별 내지 그것의 조합별 전열기기에 대한 부하 조정기기 중 가장 발전된 것으로 대형 상업용 빌딩의 에너지 절약 및 에너지관리 시스템으로 사용한다.

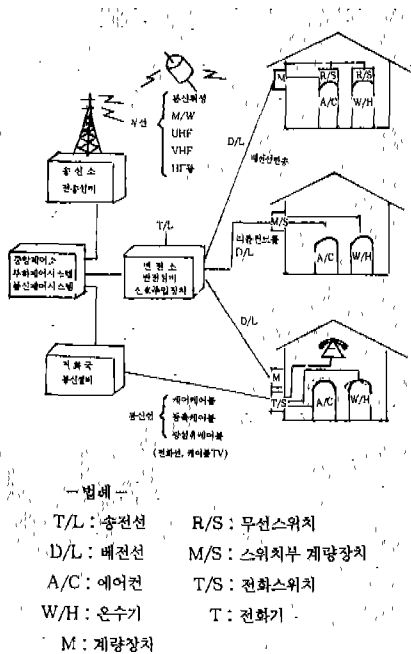
2) 원격 조정기기

원격 조정장치(Remote Control System)로서는 그림 2와 같이 기존 상업방송의 방송망을 이용하여 수신 스위치(Receiving Switch)를 작동시킬 수 있는 UHF-FM 주파수를 송출시키는 UHF-FM 무선방식, 전력회사에서 각 수용가에게 전력을 공급하기 위하여 설치해 놓은 배전선로에 고조파를 첨가시켜 수신 스위치를 작동시키는 배전선로 이용방식(Power Line Carrier System), 펄스발생기(Pulse initiator)로 펄스에 따라 기기를 작동시키는 리플 제어방식, 전화국의 전화선을 이용하여 전화기에 기기를 연결시켜 작동시킬 수 있는 통신회선방식 등이 있다.

통신방법에 따른 장단점을 살펴보면, 무선방식은 상업방송의 방송망을 이용하므로 비용이 저렴하나 산악이나 도심의 고층빌딩으로 이루어진 난청지역에는 거의 무용지물이며 가동률이 비교적 낮은 수준(70% 내외)이라는 단점이 있다.

전력선 이용방식은 각 수용가에게 전력선이 이미 설비되어 있다는 면에서 통신선을 확보하기 용이하다는 장점이 있으나 전력선에 고조파 반송장치를 설치해야 하므로 설비비가 소요된다.

전화선 이용방식은 기기 동작후에 과연 작동하고



<그림 2> 통신 방식의 종류

있는가를 확인가능한 쌍방향통신이 가능하다는 장점이 있는 반면, 전화번호에 따라 수용가를 관리하므로 관리가 복잡하며 전화국과의 회선 사용료의 부담문제가 야기될 수 있다.

3) 심야전력 이용기기

심야전력 이용기기를 보급확대함으로써 전력수요가 낮은 심야시간대의 전력수요를 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 최대수요 시간대의 전력수요를 심야시간대로 이전시킴으로써 최대 전력수요를 낮출 수 있게 된다. 그래서 전력설비의 건설을 최소화할 수 있게 되어 공급설비의 증설없이도 전력생산량을 늘릴 수 있어 전력설비의 이용률을 높일 수 있다.

가) 축열식 공조시스템

(1) 히트(Heat)펌프를 이용한 축열식 냉난방 시스템(히트펌프+축열조)

축열식 히트펌프 시스템으로 냉열과 온열이 동시에 필요한 장소에서 열효율을 최대한 높일 수 있어 동절기에는 난방, 하절기에는 냉방으로 이용할

수 있는 기기이며, 히트펌프를 이용하여 주간사용 부하를 심야시간에 50% 물(얼음)로 축열하여 냉·난방하는 방식이다.

히트펌프는 외부의 열을 이용하므로 열효율이 높아 기존방식보다 연간 운전비가 1/3로 절감되나 온도 이용범위가 낮아 축열조 등의 설비비가 증가되므로 경제성을 감안하여 시설해야 되며, 선진외국에서는 에너지 절약형 기기로 널리 보급되고 있다.

(2) 수축열 냉방시스템(냉동기+축열조)

빌딩 지하에 있는 이중 슬래브를 이용해 축열조를 만드는 경우가 많고 공조 등에 이용된다. 축냉시스템은 주간 냉방에 필요한 열량을 심야시간대에 냉동기로 물을 냉각시켜 축열조에 저장하는 방식으로 1일 최대사용열량 50%를 축열하도록 냉동기와 축열조 용량을 선정하면 냉동기 및 전기용량을 1/2로 축소할 수 있어 설비비 및 연간 운전비를 절감하는 효율적인 냉방방식이다(냉열 이용온도 7~12°C).

