

자가용 전기설비의 전력원단위 관리

김 세 동

두원공과대학 교수/기술사

1. 개요

최근에 들어서는 우리나라에서도 포스코건물, 테크노피아 등과 같은 초고층 복합용도의 첨단정보빌딩이 증가하고 있다. 이와 같은 특수 건축물은 빌딩 자동화시스템, 사무자동화시스템 및 통신네트워크시스템, 그리고 정보화시대에 완벽하게 대응할 수 있는 유연성을 가진 건축물로서 신뢰도가 높은 양질의 전원공급설비를 갖추어야 한다. 이를 위해서 스포트 네트워크 수전방식을 채용함은 물론 합리적인 변압기뱅크 구성, 축소형 가스절연개폐장치의 채택, 뱅크간 모션용 차단기 채용, 간선의 이중화, 무정전전원장치의 이중화, 배선의 통합화, 쾌적한 조명환경시스템의 구축, 전기설비의 중앙감시화 등이 구축되고, 또한 Life Cycle 측면에서의 에너지 절약의 극대화가 적극 검토되고 있다.

아울러 첨단정보빌딩은 순간정전도 허용하지 않는 대형 컴퓨터 및 사무자동화기기의 사용이 급증함은 물론 빌딩 기능이 고도화되면서 냉방부하용 전력소비가 크게

증가되어 전기에너지 소비는 매년 급속히 증가하고 있는 실정이므로 효율적인 전력관리가 절실하게 요구되고 있다.

근래에 들어 전력다소비 건축물에서의 전기에너지의 합리적 이용을 위하여 부하관리, 역률관리, 최대수요전력 관리, 조명설비 관리, 전동력 응용설비 관리 개선에 에너지절약 기법을 적극 도입하여 적용하고 있다. 그러나, 선진외국에 비하여 아직도 우리나라는 전기설비의 합리적 관리를 위한 통계자료를 확보하지 못하고 있는 실정이며, 특히 업종별, 산업시설별 전력단가 또는 전력원단위에 관한 기초 자료는 전무한 실정이다.

본고에서는 자가용 전기설비를 중심으로 전력관리 수준의 지표가 되는 업종별 전력단가와 전력원단위 현황을 살펴보고자 한다.

2. 업종별 전력단가 분석

전력단가는 단위면적당 전기요금(원/m²) 또는 단위전

력량당 전기요금(원/kWh)을 나타내며, 자가용 전기설비의 전력관리 수준을 어느 정도 판단할 수 있다. 여기서 전기요금은 최대수요전력을 기준으로 하는 기본요금과 사용 전력량을 기준으로 하는 전력사용량 요금으로 구분된다. 일반적으로 자가용 전기설비의 업종, 용도, 건축 규모, 설비 구성 특성, 전력관리 방법 등에 따라 전력단가 또는 전력원단위가 많은 차이를 보일 수는 있겠으나 유사한 업종별로는 좋은 자료로 활용할 수 있을 것으로 본다.

표 1은 건축연면적과 병상수가 비슷한 종합 병원 3개소에 대한 현황을 나타낸 것이며 표 2는 1997년도 전력관리 현황(연간 전력사용량, 최대수요전력, 연간 전기요금, 전기설비 현황 등)을 조사하여 전력 비용을 분석한 결과 전력단가 현황을 나타낸 것이다.⁽¹⁾⁽²⁾

〈표 1〉 종합병원의 건축개요 및 전기설비 현황

구 분	건축연면적	병상수	주변압기용량
K 대학교병원	76,017m ² (23,036평)	834	5,900 kVA
C 대학교병원	68,819m ² (20,542평)	857	5,450 kVA
J 대학교병원	63,173m ² (19,144평)	859	3,000 kVA

〈표 2〉 종합병원의 전력단가 현황

구 분	K 대학교병원	C 대학교병원	J 대학교병원
전력 비용	12,018원/m ²	13,441원/m ²	11,250원/m ²

이 조사에서는 J대학교 종합병원이 전력관리를 가장 효율적으로 하고 있는 것으로 분석되었으며, J대학교 종합병원은 비상용발전기를 이용한 최대수요전력 관리 및 고효율 조명등(32W 형광등, 전구식 형광등)의 채택, 조명용 전원의 승압(110V → 220V) 실시, 모자계량의 설비, 사적 냉장고의 억제 등 적극적인 전력관리를 실시하고 있는 것으로 조사되었다. 반면에 C대학교 종합병원의 경우에는 J대학교 종합병원에 비해서 단위면적(m²)당 2,191원 정도 높은 전력요금을 부담하고 있는 것으로 조사되었으며, 연간 1억 5천만원 이상의 전력요금을 추

가로 부담하고 있는 것으로 분석되었다.

