

전기수용설비의 에너지절약 운용 기술

김 세 동

두원공과대학 전기과 교수/기술사

1. 머리말

우리 나라 전력수요의 성장 추이를 보면, 최대전력은 국민소득 증대에 따른 냉방기기의 보급 확대에 따라 1961년 306MW에서 1997년 35,851MW로 같은 기간 중 약 117배, 연평균 14.2%의 높은 성장을 기록하였다. 1962~1979년 기간 중에는 연평균 18.0%의 높은 성장을 보였으나 1980년에는 2차 에너지 파동에 따른 경기 불황 및 하계 저온 현상으로 1.9%의 저조한 성장을 보였고, 1981~1987년 중에는 최대전력 중 냉방부하가 차지하는 비중이 증가하기 시작하는 시기로 10.6%의 비교적 높은 증가율을 보였다. 특히 1988년 이후 소득 향상에 따른 에어컨 등의 보급 확대에 따라 1988~1991년 중에는 14.7%의 높은 증가율을 보였다. 1992년과 1993년은 경기 불황 및 이상저온이 지속되어 7.5%의 저조한 성장을 보였으며, 1994년도에는 경기 회복과 함께 전례없는 폭염이 지속되어 냉방 수요가 급증, 20.7%의 높은 성장을 기록하였다. 1995~1997년 중에는 경기 하강 국면으로 진입했음에도 불구하고, 냉방기기의 대형화, 고급화 경향에 따라 10.3%의 성장률을 보였다.

표 1은 주택용, 상업용, 산업용 전력수요 증가 추이를 나타낸 것이며, 이 중에서 상업용 수요는 1981년 이후 사회간접자본시설의 확충과 서비스산업 발달에 따른 대

형 빌딩 건설 촉진, 지하철 및 전철망의 확충, 사무자동화 기기의 보급 확대 및 사무실 환경 개선 등에 힘입어 높은 증가율을 보였으며, 특히 1986년 이후 지속된 실질 전기요금의 대폭 인하와 토지 초과이득세로 인한 업무용 빌딩의 신·증축 등으로 1987~1997년 기간 중 타 부문에 비하여 훨씬 높은 연평균 17.1%의 성장률을 기록하였다.

〈표 1〉 주택용, 상업용, 산업용 전력수요의 추이

구 분	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~1997
주택용(%)	17.2	20.9	12.8	9.0
상업용(%)	14.9	11.5	14.5	16.9
산업용(%)	24.4	15.5	10.0	10.1

앞으로 적절한 수요관리를 하지 않을 경우 2015년의 최대수요전력은 1997년도의 약 2.5배에 해당하는 8,942MW로 전망되며, 이를 위해서는 신규 발전소를 57기 정도 추가 건설해야 할 것으로 보인다.

따라서, 전기수용설비 구성기기의 저손실화 및 고효율화 촉진, 전기설비의 자동화로 중앙 관리 또는 군(群)관리를 통한 에너지절약 도모, '고'마크 제품 또는 고효율에너지 기자재의 채택 등으로 Life Cycle 측면에서 에너지절약의 극대화를 통한 수요관리가 적극 검토되어야 한다.

최근 들어 테크노마트 등과 같은 초고층 복합용도의

첨단정보빌딩(최신의 빌딩자동화시스템, 사무자동화시스템, 정보통신시스템과 양질의 건축자재, 구조를 갖고 경제성이 종합적으로 고려되며, 장래 정보화에 완벽하게 대응할 수 있는 유연성을 가진 건축물)과 정보화주택, 사이버주택 등이 증가하고 있다. 이와 같은 특수 건축물에 있어서는 순간정전도 허용하지 않는 대형 컴퓨터 및 OA기기의 사용이 급증함은 물론 빌딩 기능이 고도화되면서 냉방부하용 전력소비가 크게 증가되어 전기 에너지 소비가 매년 급속히 증가하고 있는 실정이므로 효율적인 전력관리 및 전기수용설비의 적절한 수요 관리가 절실하게 필요하다.

본고에서는 전기수용설비의 에너지절약 운용기술 중에서 수변전설비, 배전 및 조명설비, 전동기 및 전동력설비, 전력원단위 측면에서의 합리적 관리기법에 대해서 기술하고자 한다.

2. 수변전설비의 전력관리

가. 부하관리 개선 및 변압시설의 효율화 관리

변압기는 전기기기 중에서 가장 효율이 높은 기기이면서 가장 손실이 큰 기기이기도 하다. 또한 전원기기로서 상시 운전되는 특징이 있으므로 적은 양의 손실 개선도 효율 향상에 크게 기여하게 되므로 가능한 고효율 변압기를 선정하고,뱅크구성 및 운전방식의 개선에서도 큰 효과를 기대할 수 있다.

변압기의 손실은 부하손(동손)과 무부하손(철손)으로 구분할 수 있으며, 무부하손은 부하의 크기에 관계없이 전압의 인가만으로도 내부에서 상시 발생하는 손실이다. 그러므로 이러한 변압기에서의 손실을 줄이는 방안으로는 고효율변압기를 선정하여 운전하는 것이 바람직하나, 기존의 변압기에 대해서는 운전관리 합리화를 도모함으로써 전력손실을 최소화할 수 있으며, 합리

화 방안으로는 부하 사용특성을 고려한 변압기의 통폐합을 통한 고효율 운전, 변압기 용량의 적정화, 합리적인뱅크의 재구성, 변압기 수용률의 적정 관리, 변압방식의 개선 등이 강구되고 있다.