(3) 빙축열 냉방시스템(냉동기+빙 축열조)

빙축열 방식은 수축열 방식과 비슷한 시스템으로 축열조의 물을 적당히(약 40%) 얼려 저장하는 방식으로 수축열 방식에 비해 축열조 설치공간이 1/6정도 감소되어 설비비 및 연간 운전비를 절감할 수 있는 효율적인 냉방방식이다(그림 3).

나) 축열식 전기온수기

심야전력을 이용하여 물을 데워 온수를 저장하였다가 생활에 이용하는 것으로서 순간식 가스 또는 전기온수기에 비해 설치장소(대당 약 1m<sup>2</sup>)의 공간 확보가 필요하고 대당 가격이 다소 비싼 편이지만 1대 설치로 여러 장소(주방, 세면장, 목욕탕)에서 동시에 사용이 가능하고 뜨거운 물을 즉시 사용할 수 있으며 기존 보일러(가스, 유류, 연탄)와 겸용으로 온수기를 사용하면 불필요한 보일러의 가동을 하지 않아도 되므로 에너지를 절약할 수 있는 이점이 있다.

다) 전기 차끓이기

온수기와 비슷한 구조로 되어 있으며 심야전력으로 차를 끓이는 것으로 비교적 간단한 기기이다.

요식업소, 학교 또는 대중 집합장소에서 음료수



제공을 위해 연탄이나 가스 등으로 물을 끓이던 것을 전력을 이용함으로써 시간절약과 밀폐된 주방 등의 쾌적한 환경조성 등의 장점이 있다.

라) 축열식 전기온수 보일러

타 연료를 이용한 온수보일러와 비슷한 구조로 가열방식을 타 연료대신 심야전력을 이용하여 심야 시간에 90~95°C의 온수를 만들어 효율이 높은 축열탱크에 저장하였다가 필요한 시간에 순환시켜 난방을 하는 기기이다.

대도시 공해해소와 난방연료를 타 에너지로 대체하고자하는 정부의 에너지 정책에 부응하여 심야 전력부하로 흡수, 에너지 대체효과와 전력평준화에 적합하다.

마) 축열식 전기온돌

난방이 필요한 장소에 난방관 대신 전열판과 축열블럭을 설치하여 심야시간에 70~80°C까지 가열, 축열체에 열을 축적하였다가 서서히 방열함으로써 실내바닥 온도는 30~40°C로 일정하게 유지하도록 하여 난방하는 것으로서 온수보일러에 비해 보일러가 필요없고 수도배관이 시설되지 않으므로 열효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

다. 간접 부하관리

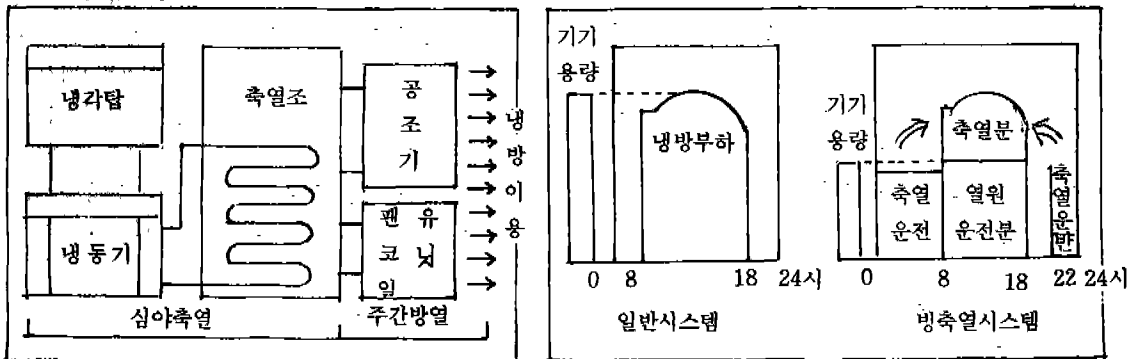
1) 한계비용 관리

간접적인 부하관리 방안은 요금제도를 통하여 수용가의 자주적인 판단과 노력으로 부하사용 형태나 사용량을 이동시키는 방법이다. 전기요금은 국민생활에 직접적이고 광범위하게 영향을 미치는 요소로서, 효율편성의 가장 중요한 원리는 효율성과 형평성의 조화라고 볼 수 있다. 형평성은 공공재로서의 정책적 측면을 중시하지만, 효율성은 사회전체 이익의 극대화를 추구하며 주어진 자원의 최적분배를 도모하도록 하는 한계비용 이론원리로서 찾을 수 있다.