따라서 업무용 건축물의 효율적인 전력관리는 전기에너지 절감 측면은 물론 전력요금 절감측면에서 매우 중요한 부분이다.

참고로 표 3은 업종별 평균 전력단가를 나타낸 것이다. 표본 조사 14개 업체의 '96년도 평균 전력단가는 84.54원/kWh으로 조사되었으며, 가장 전력단가가 높은 업종은 공공건축물로서 평균단가에 비해 11.9% 정도 높은 94.60원/kWh인 것으로 나타났다. 다음으로는 병원, 백화점, 일반 건물 등의 순으로 전력단가가 높게 나타났다. 이러한 현상은 우리 국민의 생활 수준의 향상으로 쾌적한 근무 여건 및 서비스 개선에 따른 하절기 냉방수요 급증과 사무전산화 보급으로 인한 전력소비 급증 등으로 최대수요전력 및 전력사용량이 급증하고 있기 때문인 것으로 생각된다.⁽³⁾

전력단가가 가장 낮은 건축물은 학교 건물로서 평균 전력단가에 비하여 9.6% 낮은 71.81원/kWh으로 나타났다. 원인으로는 계약종별 요금(교육용)이 상대적으로 낮고 기본요금의 산출기준인 최대수요전력 관리가 효율적으로 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

〈표 3〉 업종별 평균 전력단가

전력 단가	공공 건물	일반 건물	백화점	병원	호텔	시장	학교	평균
1995년도 (원/kWh)	92.68	82.73	87.06	85.61	79.43	79.4	68.97	83.09
1996년도 (원/kWh)	94.6	85.59	87.41	89.01	79.44	80.21	71.81	84.54

3. 업종별 전력원단위 분석

가. 건축물 부문

(1) 업종별 전력원단위

건축물 부문에서의 전력원단위(kWh/m²)란 단위면적

〈표 4〉 업종별 전력원단위 현황

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

당 전력사용량을 의미하며, 이를 비교 분석함으로써 전력사용량의 적정 여부를 판단할 수 있다.

표 4는 업종별 전력원단위 현황을 나타낸 것이며, 조사 대상 건축물의 평균 전력원단위는 1995년도 기준 180kWh/m²로 조사되었다. 공공건물과 병원, 기타 건축물의 원단위가 낮은 반면 전화국의 평균 원단위는 398kWh/m²로 높게 나타났다. 그리고, 백화점, 호텔, 은행 등의 건축물은 평균치보다 높게 조사되었다.⁽³⁾

전화국은 특성상 순간정전도 허용하지 않는 전자동 교환시스템 등이 주요 부하기이며, 이와 같은 부하기의 안정적 전원공급을 위해서는 무정전전원장치 및 자동전압조정기의 사용이 필수적이다. 또한 이들 전기기기를 위해서는 항온항습 조건이 요구됨에 따라 절기에 관계없이 냉방 사용이 연간 가동되며, 일반 업무용 건축물과는 달리 전력사용량이 많다. 이와 같은 특수 용도의 건축에 대해서는 심야전력을 이용한 빙축열시스템의 적극 도입이 요구된다.

백화점의 경우에는 구매촉진을 위하여 조명수준이 매년 20% 이상 증가되고 있는 실정이며, 연색성이 좋은 램프의 사용이 급증되고 있다. 또한 이용 고객에 대한 서비스 개선차원에서 냉난방 가동 증가와 식품매장의 냉동기 가동으로 전력사용량이 많은 것으로 판단된다. 이러한 관점에서 볼 때 이 업종에는 흡수식 냉방기 또는 빙축열 냉방기, 고효율 조명기기, 고효율 전동기의 사용을 통한 전력사용 합리화를 유도할 필요가 있는 것으로 지적된다.