(1) 부하 사용특성을 고려한 변압기의 통폐합 운전

변압기의 효율적인 운용방법은 무부하손실을 적게 하고, 최대효율이 되는 부하용량으로 운전하는 것이다. 변압기의 무부하손실은 부하의 크기에 관계없이 일정하게 소비되며, 용량이 클수록 손실도 커지므로 무부하손실을 가능한 줄일 수 있도록 운전 관리하여야 한다.

따라서, 수전설비 용량이 최대수요전력에 비하여 현저하게 크고, 부하율(평균전력/최대전력)이 낮은 경우에는 부하 사용특성과 변압기뱅크 구성형태를 면밀하게 검토하여 계절간에 통폐합 운전할 수 있는 방안을 도출하여 변압기 손실을 최소화할 수 있다. 또한 변압기 부하측간에 연락용 차단기(Tie Breaker)를 설치하여 계절별 또는 요일별로 다른 변압기를 운휴함으로써 변압기 손실을 최소화할 수 있다.

두 대 이상의 변압기를 상시 운용하는 경우 변압기 용량과 전 손실의 관계를 볼 때 손실은 용량의 약 3/4승에 비례하여 증가하므로 경부하시에 부하를 통합하여 변압기의 대수를 줄일 경우 효율적인 운용이 가능하다.

(2) 변압기의 합리적뱅크 구성

일반적으로 변압기의뱅크 구성은 전등, 동력 등의 부하종류별, 냉방부하, 난방용 부하, 중간기계절 부하 등의 계절부하 종류별, 전기방식(사용전압 구분) 등에 따라서 변압기의뱅크수를 정하고 있으나, 건축물 및 산업시설의 부하 사용특성과 전기방식 등을 고려한 종합적인 검토를 통하여 합리적인뱅크의 재구성이 요구된다.

(3) 변압기 용량의 적정화 및 수용률의 적정관리

변압기의 용량 결정은 경제성과 전력절감 측면에서

불 때 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 변압기 용량이 부하에 비하여 작은 경우에는 과부하 운전이 되어 전압강하가 커지게 되며, 장기간 과부하 운전을 계속하면 권선의 온도가 상승하고 절연물이 열화되어 수명이 단축된다. 반면에 너무 클 경우에는 무부하손 및 부하손의 증대에 따른 전력손실이 많이 발생하게 된다. 이러한 관점에서 불 때 변압기의 용량은 최적의 효율적 측면에서 수용률이 약 75% 정도의 운전이 가장 적당하다.

그러나, 실태조사 결과 국내 전력다소비 건축물 및 산업체 평균 수용률이 40~50%를 유지하고 있는 것으로 분석되며, 40% 이하를 유지하고 있는 수용가도 많은 것으로 지적되고 있다.

(4) 변압방식의 개선

변압방식에는 직강압방식과 2단 변압방식이 있으며, 특고압→고압→저압(380/220V)의 다단계 변압방식을 지양하고, 직강압방식(특고압→저압)을 채택할 경우 변압손실을 절감할 수 있으나, 안전성, 단락용량, 시설비, 역률 개선 방법, 에너지절약성, 전기설비기술기준 제33조(특별고압을 직접 저압으로 변성하는 변압기의 시설)의 규정 등을 종합적으로 검토하는 것이 바람직하다.

(5) 고효율 저손실형 변압기의 채용

변압기의 종류에는 유입식, 몰드식 등이 있으며, 에너지 절약형 변압기를 채용하도록 한다. 참고로 표 2에 변압기 용량 500kVA를 기준으로 하였을 때의 유입식과 몰드식 변압기의 무부하 손실과 부하 손실의 차이를 비교하였다. 최근 들어서는 옥내용으로 10,000kVA 이하에서는 몰드식 변압기를 많이 채택하고 있다.

〈표 2〉 변압기의 종류별 손실량 비교

항 목	유입식 변압기	몰드식 변압기	손실차	비 고
무부하 손실	2,100W	1,750W	350W	변압기 용량 500kVA 기 준
부하 손실	6,350W	5,900W	450W	
전 손 실	8,450W	7,650W	800W	

나. 역률관리 개선

전력부하는 일반적으로 유도성 부하로 인하여 낮은 역률의 무효전력이 발생하게 되며, 전기설비 중 비교적 역률이 나쁜 부하는 동력부하로서 전체 전력부하의 약 2/3 정도에 해당한다. 이로 인하여 선로손실과 변압기 부하손이 증가하고, 전압강하 및 수전설비용량이 커지게 된다. 또한 역률이 90% 이하를 유지하게 될 경우 전기공급규정에 의하여 전기요금을 누진으로 부담하게 된다.

따라서, 무효전력 발생분을 줄이기 위하여 진상용 콘덴서를 설치, 역률을 개선하여야 한다. 그러나, 역률을 지나치게 높게 하여 진상 상태를 유지하게 되면 전압파형의 일그러짐 및 계기의 오동작, 페런티 현상에 따른 말단 전압 상승으로 인한 전기제품의 손상 등을 일으킬 우려가 있으므로 역률은 반드시 지상을 유지할 수 있도록 하여야 하고, 경부하시에 콘덴서를 자동 개폐 제어할 수 있어야 한다.

진상용 콘덴서는 부하말단에 설치하는 것이 합리적인 전력사용을 위해 바람직하지만, 관리의 용이성과 설치비가 저렴하다는 이점 등으로 수전단측에만 콘덴서를 설치하여 역률을 보상하고 있는 수용가도 상당히 있는 것으로 지적된다. 따라서, 전동기부하측과 변압기 모선측에 분산 설치하는 방법이 가장 바람직하다.

