특집

負荷平準化를 위한 負荷管理 및 制御

채 승 묵
(한국전력공사 충남지사)

1. 序 論

생산과 동시에 소비되는 전력은 근대 산업혁명 이후 대량 물질문명의 주 동력源으로 공헌해 왔으며 산업화를 통한 경제성장 결과 그 수요도 획기적으로 증가하여 현대사회 에서는 인류의 생활에 없어서는 안될 필수적 재화로 자리잡기에 이르렀다. 즉 산업의 동맥으로서 뿐만 아니라 가정, 문화생활에 이르기까지 인류의 이기를 지탱해 주는 도구로서의 역할을 담당해 온 것이다. 이는 전력이 타 에너지源에 비해 우월하기 때문일 것 이다. 다시말하면 연소과정을 거치지 않고 열을 발생하므로서 갖는 청결성, 기기조절을 쉽게 자동화 할 수 있는 편의성, 전선만 연결하면 어디서든지 쉽게 빠른 속도로 전달될 수 있는 용이한 수송능력 등 이러한 장점이 있는 한 1인당 단위 전력소비량은 점차 늘어 날 것임에 틀림이 없다.

그러나 발전소 건설은 전력공급의 의무를 지고 있는 전력회사의 대·내외적인 여건상 많은 어려움이 따르고 있어 실상 전력사업은 큰 변환기 상황에 와 있다고 볼 수 있다. 따라서 수요증가에 따라 수동적으로 발전소를 건설하던 지난날의 공급계획은 더 이상 경제적 논리성을 제시하기 어렵게 되었다. 과거에는 전원의 입지가 무한한 것으로 생각되었고 건설비나 운전비 모두 예상할 수 있는 것으로 취급되었으나 앞으로는 전원입지 고갈에 따라 경제적인 입지구득의 곤란, 지역 이기주의와 NIMBY 현상에 의한 용지비용 의 급증, 세계적인 이슈로 부각되고 있는 CO_2에 의한 온실효과 문제 등의 대두로 전력 공급 설비에 드는 비용에 엄청난 불확실성(Uncertainty)이 도사리고 있는 것이다. 이러한 공급측의 많은 문제점들 뿐만 아니라 미래의 전력수요 또한 경제활동, 산업구조, 대체 에너지 가격, 전기요금, 에너지 소비절약 및 수요관리 등 많은 변조요인 들에 의하여 수요예측의 불확실성이 급증되고 있다. 결과적으로 수급불균형의 요인이 산재해 있어 공급력 만을 확충하는 방법으로는 수요를 충족 시킬 수 없으며 또 그것이 경제적인 해결 방안 이라고 볼 수 없게 되었다. 즉 전력이 공기나 물처럼 무한한 재화라는 사회적 통념 은 불식되어야 하며, 제한된 상황하에서 가장 효율적으로 사용되고 효용이 가장 큰 순서 부터 배분이 되도록 수요측면에서의 관리에 역점을 두어야 하는 변환기에 와 있는 것이다.

여기서 수요측면에서의 관리에 역점을 두어야 할 수요관리(Demand Side Management)란 소비절약과 부하관리로 크게 나눌 수 있는데 소비절약은 정부나 민간에서 제도 혹은 캠페인으로 전력 소비를 줄여 가는 것을 말하며, 이러한 제도는 전력회사의 독자적인 시행이 불가능 하므로 전력회사와는 직접적인 관련은 없다고 할 수 있다. 부하관리는 직접 부하관리와 간접 부하관리로 구분되며 직접 부하관리란 수용가에서 사용되는 전기기기를 전력회사에서 직접 조작하는 것이고 간접 부하관리는 전기요금 구조상 어떤 인센티브란 벌칙을 주어 수용가 스스로 자신의 이익을 위하여 전력 사용을 조절하도록 하는 것이다.

이에 본 원고에서는 수요관리 프로그램과 부하평준화를 위한 직접 부하제어, 전력회사 기기제어, 에너지 저장시스템 등의 부하관리 기술동향을 중점적으로 서술하고자 한다.

2. 需要管理(DSM) 프로그램

전력수요 행태(Pattern)는 지역적 특성, 계절적 특성, 산업구조적 특성 등에 크게 좌우 된다. 이에따라 수요관리가 집중적으로 필요한 피크부하 시간대도 이러한 특성에 따라 다르게 나타난다. 즉 동일지역 내에서도 하절기와 동절기의 피크부하 시간대가 각각 다를 뿐만 아니라 국가간에도 기후의 차이, 산업구조의 차이에 따라 일부하곡선의 모양이 달라지는 것이다. 따라서 수요관리를 시행하고자 할 때는 그 지역 혹은 국가의 일부하 곡선을 정확하게 파악한 후 적절한 수요관리 프로그램을 통해 원하는 모양으로의 전환을 모색하여야 한다. 일반적으로 부하평준화를 위한 수요관리 프로그램은 다음과 같은 여섯가지 유형으로 분류될 수

있다. 여기서 처음 세개의 프로그램은 부하관리용 이며 나머지는 새로운 수요관리 영역의 프로그램 이다.