그러므로 한계비용 요금제도는 소비자의 이익증진과 효율적 배분을 유도할 수 있는 부하관리형 요금제의 기초라고 말할 수 있으며, 실제 전력가격의 한계비용 계산은 단기와 장기로 분류된다.

단기 한계비용은 한계수요를 공급하기 위하여 생산자가 추가로 부담하게 되는 운전 및 공급지장(Failure)비용으로서 발전설비의 증가가 불필요한 경우이며, 장기 한계비용은 한계수요를 충족하기 위한 추가 발전시설의 투자비용이다.

요금편성은 전력추가단위(kWh) 소비로 인한 전력회사의 추가비용을 가격에 반영하여 고객에 부가하게 되는데, 시장경제의 핵심적 요소로서 생산자는 한계비용의 가격과 같도록 생산할 것이고, 소비자는 한계비용이 가격과 같도록 소비하여 궁극적으로 국가 자원의 최적 배분은 물론 과소비억제 등 수요균



시스템의 구성도

시스템의 운전방식

<그림 3> 빙축열 냉방시스템

형을 가져오게 되는 것이다.

2) 시간대별 차등요금제도

시간대별 차등요금제도는 근본적으로 1년 8,760 시간별로 발전비용이 다르기 때문에 계절에 따라 각 시간의 발전비용에 따라 요금을 다르게 부과하는 제도이다.

실제적으로 하절기와 기타 절기로 구분하고, 하루 24시간을 몇개의 시간대로 분류하며, 또한 평일과 휴일을 구분하여 한계비용 원칙에 의해서 요금을 다르게 부과하게 된다.

부하가 높을 때는 비싼 에너지 요금을 부과하고 추가시설에 의한 기본요금도 이 최대 부하시간대에 요금을 부과하는 것이다. 반면에 최소부하 시간대에서는 실제 들어간 에너지 비용만큼 싸게 부과함으로써 전력수요를 늘려 부하율을 향상시키려는 것이다.

전력요금은 대체로 기본요금과 전력량요금으로 구분되고 시설비는 피크시간대 요금에 전부를 부가하고, 피크때의 전력공급을 위해서 발전하는 kWh당 비용이 비싼 내연 가스터빈 등의 발전비용을 피크시간대 요금에 부과하는 것이다.

요금제도를 이용하여 소비자가 자발적으로 가장 저렴한 비용으로 전력을 소비하도록 유도하여 부하를 조정하는 방법으로는 다음과 같은 제도가 있다.

가) 기본요금 제도

- 최대수요전력을 낮추면 1년간 기본요금 경감.
- 요금 경감방법

빌딩, 상가, 공장 등에서 1년중 전기를 가장 많이 사용하는 날에 에어컨 가동을 억제하거나 공장별로 조업을 조정하여 최대수요전력을 감축.

나) 계절별 차등요금 제도

- 여름철에 전기사용을 줄이면 요금 대폭 경감.
- 요금 경감방법

여름철에는 전기요금이 다른 계절보다 비싸므로 지나친 냉방을 자제하는 등 전기절약 강화.

다) 시간대별 차등요금 제도

- 같은 양의 전기를 사용해도 사용시간을 조정하면 전기요금 경감.
- 요금 경감방법

- 낮시간대 냉방용 전기사용을 줄이거나, 양수 모터 등 시간대 조정이 가능한 부하는 심야시간에 최대한 가동하여 낮시간의 전기사용을 억제.

라) 하계 휴가, 보수기간조정 요금제도

○ 여름철에 휴가, 보수를 실시하여 전기를 덜 쓰면 요금할인 혜택.

○ 요금 경감방법

- 매년 7월 15일~8월 31일중 3일 이상 한전이 지정한 기간에 휴가 또는 생산시설을 보수.

마) 전력수급조정 요금제도

○ 한전 요청에 의하여 전력을 줄이면 요금 할인 혜택.

○ 요금 경감방법

- 한전의 요청에 따라 수용가가 자율적으로 부하 조정.

- 계약조정률은 최대수요전력의 20% 이상으로 하되 수용가와 한전이 협의 결정.

바) 심야전력 요금제도

○ 축열 또는 축냉기능을 갖춘 심야기기를 사용할 경우 일반 전기요금보다 훨씬 싼 요금을 적용하는 제도.

라. 효율개선

효율개선에 의한 수요관리 방법은 기기효율 및 공정효율 개선, 건축물 효율관리, 에너지절약 홍보·계몽 및 우수사례를 전파하기 위한 세미나 개최, 효율개선을 위한 인센티브 제도와 금융지원(무상지원, 융자) 등이 있다.