특히 산업시설의 경우 부하측 설비의 부하 변동이 클 경우에는 부하측 개폐기 2차측에 측정 역률에 적합한 콘덴서를 설치하고, 부족한 역률 보상을 위해 변압기 2차측에서 고정 역률을 보상하거나 자동역률보상장치를 이용한다. 또 다른 방안으로는 변압기 2차측 및 부하에 콘덴서를 설치한 후 부족분에 한해서만 변압기 1차측에서 자동역률보상장치를 이용하여 소량의 역률 보상을 하도록 한다.

다. 최대수요전력 관리 개선

근래에 들어 설비의 고급화, 대형화 등으로 전력소비

가 급속히 증가하면서 전력예비율의 절대 부족현상이 발생되고 있으며, 하절기마다 최대수요전력의 효율적 관리대책이 강구되고 있다.

최대전력 수요제어(Peak Demand Control)의 목적은 최대수요전력의 증가를 방지하기 위한 것이며, 수용가의 시설에 악영향을 주지 않는 범위에서 일시적으로 차단할 수 있는 부하를 제어함으로써 최대전력을 억제하는 것이다.

우리 나라의 수요시한은 15분을 기준으로 하고 있으며, 최대수요전력을 적절히 제어하기 위한 방식에는 ① 부하의 피크컷(Peak Cut) 제어, ② 부하의 피크시프트(Peak Shift) 제어, ③ 설비부하의 프로그램 제어, ④ 자가용발전설비의 가동에 의한 피크 제어방식이 있으며, 간단히 개요를 설명하면 다음과 같다.

① 부하의 피크컷(Peak-Cut) 제어방식

어느 시간대에 집중하는 부하가동을 다른 시간대로 옮기는 것이 공정상 곤란한 경우, 목표전력을 초과하지 않도록 일시적으로 차단할 수 있는 일부 부하를 강제 차단하는 방식이다.

② 부하의 피크시프트(Peak-Shift) 제어

최대수요전력을 구성하고 있는 부하 중 피크시간대에서 다른 시간대로 운전을 옮길 수 있는 부하를 검토하여 피크부하를 다른 시간대로 이행시키는 방식이며, 심야전력을 이용하는 빙축열 냉방시스템이 적용되고 있다. 빙축열 냉방시스템은 심야전력을 이용하여 야간에 얼음 또는 냉수를 생산, 저장하였다가 낮시간대의 냉방에 이용하는 냉방방식으로 최근 정책적으로 자금 지원 및 기술지원을 통하여 보급을 촉진하고 있다.

③ 설비부하의 프로그램 제어

이 방식에는 디맨드컨트롤러(Demand Controller)가 이용되고 있으며, 이 장치는 디맨드 제어에 의한 피크전력을 억제하기 위하여 마이크로 프로세서를 내장시킨 고도의 감시제어기능을 가진 최대수요전력

감시제어장치이다. 다시 말해서, 항시 전력부하 상태를 감시하고 있다가 수요시한인 15분 내에 사전에 설정된 목표전력을 초과할 것 같으면 경보를 발생시키고 동시에 일시적으로 차단 가능한 부하부터 순차적으로 최대 8개회로까지 차단시켜 최대수요전력을 억제하는 장치이고, 부하가 떨어지면 다시 순차적으로 사전에 입력된 프로그램에 의해 부하를 투입시킨다.

④ 자가용발전설비의 가동에 의한 피크 제어방식

목표전력을 초과하는 최대수요전력에 해당하는 부하를 자가용발전설비로 분담하게 하는 방식이며, 일반적으로 일정 규모 이상의 수용가에서는 자가용발전설비의 설치는 의무화되고 있으므로 부하특성을 면밀히 검토하여 자가용발전설비의 전원공급에 의해 최대수요전력을 억제한다. 에너지관리공단 및 한국전력기술인협회의 실태조사 결과(1997년도)에 의하면, 산업시설 및 건축물 수용가 570개소 중 47개소에서 이 방식을 적용하고 있는 것으로 나타났으며, 이 중에서 비상용 자가발전기를 가동할 경우 최대수요전력의 경감 가능한 잠재량은 298.8kW 정도로 추정하고 있다.

라. 분산형 전원에 의한 전력관리 개선

(1) 분산형 전원의 개념

분산형 전원이란, 기존의 전력회사의 대규모 집중전원과 달리 소규모로서 소비지 근방에 분산 배치가 가능한 전원을 의미하며, 가스터빈발전, 디젤엔진발전, 연료전지발전, 태양광발전, 풍력발전, 초전도저장설비 등이 포함된다. 최근에는 태양광발전, 연료전지발전, 풍력발전 등의 신전원을 적극적으로 전력계통에 도입하고 있다.

(2) 태양광발전을 이용한 전력관리

계통연계형 태양광발전시스템은 태양광을 전기로 변

환하는 태양전지를 전자재와 일체화하여 건물 외벽이나 유희공간에 설치하고, 태양전지에서 발생된 전력을 건물 내부의 전원으로 사용하기 위하여 한전의 전력계통선에 연계시켜 사용하는 방식이다. 이와 같이 분산형 신전원을 이용하여 최대수요전력 시간대뿐만 아니라 상용시에 자체 발전함으로써 수용가의 전력관리를 도모하고 있다.

최근 창원시청 청사에 30kW 및 삼성건설기술원 건물에 100kW 규모의 태양광발전시스템을 도입하여 운용중에 있다.