1) 최대부하 억제 (Peak Clipping)

연중 또는 하루중 부분적으로 발생하는 최대수요를 억제하여 피크시간대의 전력공급 설비 규모를 축소하고 발전원가가 가장 높은 발전설비의 가동을 줄이기 위한 수요관리 방법이다. 구체적 운영 프로그램으로는 기본요금 하계피크 연동제, 계절별 차등 요금제, 자율절전 요금제도, 여름철 휴가·보수기간 조정 요금제도 등이 있다.

2) 기저부하 증대 (Valley Filling)

부하수준이 상대적으로 낮은 경부하 시간대의 전력수요를 증대시켜 설비의 이용률을 높임으로써 전력공급 원가를 낮추기 위한 수요관리 방법이다. 대표적인 운영 프로그램으로는 축열난방 및 온수기기의 보급촉진을 위한 심야전력(갑) 요금제도가 있다.

3) 최대부하 이전 (Load Shifting)

최대부하 시간대의 전력수요를 경부하 시간대로 이동시킴으로써 최대수요의 억제와 함께 경부하 시간대의 전력수요를 증대시켜 부하평준화에 의한 설비이용률 향상을 도모하기 위한 수요관리 방법이다. 대표적인 운영 프로그램으로는 시간대별 차등 요금제, 빙축열 냉방설비 보급촉진을 위한 심야전력(을) 요금제도, 빙축열 냉방설비 보급 지원제도 등이 있다.

4) 전략적 소비절약 (Stratigic Conservation)

전기사용자의 불편을 전제로 하는 단순 소비절약과는 달리 소비자의 전기 서어비스, 효용의 수준은 약화시키지 않으면서 전력소비량을 줄이고자 하는 수요관리 방법이다. 구체적 운영 프로그램으로는 주택용 전력사용량 누진제와 고효율 조명기기 보급촉진을 위한 고효율 조명기기 보급 장려금 지원제도 등이 있다.

5) 전략적 부하성장 (Stratigic Load Growth)

부하성장은 전시간대를 성장시키는 것으로 심야시간대의 부하를 성장시키는 부하 창출 과는 다르다. 또한 이것은 에너지 시장에서 전력의 비중을 높이는 것을 의미하며 연료전환(가스→전기), 자동화, 전기자동차 보급 등이 있다.

6) 가변부하 조성 (Flexible Load Shape)

전력부하 중에서 필요한 경우 공급을 중단하여도 손실이나 피해가 거의 없는 부하 (가변부하)를 별도의 계약을 통해 확보하여 두었다가 최대부하 시간대에 이를 차단함 으로써 최대수요의 발생을 효과적으로 억제하기 위한 수요관리 방법이다. 대표적 운영 프로그램으로는 전력부하이전 계약 요금제도가 있다.

3. 直接 負荷制御

이 분야는 기술개발이 빨리 진행되는 분야중 하나로 주로 주택용 부하의 형태가 개선의 여지가 많기 때문에 전력회사에서도 주택용을 주 보급대상으로 하고 있으나 일부 전력회사에서는 단시간에 큰 효과를 볼 수 있기 때문에 상업용/산업용 수용가도 목표로 하고 있다. 적용기기는 냉방기기, 온수기, 펌프, 난방 및 산업체의 공정제어 등이다.

가장 보편화된 기기는 주택용과 상업용에 대한 냉방 부하제어이고, 냉방기기의 원격 제어, 자체제어, 순환제어, 온도제어 등을 기본으로 여러가지 변형이 있다. 냉방 기기의 원격제어는 수용가 냉방 기기에 대한 전력회사의 실시간 원격제어이고, 통신수단을 통해 수용가 기기에 부착시킨 단말기를 조작하여 일정시간동안 냉동기를 그룹 제어하는 것이다. 전력회사는 20%에서 100%까지 선택 할 수 있고, 예를 들어 25% 제어라면 7과 1/2분 동안 차단, 22와 1/2분 동안 통전시키는 것을 의미한다. 최대부하전력 절감효과는 전력회사의 운용방침에 따라 달라질 수 있으나 대개 2kW 정도의 주택용 냉방 기기라면 0.6kW정도 효과가 있다고 추정하고 있다.

또한 일부 전력회사에서는 온수기를 직접 제어하여 부하관리를 행하고 있으며 온수기제어는 수용가의 생활패턴에 영향을 주지 않고 부하를 관리할 수 있는 유용한 부하관리 기기중 하나이다. 온수기제어는 타이머, 수용가부착 제어장치 혹은 원격제어 장치 등에 의해 이루어지고, 그중 원격제어는 전력회사 의지대로 언제 어느때나 손쉽게 부하관리를 실행할 수 있다.