1) 고효율기기 보급

가) 조명 기기

○ 단위부하는 작지만 절전잠재율이 높은 조명기기(전자식 안정기, 전구형 형광등, 26mm 형광구, 고효율 방전등, 고조도 반사갓 등)의 고효율화를 통하여 전력수요를 감축할 수 있다.

나) 인버터

○ 펌프나 송풍기의 회전수 제어에 의하여 저부하시 효율을 향상시키는 것으로 일반적으로 에너지절약효과는 30% 정도로 추정된다.

다) 고효율 전동기

○ '93년말 현재 국내 총 소비전력중 53.2%가 전동기에 의해 소비되고 있으며, 특히 저용량 전동기는 고효율 전동기와 일반형과 효율차이가 크므로 절전효과가 크게 기대된다.

2) 열병합발전 보급

○ 에너지 이용효율 향상에 의한 대규모 에너지 절감(20~30%)과 연료사용량 감소, 공해방지 시설의 집중관리에 의한 환경개선, 송전손실 감소 및 발전소 부지난 완화에 기여할 수 있다.

3) 전기대체 구동기기 보급

가) 흡수식 냉방기기

○ 기존의 냉방방식은 약 92%가 전기 구동식으로 냉방부하가 최대전력부하에 미치는 영향이 크므로, 열 또는 가스흡수식 냉방기기로 대체하면 전력수요의 대폭적인 감축을 가져올 수 있다.

○ 운영 및 환경측면에서의 장점은 소음·진동이 적고, 산업체의 경우 공정에서 남는 폐열을 사용할 경우 폐 에너지의 재활용이 가능하며, 전력대체로 발전연료 사용에 따른 CO<sub>2</sub> 감소와 오존층을 파괴하는 CFC 냉매를 대체함으로써 환경개선에 기여할 수 있다.

○ 국가 에너지 수요의 균형을 위하여 하계절에 최대수요가 발생하는 전기에너지를 하계절 최소수요인 가스에너지로 대체가 필요하다.

나) 전동기 대체기기

○ 산업체 전동기(대형 공기압축기, 터보 냉동기용 등)중 일부를 공정용 증기를 활용하여 기계적 에너지로 변환(증기 터빈)시킴으로써 전력수요를 감축한다.

4) 수요관리 기술지도 및 홍보·교육

가) 전기진단 및 지도

○ 산업체 및 건물의 전기사용설비와 공정에 대한 진단을 실시하여 최대수요전력의 효율적인 관리방법, 공정개선 및 자동화 등 전기절약 대책방안 제시, 우수절약 설비와 신기술 보급 및 전기손실 요인을 도출하고 이에 대한 개선대책과 투자경제성을 제시하여 전기에너지 절약투자를 유도한다.

나) 전기관리 기술지도

○ 주로 중·소형 건물의 조명·냉방 및 전기설비에 대한 사용실태를 현장점검 평가하여 손실 요인에 대한 개선방안 및 투자경제성을 제시함으로써 하절기 전력수급안정과 전기사용합리화를 도모한다.

다) 전기절약 홍보

○ 특히 하절기의 최대전력 수요증가를 단기간 내에 억제하고 소비자에게 절전의식을 심어주기 위한 매스컴(TV, 라디오, 신문, 잡지 및 전문지 등) 홍보, 옥외홍보물(전광판, 대형 홍보판, 육교현판 등) 홍보, 홍보물 제작(부채, 햇볕가리개, 장바구니, 저금통, 팜프렛 등) 홍보 등이 있다.

4. 맺음말

전력수요 관리는 최근의 세계적인 추세로서, 환경보전과 에너지 수급의 불안정, 새로운 무역질서에 대비한 국제 경쟁력강화 노력이 활발히 이루어지고 있으며, 우리나라도 공급확충을 위한 투자재원의 심각한 부족, 국제환경규제 심화 및 에너지 공급시설 입지의 어려움 등으로 전력수요관리에 대한 관심이 고조되고 있다.

성공적인 수요관리를 위하여는 투자의 효율성과 목표달성의 효과가 높은 방안부터 우선적으로 추진하고, 에너지 소비효율 개선의 풍토가 조성되도록 각종 법령 및 제도개선, 시장구조 개선, 국민홍보·계몽에 힘을 써야 할 것이며, 기기생산업체는 고효율화를 위한 기술개발에 노력을 기울이고, 가정·산업 및 산업체는 최종 소비단계에서 효율성을 추구할 수 있도록 보다 체계적이고 종합적인 수요관리정책이 필요하다.