3. 에너지절약 배전 및 조명설비 관리

가. 에너지절약 배전방식

(1) 220V 승압

승압이란 100V급을 220V급으로 끌어올리는 것이다. 수압이 높으면 수도꼭지에서 수도물이 펄펄 쏟아지듯 같은 굵기의 전선으로 더 많은 전기를 쓸 수 있게 된다. 따라서, 같은 용량의 가전제품이라 해도 220V 전압을 사용하면, 100V를 사용할 때보다도 20% 이상의 전기요금을 절약할 수 있다. 이는 전압도 수압과 마찬가지로 승압을 하면 전압변동이 적어 전기의 질이 좋아지고 전력손실이 줄기 때문이다.

다시 말해서, 승압을 하게 되면 전력손실이 감소되고, 전압이 개선되어 수용가는 전기를 보다 여유있고 편리하게 사용할 수 있으며, 전기사업자는 저압 배전설비의 투자비를 절감할 수 있어 국가 전체적으로 자원을 절감할 수 있다.

그러나, 대부분의 가정이 관습상 아직도 100V와 220V 겸용의 가전기기를 100V에 사용, 전력손실이 많은 것으로 지적되며, 기존의 대형 수용가에서도 조명용 전원설비에 100V를 사용하고 있는 곳이 있으므로

배전방식의 재검토가 요구되고 있다.

(2) 전압 관리

일반적으로 전기기기는 정격전압에서 사용하는 경우 가장 효율이 좋고, 그것보다 높거나 낮아도 효율이 떨어지므로 적절한 전압을 유지하는 것이 중요하다. 예를 들어, 형광등, 수은등 및 메탈할라이드 등은 정격전압 이외의 전압은 부적당하며, 전압이 높거나 낮으면 수명은 심하게 짧아진다. 백열전구의 수명은 전압의 13.5곱에 반비례하고, 전압이 정격전압의 5% 변화로 수명이 배로 되든가 반감된다. 그리고, 전동기에서도 전압의 제공에 비례하여 토크가 변화하고, 또한 전압의 제공에 반비례하여 슬립이 변화하므로 적절한 전압관리는 설비 운용에 있어서 매우 중요하다.

나. 에너지절약 조명설비

(1) 고효율 조명기기

1994년 이후 산업자원부 주관으로 조명설비 분야의 적극적인 기술개발 지원으로 다음과 같은 고효율 조명기기가 개발, 보급되고 있으며, 특히 콤팩트형 형광램프는 기존의 백열등에 비해서 65~75%의 조명전력을 절감할 수 있으므로 보다 적극적인 보급이 요구되고 있다.

(가) 슬림형 형광램프

기존의 형광램프(32mm 40W) 형광체 대신 3파장 형광체를 사용하고, 형광램프의 관경을 세관화(26mm 32W)하여 램프전류 감소, 램프전압 상승, 수은 공진성의 재흡수 감소에 따른 광출력 증가, 전자온도 상승에 의한 공진성의 방사효율 극대화, 형광체에 미치는 자외선 방사의 영향 증대 등의 효과를 얻음으로써 효율 향상과 절전화를 이룬 형광램프이다(표 3 참조).

(나) 절전형 전자식안정기

재래식 코일 안정기에 비하여 반도체 소자를 이용한 전자식 안정기로 전기절약 효과가 크고, 고감도의 빛을 발생하는 기기이며, 출력이 고르게 조정되어 에너지손

(표 3) 고효율 조명램프와 기존 램프의 특성 비교

구 분	소비 전력(W)				광속(lm)		수명(H)	
	기존	신형	차이	절전율 (%)	기존	신형	기존	신형
형광램프	92	62	30	32	5,220	6,120	6,000	16,000
백열등	60	16	44	75	630	900	1,000	8,000

실을 최소화시키므로 15~25%의 절전효과가 있다. 또한 고주파로 작동되므로 코어식 안정기에 비해 초당 300배 이상의 반짝임으로 빛의 고품질 유지가 가능하며, 과전류에 대비한 보호회로의 내장으로 안정성이 우수하다.

(다) 콤팩트형 형광램프

전자식 안정기가 내장되고 삼파장 형광물질을 사용한 형광등으로 기존의 백열등(60W)을 대체할 수 있는 조명등이다. 특징으로는 표3과 같이 전력소비를 백열등에 비해 65~75% 정도 절감이 가능하며, 소형화로 기존 백열전구보다 간단히 설치할 수 있다. 또한 수명은 기존 백열등에 비해 약 8배의 연장 효과가 있으며, 삼파장 형광체이므로 시력 보호효과도 있다.

(2) 자연채광을 이용한 창측 조명제어기법의 적용

주간시에 자연광을 충분히 이용할 수 있는 경우에는 창측조명등을 소등 또는 감광시킬 수 있는 범위를 검토하여 주광의 밝기에 따라서 창측조명기구를 자동 소등, 감광 제어하는 기법으로서 주광의 이용범위 설정시에는 건물의 방위, 천후, 실내의 형상, 조명기구의 배치, 창 위치·면적 및 높이, 차양시설, 인접건물의 영향 등을 고려하여 실내의 어느 정도 범위까지 인공조명을 소등할 것인가를 결정하여야 한다. 근래에 들어 주광조명 제어장치의 개발 보급으로 상업용 건물에 적용되고 있다.