이러한 원격제어 시스템에서 가장 어려운 부분은 통신장치로서 대중적으로 쓰이는 통신시스템에 대해 설명하면 다음과 같다.

1) 50Hz 또는 60Hz 로의 파형 변화

50Hz 또는 60Hz 로의 파형 변화시키는 통신기술은 수많은 연구가 있었으나 가장 보편화된 시스템은 아웃바운드(Outbound)와 인바운드(Inbound)의 다른 신호 기술을 사용

하는 양방향 통신시스템이다. 아웃바운드 신호는 60Hz파형의 제로-크로싱(Zero-crossing) 단일 사이클의 전류를 통하여 발생되고, 이 신호는 90도 위상 변화된 60Hz 파형에 배전변전소의 중선선을 통해 주입된다.

2) 리플 컨트롤 (Ripple Control)

리플 컨트롤 통신시스템은 100~1000Hz 의 캐리어 주파수를 가진 비교적 좁은 밴드(1~20Hz)의 펄스를 채용한 시스템이다. 신호는 동작 주파수가 50Hz 또는 60Hz인 전력선 주파수와 유사하므로 대개 배전용 변전소에서 주입된다. 리플 컨트롤 시스템은 유럽의 대부분 국가, 오스트레리아, 뉴질랜드, 아프리카 및 남미의 일부 국가에서 채용되고 있다.

3) 전력선 반송 (Power Line Carrier)

리플 컨트롤 시스템의 단점을 보완하기 위해 5kHz~300kHz의 고주파를 사용하는 전력선 반송시스템이 개발되었으며, 이 방식은 낮은 전력소비와 양방향 통신이 가능하고 리플 컨트롤과 비교하여 다음 사항이 개선되었다. 전력회사는 과거 몇년동안 고압 송전선에 음성과 데이터 통신을 위하여 변조된 캐리어를 사용하였던 경험이 있었는데 전력선 반송방식은 리플 컨트롤보다 노이즈에 강하다는 점이다. 현재는 많은 회사들이 새로운 전력선 반송방식을 부하관리와 원방검침에 이용하려는 시도를 하고 있다.

4) 전화선 또는 통신선 이용제어

전력회사는 자료전송과 제어를 위해 각자의 전용 통신선을 자체적으로 또는 전력회사에서 임대하여 사용하고 있다. 그러나 전용 통신선을 운용하는데는 상당한 비용이 들어감으로 부하관리 혹은 원방검침에 통신선을 사용한다면 경제성을 높일 수 있다.

5) 동축케이블과 다른 광대역 시스템

케이블을 이용한 부하관리 혹은 원방검침 시스템은 비용이 많이 들지만 전용선으로 주위의 방해가 없기 때문에 이용되고 있다.

6) 라디오 제어 (Radio Control)

전력회사는 대부분 발전과 송전시스템을 운용하기 위하여 마이크로 웨이브 통신시스템을 갖고 있어 배전설비와 수용가설비 제어를 위해 라디오제어를 할 수 있다. 일부 전력회사에서 주파수를 변조시킨 라디오 제어에 의한 스위치 조작에 의해 부하관리를 시행하고 있다.

4. 電力會社 器機制御

대부분의 사람들은 부하관리는 수용가 기기만을 제어하는 것으로 알고 있으나 전력회사의 기기를 제어하는 것도 고려 할 수 있으며 제어방법으로는 인위적인 전압강하, 배전선 순환차단 및 역율제어 등이 있다.

전압강하 방법은 일부 전력회사에서는 품질저하를 이유로 반대하고 있으나 일부 전력회사에서는 부하관리의 한 방편으로 성공적으로 시행하고 있다. 전압강하는 대개 변전소에서 배전전압을 2.5에서 5%정도 1시간 가량 낮추는 방법을 쓰고 있으며 일정한 량을 줄일 수 있도록 리레이 등을 설치하는 경우가 많다. 전력회사의 경험에 의하면 전압을 1%정도 내리면 1%의 최대부하억제 효과가 있는 것으로 추산하고 있다.

또 다른 전력회사기기 제어에 의한 부하관리 방법은 배전선 순환차단이 있다. 일부 전력회사에서는 배전선을 순환 차단시키기 위한 자동장치를 갖추고 있고 전력회사의 입장에서는 최악의 경우에 이 방법을 유용하게 쓸 수 있다고 볼 수 있다. 이외에도 역율제어에 의한 부하관리 방법도 여러 전력회사에서 연구중에 있다.