특히, 시장건물과 같은 기타 건축물의 경우에는 건물

구조 및 방식에 있어서 조작성을 면치 못하고 있기 때문에 조명 및 냉난방 효율이 나쁜 것으로 판단된다. 시장건물의 경우 전체 전력사용량 중 조명부분의 전력사용 구성비가 약 80%로 높는데 효율이 나쁜 백열전구와 40W 형광등의 사용이 대부분이어서 조명전력의 소비가 많은 것으로 지적된다. 따라서, 조명전력의 사용량은 냉방부하 증가의 원인을 제공하고 있으므로 이의 개선을 통한 전력원단위 관리가 시급한 것으로 지적된다.

표 5는 일본의 업종별 전력원단위(1995년도 기준)를 나타낸 것으로서, 우리나라에 비하여 전력원단위가 전 업종에 걸쳐 높게 나타나는데, 이의 원인은 사무자동화 및 빌딩자동화시스템 등이 도입되면서 전력사용 비율이 높기 때문인 것으로 지적된다.⁽³⁾

〈표 5〉 일본의 업종별 전력원단위 현황

구 분	사무실	백화점	상가	병원	호텔	학교	기타
평균원단위 (kWh/m ²)	166	238	224	196	186	64.3	222

주 : 1996년도 일본 에너지종합관리 기술협회 자료

이상과 같이 국내에서도 최근 건축물의 대형화, 초고층화, 설비 구성의 복잡화, 중앙감시화, 고기능화, 사무자동화 및 빌딩설비의 자동화 등으로 냉방 수요의 급증으로 인하여 전력사용도 증가되고 있으며, 이에 따라 전력원단위도 증가하는 추세이다.

(2) 부하용도별 전력원단위

표 6은 1996년도 기준 업종별 부하용도별 전력원단위

를 나타낸 것이며, 조사 결과 전력원단위가 가장 높은 항목은 조명용으로서 평균 63kWh/m²로 조사되었고, 다음은 동력용으로 나타났다. 특히 백화점은 전산용을 제외한 거의 모든 항목이 타 업종에 비하여 전력원단위가 높아 지속적인 전력원단위 분석 및 관리를 통한 전력사용 합리화가 절실히 요구된다.⁽³⁾

〈표 6〉 업종별 부하용도별 전력원단위(kWh/m²)

구분	공공건물	일반건물	백화점	병원	호텔	시장	학교	평균
조명용	38	28	179	45	55	211	27	63
동력용	39	53	189	44	63	22	14	51
냉방용	37	21	93	24	46	33	14	30
전산용	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

주 : 1) 전력원단위는 공조기 및 기타 펌프류 등 동력용 전력량으로 한정함.

2) 냉방원단위는 냉방기와 부속기기(냉·온수 펌프류 제외)의 사용전력량으로 한정하여 산출함.

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 슬림형 형광등의 사용, 백열전구 대신에 전구식 형광등의 사용)으로 대체하고, 자기식 안정기를 전자식 안정기로 대체하는 등 조명부문에 대한 투자가 요구된다.

동력용 전력원단위도 건물 특성상 백화점이 가장 높은 것으로 나타났다. 따라서, 백화점에 대하여 동력부하의 효율화를 기할 수 있는 방안이 절실히 요구된다. 또

한 국민생활 및 소비패턴의 향상으로 앞으로도 백화점 업종의 지속적인 전력증가가 예상되는 바 백화점에 대한 합리적인 전력사용 등이 이루어질 수 있는 방법을 강구하여야 할 것이다.

나. 산업시설 부문

에너지원단위란 단위제품 생산에 얼마나 많은 에너지가 소비되고 있는가를 구체적으로 파악하는 하나의 에너지계량치이다. 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.

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 되므로 업체별 상호 비교는 하지 않았으나 업체별로 원단위를 비교 분석하여 활용함으로써 원단위 증가원인을 파악하여 원단위를 개선해 나가는 것이 바람직하겠다.