(3) 비상구 유도등의 점등방법 개선

기존에 사용되고 있는 비상구 유도등의 점등방식은 2선식 배선으로 하루종일 점등되고 있어 전력소모가 많

은 것으로 지적되었으며, 이를 비상시에만 점등되도록 하는 3선식 배선으로 개선할 경우 조명전력의 절감 효과가 큰 것으로 나타나고 있다.

(4) 조명용 절전장치(ESS)의 적용

일반적으로 형광등, 수은등 및 메탈할라이드등은 정격전압이 높거나 낮으면 수명이 심하게 짧아진다. 따라서, 조명용 기기는 정격전압에서 사용하는 경우 가장 효율이 좋고, 그것보다 높거나 낮아도 효율이 떨어지므로 적절한 전압을 유지하는 것이 중요하다.

특히, 가로등 조명과 산업시설의 옥외 조명등과 같이 조명용 배선선로가 길 경우에는 전압강하로 인해서 정격전압(220V)의 허용전압 범위를 벗어나는 전압이 인가되는 경우가 많아서 조명등의 수명이 단축되어 유지보수비에 상당한 지출이 초래된다. 이러한 조명부하에 대하여 적용할 수 있는 조명용절전장치를 개발, 신기술로 지정하여 보급하고 있으며, 일정한 전압을 유지시킴으로써 조명등의 수명 연장은 물론 유지관리비의 대폭적인 절감 효과를 기대하고 있다.

(5) 자동 조명제어장치의 채택

자동 조명제어장치는 사무실의 사용상태에 따라서 전 점등, 전소등, 부분소등, 감광 50% 등으로 구분하여 적절한 시간스케줄과 조명 패턴을 바꾸어 조명기구의 점등, 소등이 가능하며, 또한 사무실의 용도에 적합한 조명패턴 제어, 재실감지기를 이용한 조명제어, 전화기를 이용한 조명제어 등의 기능을 가짐으로써 조명전력의 효율적인 관리가 가능하다.

(6) 조명과 공조시스템의 결합방식의 채택

근래에 들어 사무실의 조도수준 향상으로 조명설비가 증가됨으로써 조명기구로부터 발생하는 조명열에너지의 증대를 초래하여 공조부하에 많은 영향을 미칠 뿐만 아니라 특히 형광램프는 주위온도에 따라 광속이 급격

히 감소하는 현상이 나타나고 있다. 따라서, 형광램프의 광속은 관벽온도와 주위온도의 영향을 받기 때문에 조명기구 주변의 공기를 환기시킴으로써 형광램프의 효율을 최고에 가까운 상태로 유지하여야 한다.

조명·공조결합방식에 사용되는 조명기구를 공조형 형광등 기구라 하며, 실내의 천장에 설치된 조명기구로부터 발생하는 열을 될 수 있는 대로 천장안에서 제거하고, 실내로는 침입하지 않도록 하는 방식이다. 공조형 형광등기구에는 여러 가지가 있으며, 더블셀 트로퍼, 사이드덕트 트로퍼, 트리플셀 트로퍼, 싱글셀 트로퍼 등이 있다. 이와 같이 조명시스템과 공조시스템을 결합시킴으로써 얻어지는 효과를 들면 다음과 같다.

- 형광램프의 효율 향상 및 수명 연장
 - 공조형 조명기구를 사용함으로써 램프 효율을 최고로 유지시킬 수 있으며, 아울러 조명기구의 수명도 연장되는 효과가 있다.
- 냉방·난방부하의 감소로 인한 전기에너지의 절감
 - 조명·공조 결합시스템을 채용한 경우 냉방운전시에는 조명열을 외부로 배출함으로써 냉방부하를 감소시키고, 냉방용 소요전력을 약 7~10% 절감하는 효과가 있다.
 - 공조용 풍량의 경감으로 덕트 및 팬 등의 설비비를 줄일 수 있으며, 따라서 팬용 소비전력을 줄일 수 있다.
 - 난방기간에는 조명발생열을 회수하여 난방용으로 이용함으로써 난방부하의 경감을 도모한다.
- 천장면의 모듈화 가능
 - 공조용 취출구와 공조 조명기구에 의한 흡입구의 설치에 따른 천장면의 배열이 외관상 보기에 좋으며, 또한 칸막이의 설치에 따른 방의 모듈화가 매우 용이하다.

(7) 기타 조명·전열부하 절감방법

- 비상 계단 및 화장실에 Timer(또는 센서조명) 설

치, 점등시간 단축

- 불필요 개소의 소등(개별 스위치 신설)
- 부변전실 및 공조실 등의 출입문을 리미트스위치와 연동하여 점멸 제어
- 퇴근시간 이후 조명 및 전열전원 자동 Off
- 냉장고, OA기기, 키폰전화 등의 전열기 자동 Off

4. 전동기 및 전동력설비

가. 전동기설비

(1) 전동기의 효율적인 운전관리

(가) 정격전압 유지

전동기의 단자전압이 저하하거나 상승하여 정격치를 유지하지 않을 시에는 토크 및 전부하 효율이 감소하므로 원인을 분석한 후 변압기의 탭조정이나 역률 향상 등을 도모하여 정격전압이 유지되도록 하여야 할 것이다.

(나) 경부하 운전 지양

유도전동기는 80~100% 부하에서 효율이 최대가 되므로 상시 저부하 운전인 경우 적정 용량의 고효율전동기로 교체가 요구된다.

(다) 공운전 방지

전동기는 반드시 부하와 연결되어 있으므로 공운전으로 소비되는 전력은 전동기 단독운전의 경우보다 2~3배 더 전력을 소비한다. 불필요시에는 전동기를 반드시 정지시키도록 한다.