5. 에너지 貯藏시스템

에너지 절약과 부하관리 분야에서 가장 보편화된 방법은 에너지저장(특히 축열식기기) 이고 에너지 저장은 기저부하시에 에너지를 저장하여 최대부하시에 상용하는 것이 기본 개념이다. 지난 6~7년 동안 EPRI 와 다른 기관들은 이 분야의 연구 개발에 노력했고 가장 각광받는 분야는 냉방기기를 대체시킬 수 있는 냉축열 시스템이며 찬물, 얼음 및 용융 탄산염 등을 축열물질로 사용한다.

일반적인 빙축열시스템은 냉동기 또는 히트펌프, 응축기, 열 교환기 및 열저장 탱크로 구성되어 있다. 기저부하시에는 열 교환기 코일 혹은 판에 얼음을 생성시키고, 최대부하시에는 물을 아이스탱크에 순환시켜 열을 이동시킨 다음 공기에 찬 열을 주어 공조설비로 보내 냉방을 하게 되며 이 시스템에서는 냉동기가 생략되게 된다. 실제로 냉방설비에서는 냉동기가 90%정도의 전력소비를 차지하므로 냉동기만큼의 부하가 야간으로 이동하게 된다.

축열식 냉방설비는 상당한 양의 부하를 이동시킬 수 있다. 일반적인 주택용 2~4톤 냉방설비는 3~6kW 부하를, 상업용/산업용 냉방설비에서는 1/2~1/3의 냉동기 용량만큼

부하를 이동시킬 수 있는데 이 양은 상업용 건물 전체 전력수요의 20% 정도에 해당하는 용량이다.

동계 최대부하가 시현되는 국가에서는 축열식 난방설비에 관심을 갖고 있다. 중앙집중식 벽돌축열식 난방설비는 냉방설비와 유사하게 부하를 이동시킬 수 있고, 특히 주택용 축열식 난방설비는 외기 온도에 따라 축열시키는 열량을 변화시킬 수 있어 경제적이고 편리하게 사용할 수 있다.

6. 結 論

지금까지 수요관리 유형과 직접 부하제어, 전력회사 기기제어, 에너지 저장시스템 등 부하평준화를 위한 부하관리 및 제어에 관하여 개괄적으로 설명하였다. 그러나 강조되어야 할 점은 전력의 부하평준화를 위한 수요관리가 전력회사만의 노력으로는 이루어 질 수 없다는 것이다. 아무리 제도가 잘 되어 있고 설비가 갖추어져 있다고 하더라도 전력을 최종적을 소비하는 수용가의 협조 없이는 효과를 나타내기가 어렵다. 다시말하면 전력회사는 부하관리가 효율적으로 이루어 질 수 있도록 여건을 조성해 주는 역할만을 할뿐이며 실제로 부하를 관리하는 것은 전력의 소비자인 수용가이다.

한편, 우리나라는 강력한 수요관리 정책을 수행해온 나라에서도 매우 보기드문 70% 이상의 부하율을 유지하고 있는데 이는 전력의 부하 평준화를 위하여 실시해온 지금까지의 부하관리 정책이 성공적으로 수행 되었다고 볼 수 있다. 그러나 환경, 입지, 투자재원의 확보 문제에 직면한 현시점에서는 전기의 효율적인 사용에 대한 필요성이 대두되고 있는 바, 우리나라의 수요관리 추진방향을 현행 직·간접 부하관리에서 에너지 절약 쪽으로 전환해야 할 것으로 보여진다.

그러기 위해서는 아직 초보단계에 있는 에너지 절약분야에 우선적으로 기술개발 촉진과 보급기반 구축이 필요하다. 즉, 수요관리를 위한 Infra-structure 구축과 정부를 비롯한 수요관리에 관련된 여러 기관에 대한 역할분담이 명확히 설정되어야 효율적인 수요관리 추진이 가능하리라 생각된다.

< 參 考 文 獻 >

[1] 서완석, 채승묵, 이상철, 전력경제론(권2 전력수요 예측), 한국전력공사, 1995

[2] 김문덕, 강원구, 전력경제론(권3 전력수요 관리), 한국전력공사, 1995

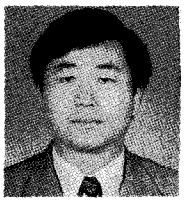
[3] 장명철, 옥용연, DSM 프로그램별 효과측정 및 평가, 한국전력공사, 1996

[4] 전력경제처, DEMAND-SIDE MANAGEMENT, 한국전력공사, 1997

[5] 영업처, 요금 및 공급규정 개정에 따른 업무처리 기준 한국전력공사, 1997

< 履 歷 事 項 >

채 승 묵 (蔡 承 默)



1953년 6월 15일생,
1979년 청주대 경영학과 졸업,
1978년 한국전력공사 입사,
1994~1996년 한전 수요예측 부장
1995년 통상산업부
전력수급심의위원회『수요예측 및 수요관리소위원회』간사
현 재 한전 충남지사 요금관리부장