표 7은 산업시설의 전력원단위를 분석한 것이며, Y기업은 1995년도에 전력원단위가 3.1%로 감소되어 우수한 전력원단위 관리를 하여 상당한 전력절감을 거둔 것으로 평가된다.⁽⁴⁾

〈표 7〉 업체별 전력원단위 비교

구분	S 제강 (kWh/Ton)	Y 기업 (kWh/Ea)	B 주공 (kWh/Ton)	T 금속 (kWh/Ton)	D 강업 (kWh/Ton)	H 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

그러나 S제강과 B주공은 자료 관리의 미비 및 에너지 관리 조직의 부실로 인하여 원단위 관리에 소홀하여 원단위가 각 0.7%, 1.8% 증가하였고 전력사용량 증대에 따른 원가 상승이 발생한 것으로 지적된다.

T금속은 12.2%의 높은 전력원단위 절감을 보였는데 이는 일부 전기로 설비가 가스사용설비로 전환되어 전력사용량이 감소되었기 때문이긴 하지만 연료부문을 포함한 총에너지 원단위가 7.3% 개선되어 에너지절약에 많은 노력을 기울인 것으로 보인다.

D강업은 5.7%의 전력원단위 악화를 초래하였는데 이는 연료 부문 에너지절감을 주력으로 추진함에 따라 부수적으로 전력부문 사용량 증대를 초래하였기 때문으로서 업체의 전력부문 에너지절감에 대한 관심을 고취시킴과 함께 적극적인 절감 활동이 크게 요망된다.

4. 맺음말

1980년대 초중반 비교적 낮은 유지율을 유지하던 우리나라 최대전력 수요는 1986년 아시안게임과 1988년

올림픽을 치르면서 다시 매년 10% 이상의 고도성장을 지속하고 있으며 1994년부터는 냉방부하 급증 등으로 성장 추세가 더욱 가속되어 1994년 20%, 1995년 12%의 수요증가율을 기록하였다.

한편, 국내에는 건축물 및 산업시설의 용도, 규모, 생산량, 설비 구성 특성 등을 고려한 우리 실정에 적합한 전기 부하 계산 및 설비 운영특성 분석에 대한 기술자료가 전무한 실정이다. 특히 수용가의 전력관리 수준을 나타내는 전력단가 및 전력원단위에 관한 자료도 전무한 실정이다.

따라서 에너지절약을 위한 전기기기를 개발하는 것도 중요하지만, 전력관리를 합리적으로 관리하기 위한 제반 대책이 좀더 적극적으로 강구되어야 할 것이다. 전기설비에서의 에너지절약은 에너지절약 전기기기의 도입, 그리고 에너지절약적인 설비의 시스템 설계와 운영관리 등으로 이루어지나, 이들 중 소프트웨어 측면의 시스템 설계나 운영에서의 에너지절약이 Life Cycle 측면에서 매우 효과적이므로 대형 수용가의 경우에는 적극적인 전기수용설비의 효율적인 전력관리가 절실하게 요청된다. ❏

<참고문헌>

- (1) 김세동, 최도혁, 전력관리 효율화 운용방안, 한국건설기술연구원, 1997
- (2) 김세동, 전기수용설비의 전력관리 효율화 운용기술, 전기학회지, 대한전기학회, Vol. 47, No. 7, 1998
- (3) 장명철 외, 대형건물 정밀진단 및 절전잠재량 조사, 한국전력공사, 1997
- (4) 옥용연 외, 전력수요관리 잠재량 조사를 위한 대형 산업체 진단, 한국전력공사, 1997
- (5) 장명철 외, 전력다소비업종 부하 이동 방안 연구, 한국전력공사, 1996
- (6) 이태원, 김세동 외, 관람집회시설의 에너지절약을 위한 설계기준에 관한 연구, 건설교통부/한국건설기술연구원, 1994
- (7) F. William Payne, Energy Management and Control Systems Handbook, The Fairmont Press, Inc. 1994
- (8) A. J. Dell'Isola, S. H. Grylls, Life Cycle Costing for Design Professionals, Mcgraw-Hill, Inc. 1991