(라) 전압의 불평형 방지

변압기의 결선방식중 Δ -Y 결선방식으로 동력과 조명용을 동시에 공급할 경우 전압불평형을 초래하여 출력 및 회전수의 저하, 전동기 효율저하, 전동기의 맥동 토크 발생 등을 유발시킬 수 있으므로 주의가 요구된다.

(2) 에너지절약형 고효율전동기의 채택

고효율전동기는 고급 자재 사용 및 손실 방지 설계

등으로 표준 전동기보다 4~7% 정도 효율이 향상되도록 하였고, 신뢰성이 있으며, 수명이 길고 소음이 적다.

(3) 설비특성에 적합한 최적운전 계획으로 운전 효율 향상

(가) 인버터(VVVF)

인버터의 가장 대표적인 적용 예로서, 동력의 70% 이상을 담당하는 이른바 펌프 및 팬, 블로어 등 송풍기, 컴프레서를 통칭하는 저감토크부하의 회전속도 제어를 중심으로 인버터에 의한 각종 기계의 에너지절약을 목적으로 한 가변속 제어가 폭넓은 분야에서 적용되고 있다.

(나) 전동기 절전기(VVCF)

VVCF는 경부하시 전압을 감소시켜 철손을 줄이고, 동손을 일차시킴으로써 효율을 극대화시키고 전압을 낮춤으로써 입력전력도 감소하는 효과를 가지게 된다.

VVCF의 적용 효과가 큰 전동기는 다음과 같다.

- ① 전체 평균 운전부하율이 50% 이하인 전동기
- ② 무부하 상태 운전이 많거나 Loading과 Unloading이 빈번한 전동기
- ③ 실제 부하에 비해 전동기 용량이 과설계 되어 부하율이 낮은 전동기
- ④ 운전중 속도제어가 불필요하지만, 기동때에는 유연기동(Soft Start)이 필요한 전동기
- ⑤ 기동정지 횟수가 많은 전동기

나. 전동력설비

(1) 펌프

펌프는 산업체 및 빌딩에서 냉방설비와 용수 공급 등에서 활용하고 있는 전력다소비 설비이다. 펌프의 효율 개선방안은 고효율 펌프로의 교체, 저층 건물에서의 상수도 직수압 이용, 가변 유량제어를 하는 인버터방식의 도입 등을 들 수 있다.

(2) 송풍기

송풍기는 산업체 및 빌딩에서 기체 수송기기로 많이 사용되고 있으나, 과용량으로 설치되어 있을 경우 풍량 제어(댐퍼제어)에 의한 동력소비가 많은 것으로 지적되고 있다. 송풍기의 효율적인 관리 방안은 다음과 같다.

- ① 송풍기의 선정시 사용 특성에 따라 최적의 형식과 고효율기기를 채택한다.
- ② 기존의 설치 사용중인 송풍기에 타이머를 시설하여 필요시에만 가동할 수 있도록 한다(환풍기 및 팬코일용 등).
- ③ 송풍기 운전의 합리화 : 송풍기의 풍량제어방법에는 가변피치에 의한 방법, 흡입배인 제어에 의한 방법, 흡입 댐퍼에 의한 방법, 토출댐퍼에 의한 방법, 회전수제어에 의한 방법 등이 있으며, 이 중에서 제어성능이 가장 우수한 방법은 인버터(VVVF)를 이용한 회전수 제어방법이다.

(3) 승강기

승강기의 효율적인 관리방안은 다음과 같다.

- ① 전동기 절전기(VVCF)의 채택
승강기는 시간대별로 승하차 인원에 따른 부하변동이 심한 기기로서, 무부하나 경부하시 손실이 크다. 따라서, 이러한 손실을 줄이기 위하여 전동기 절전기를 설치하여 급격한 부하변동에 따른 역률을 개선하여 효율을 상승시켜 줌으로써 10% 이상의 전력 절감을 기대할 수 있다.
- ② 인버터(VVVF)의 채택
인버터제어방식에서는 가속시에는 전동기의 기계출력에 거의 비례하여 전력이 소비되며, 감속 및 하강시에는 전동기에서 회생된 전력이 인버터의 직류측에 반환되어 소비전력이 매우 절감된다. 따라서, 승강기가 1회 왕복운전에 소비되는 전력은 인버터방식이 교류방식에 비하여 약 50% 이상의 전력소비량이 절감된다.

③ 격층 운행시 전력절감

엘리베이터를 운행할 때 각 층마다 정지, 운행하게 되면 기동전류와 운행시간이 격층보다 많아지므로 소비전력량이 증가하게 된다. 따라서 엘리베이터를 격층 운행하게 되면 약 10.6%의 전력소비가 절감 된다.

(4) 냉동기

수변전설비 용량에 가장 큰 영향을 미치는 냉동기는 그 방식에 따라 소요전력이 크게 다르며, 터보식 냉동기(냉매가스를 전기모터로 회전 압축후 증발시 냉방)에서는 1냉동톤당 약 1kW 정도의 부하용량과 부속동력용 부하용량을 산정하고, 흡수식 냉동기(배열, 증기를 이용한 흡수식 냉방)에서는 가스를 연료로 사용하기 때문에 부속동력용 부하용량만을 산정한다.

따라서, 냉방기기의 선택은 매우 중요하며, 냉방기기는 종류에 따라 각각 장단점이 있으므로 수용가의 특성에 적합한 기종을 선택하는 것이 바람직하며, 근래에 들어 심야전력을 이용하여 야간에 얼음 또는 냉수를 생산, 저장하였다가 낮시간대의 냉방에 이용하는 빙축열 냉방방식이 정책적인 재정지원 등 보급을 촉진하고 있다. 또한 가스흡수식 냉동기의 사용이 확대되고 있다.

건축물 부문에서의 전력원단위(kWh/m²)란 단위면적당 전력사용량을 의미하며, 이를 비교 분석함으로써 전력사용량의 적정 여부를 판단할 수 있다. 최근 건축물의 대형화, 초고층화, 설비 구성의 복잡화, 중앙감시화, 고기능화, 사무자동화 및 빌딩설비의 자동화 등으로 전력사용량의 증가에 따라 전력원단위도 증가하는 추세이다.

표 4는 업종별 전력원단위 현황을 나타낸 것이며, 조사 대상 건축물의 평균 전력원단위는 1995년도 기준 180kWh/m²으로 조사되었다. 공공건물과 병원, 기타 건축물의 원단위가 낮은 반면 전화국의 평균 원단위는 398kWh/m²로 높게 나타났다. 그리고, 백화점, 호텔, 은행 등의 건축물은 평균치보다 높게 조사되었다.

백화점의 경우 전력원단위가 높은 이유는 조명부문에서 판매효과를 고려하여 연색성을 높였으며, 서비스 개선차원에서 냉난방 가동 증가와 식품매장의 냉동기 가동에 의한 것으로 판단된다. 이러한 관점에서 볼 때 이 업종에는 흡수식 냉방기 또는 빙축열 냉방기, 고효율 조명 기기, 고효율 전동기의 사용을 통한 전력사용 합리화를 유도할 필요가 있는 것으로 지적된다.

특히, 시장건물과 같은 기타 건축물의 경우에는 건물 구조 및 방식에 있어서 조악성을 면치 못하고 있기 때문에 조명 및 냉난방 효율이 나쁜 것으로 판단된다. 시장건물의 경우 전체 전력사용량 중 조명부문의 전력사용 구성비가 약 80%로 높으나, 효율이 나쁜 백열전구와 40W 형광등의 사용이 대부분이어서 조명전력의 소비가 많은 것으로 지적된다. 이러한 조명전력의 사용량

5. 전력원단위 관리

가. 건축물 부문

(1) 업종별 전력원단위

〈표 4〉 업종별 전력원단위 현황

구분	공공건물	일반건물	백화점	병원	호텔	은행	전화국	기타	평균
평균원단위	117	163	217	127	202	200	398	145	180
백원/m ²	121	153	205	189	238	187	309	161	170
조사업체수	9	43	42	23	37	16	25	22	217

은 냉방부하 증가의 원인이 되므로 이의 개선을 통한 전력원단위 관리가 시급한 것으로 지적된다.

최근 건축물의 대형화, 초고층화, 설비 구성의 복잡화, 중앙감시화, 고기능화, 사무자동화 및 빌딩설비의 자동화 등으로 전력사용량의 증가에 따라 전력원단위도 증가하는 추세이다.

표 5는 1996년도 기준 업종별 부하용도별 전력원단위를 나타낸 것이며, 조사 결과 전력원단위가 높은 항목은 조명용으로서 평균 63kWh/m²으로 조사되었고, 다음으로는 동력용으로 나타났다. 특히 백화점은 전산용을 제외한 거의 모든 항목이 타 업종에 비하여 전력원단위가 높아 지속적인 전력원단위 분석 및 관리를 통한 전력사용 합리화가 절실히 요구된다.

조명용 전력원단위가 가장 높은 건물은 시장으로서 211kWh/m²이고, 원단위가 가장 낮은 건물은 학교로서 27.0kWh/m²로 조사되었다.

이는 영업 특성상 불가피한 것으로 판단되며, 향후 기존 광원을 고효율 광원(32W 슬림형형광등과 전자식 안정기의 사용, 백열전구 대신에 전구식 형광등의 사용)으로 대체하는 등 조명부문에 대한 투자가 요구된다.

동력용 전력원단위도 건물 특성상 백화점이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서, 백화점에 대하여 동력부

〈표 5〉 업종별 부하용도별 전력원단위(kWh/m²)

구분	공공건물	일반건물	백화점	병원	호텔	시장	학교	평균
조명	38	28	179	45	55	211	27	63
동력	39	53	189	44	63	22	14	51
냉방	37	21	93	24	46	33	14	30
전산	5	53	2	2	1	0	0	9
기타	0	13	5	6	21	0	0	7
계	119	168	468	121	186	266	55	160

- 1) 동력원단위는 공조기 및 기타 펌프류 등 동력용 전력량으로 한정함.
- 2) 냉방 원단위는 냉방기와 부속기(냉·온수 펌프류 제외)의 사용전력량으로 한정하여 산출함.

하의 효율화를 기할 수 있는 방안이 절실히 요구된다. 또한 국민생활 및 소비패턴의 향상으로 앞으로도 백화점 업종의 지속적인 전력증가가 예상되는 바 백화점에 대한 합리적인 전력사용 등이 실시될 수 있도록 하여야 할 것이다.

표 6은 건축연면적과 병상수가 비슷한 병원 3개소의 개요 및 1997년도 전력비용을 분석한 것이다. 여기서, 전력요금은 기본요금과 전력량요금을 합한 것이며, 전력단가(원/m² 또는 원/kWh)는 업체의 전력관리 수준을 어느 정도 판단할 수 있다.

〈표 6〉 3개소 병원의 설비개요 및 전력단가

구분	건축연면적	병상수	주변압기 용량	전력 단가
K 병원	76,017m ² (23,036평)	834	5,900kVA	12,018원/m ²
C 병원	68,819m ² (20,542평)	857	5,450kVA	13,441원/m ²
J 병원	63,173m ² (19,144평)	859	3,000kVA	11,250원/m ²

이 조사에서는 J 병원이 가장 효율적인 전력관리를 하고 있는 것으로 분석되었으며, J 병원은 비상용발전기를 이용한 최대수요전력 관리 및 고효율 조명등(32W 형광등, 전구식 형광등)의 채택, 조명용 전원의 승압(110V → 220V) 실시, 사적인 냉장고 사용의 억제 등 적극적인 전력관리를 실시하고 있는 것으로 조사되었다.

나. 산업시설 부문

에너지원단위란 단위제품 생산에 얼마나 많은 에너지가 소비되고 있는가를 구체적으로 파악하는 하나의 에너지 계량치이다. 물량 기준 에너지원단위는 에너지사용량을 제품의 생산량으로 나누어 계산함으로써 각 품목의 에너지 이용을 비교하는 척도가 되며, 절감 가능성의 도출이 용이하고, 에너지 이용률 저하에 따른 원인 분석자료로 활용도가 높다.

〈표 7〉 업체별 전력원단위 비교

구분	A 제강 (kWh/Ton)	B 기업 (kWh/EA)	C 주공 (kWh/Ton)	D 금속 (kWh/Ton)	E 강업 (kWh/Ton)	F 주철 (kWh/Ton)
1995년도	332.3	11.6	1,109.3	985.4	560.3	284.0
1996년도	334.5	11.2	1,129.0	865.0	592.3	273.2
증감률(%)	0.7	-3.1	1.8	-12.2	5.7	-3.8

품목별 물량기준 원단위는 생산공정 및 공법, 생산능력, 가동률이 동일하여야만 정확한 비교가 가능하고, 동일 품목일지라도 제품의 성분, 용도, 형태 등에 따라 차이가 많으므로 정확한 비교가 힘들다.

여기에서 분석한 전력원단위는 분석 대상업체수가 적고, 생산되는 생산제품의 유사성이 미비하여 다소의 제한성을 갖게 되어, 업체별 상호 비교는 제외하였으나 업체별로 원단위를 비교 분석하여 활용함으로써 원단위 증가원인을 파악하여 원단위를 개선하는 것이 바람직하다.

표 7은 업체별 전력원단위를 분석한 결과로서, B 기업은 1995년도에 전력원 단위가 3.1%로 감소되어 우수한 전력원단위 관리를 하여 상당한 전력절감을 거둔 것으로 평가된다.

그러나, A 제강과 C 주공은 자료 관리의 미비 및 에너지관리 조직의 부실로 인하여 원단위 관리를 소홀히 한 결과 원단위가 각각 0.7%, 1.8% 증가하여 전력사용량 증대에 따른 원가 상승을 발생한 것으로 지적된다.

D 금속은 12.2%의 높은 전력원단위 절감을 보였는데, 이는 일부 전기로설비가 가스사용설비로 전환되어 전력사용량이 감소되었기 때문이며 연료부문을 포함한 총에너지 원단위가 7.3% 개선되어 에너지절약에 많은 노력을 기울인 것으로 보인다.

E 강업은 5.7%의 전력원단위 악화를 초래하였는데, 이는 연료부문 에너지절감에 주력하여 추진한 결과 부수적으로 전력부문 사용량 증대를 초래하였기 때문으로 보이며 업체의 전력부문 에너지절감에 대한 관심도 고취와 적극적인 절감 활동이 크게 요망된다.

6. 결론

수용가의 전기공급시설은 안전하며 신뢰도가 높게, 그리고 경제적인 설비 구성으로 전력손실의 최소화를 도모하면서 양질의 전기를 공급할 수 있는 설비로 구성하여야 한다. 여기서, 전기설비의 양이란 부하용량, 기기의 종류, 구조, 형태 등 설비시스템을 구성하고 있는 개체를 말하며, 전기설비의 질이란 이것들로부터 요구되는 신뢰성, 안전성, 내구성, 보수성, 경제성 등을 말한다.

한편, 국내에서는 건축물 및 산업시설의 용도, 규모, 설비 구성 특성 등을 고려한 우리 실정에 적합한 전기 부하 계산 및 설비특성 분석에 대한 기술자료가 전무한 실정이다. 따라서, 전기설비 설계시 설계자의 경험적 판단에 따라 설계가 이루어짐으로써 전기설비의 과잉 시설을 초래하게 되고, 이로 인하여 불필요한 전력손실을 야기시킴으로써 전기수용설비의 효율적 유지관리가 절실하게 요구되고 있다.

그러나, 전기에너지의 절약 방향은 전기기기의 효율 향상인 하드웨어 중심으로 추진되어 왔으며, 에너지의 소비를 크게 좌우하는 전기설비의 시스템 설계나 운영 관리 등 소프트웨어 측면은 등한시되어 왔다.

전기설비에서의 에너지절약은 에너지절약 전기기기의 도입, 그리고 에너지 절약적인 설비의 시스템 설계와 운영 관리 등으로 이루어지며, 이들 중 소프트웨어 측면의 시스템 설계나 운영에서의 에너지절약이 Life Cycle 측면에서 매우 효과적이므로 대형 수용가의 경우에는 적극적인 전기수용설비의 효율적인 전력관리가 절실하게 요청된다. ☒