

# 전력 다소비 시설물의 전력원단위 분석과 평가

(Analysis and Valuation of the Unit Cost of Electric Power Consumption in Largescale Power Consumption facilities)

김지경 · 장우진

(Jikyeong Kim · Woojin Jang)

Seoul National University of Technology

## 요약

지속적인 경제성장으로 초고층 복합 첨단정보빌딩이 급속히 증가하고, 국민생활 수준의 질적향상으로 쾌적한 환경 요구에 부응하여 고급에너지인 전력 소비량이 매년 10%이상 높게 증가하고 있어 효율적인 전력관리가 절실히 요구되고 있다. 전력소비량이 많은 산업(제조업)분야와 건축물분야 다소비시설물의 전력원단위를 분석하고 효율적인 전력관리 방안을 제시하여 전력사용합리화를 이룩하고자 한다.

## 1. 서론

최근에 들어서는 우리나라에서도 2차산업 중심에서 3차산업 사회로 급속히 전환되면서 국내 총 전력소비량의 60%(’91년 기준)를 점유하던 제조업이 10년 사이 50%로 감소하는 반면, 서비스업종은 초고층 복합용도의 첨단빌딩과 대형 건축물의 증가로, ’91년도 15.6%에서 ’01년도에는 28.4%로 점유율이 증가하였으며, 전력사용량은 무려 4.5배로 가장 급격히 증가하고 있다. 이와 같은 대형 첨단건축물은 빌딩 자동화시스템, 사무자동화시스템 및 통신네트워크시스템, 그리고 정보화시대에 완벽하게 대응할 수 있는 유연성을 가진 건축물로서 신뢰도가 높은 양질의 전원공급설비를 갖추어야 한다. 이를 위해서 평행 2회선 또는 스포트 네트워크 수전방식을 채용함은 물론 합리적인 변압기뱅크 구성, 뱅크간 모션용 차단기 채용, 간선의 이중화, 무정전전원장치의 이중화, 배선의 통합화, 전기설비의 중앙 감시화 등이 확대되고 있다. 또한 순간정전도 허용되지 않는 대형 컴퓨터 및 사무자동화기기의 사용이 급증함은 물론 빌딩 기능이 고도화되면서 쾌적한 조명환경 시스템 구축을 위한 조명전력과 냉난방 공조부하 전력소비가 크게 증가하고 있다.

산업 부문에서도 설비의 자동화 확대, 산업생산 제품의 다양화, 고급화, 다품종소량생산 체제와 환경

중시의 산업활동 강화 등으로, 고급 에너지인 전기에너지 소비가 매년 꾸준히 증가하고 있는 실정이므로 효율적인 전력관리가 요구되고 있다.

수 차례의 에너지 파동과 경제위기를 거치면서 에너지 다소비 시설물에서는 전기에너지의 합리적 이용을 위하여 부하설비관리, 역률관리, 최대수요전력 관리, 조명설비 관리, 전동력 응용설비 관리 개선에 새로운 전력절감 기법을 도입하여 적용하고 있다. 그러나, 선진외국에 비하여 아직도 우리나라는 전기설비의 합리적 관리를 위한 통계자료 확보가 미흡한 실정이며, 특히 업종별, 산업시설별 전력단가 또는 전력원단위에 관한 기초 자료는 활용도가 매우 낮은 상황이다.

본 연구에서는 전력원단위 산정은 일정한 공통적 특성을 찾아야 하는 관계로 다소비 전력시설물 중 산업부분의 일부 품목과 건축물을 중심으로 전력관리 수준의 지표가 되는 전력원단위 현황을 살펴보고자 한다.

## 2. 전력원단위

우리나라에서 전력사용의 큰 축을 이루는 산업시설(제조업)의 경우, 전력원단위는 각 생산업체에서 생산되는 제품의 단위당 전력량으로 표시되며, 산정은 일정 기간 내 소요된 전력량을 그 기간 중에 생

표 1. 주요 제품별 전력원단위 현황

구분	나이론원사	백상지	시멘트	냉연강판	타이어	자동차	선박	정수
기준 원단위 (kWh/ton, 대)	2,339	741	102.0	169	896	878	169	310
2000년도	2,275	602	89.1	131	877	855	131	211
증감율(%)	97.3	81.2	87.4	77.5	97.9	97.4	77.5	68.1
조사 업체수	13	12	9	4	3	7	3	4

산된 제품의 단위량으로 나눈값(kWh/Ton, 개)과 기본요금, 사용량요금 또는 총 전력요금을 전력사용량으로 나눈 값(원/kWh)으로 산정 한다. 따라서 전력원단위는 생산활동에서 생산관리의 잘잘못, 설비의 근대화, 기술의 향상 등에 따라 크게 달라지며 생산능력의 척도로 중요하며 원단위의 저하는 직접 생산코스트의 저하로 전기사용합리화의 척도이기도 하다.

건축물에서의 전력원단위는 단위 면적당 전기사용량(kWh/m<sup>2</sup>), 단위면적당 전기요금(원/m<sup>2</sup>) 또는 단위 전력량당 전기요금(원/kWh)을 나타내며, 여기서 전기요금은 최대수요전력을 기준으로 하는 기본요금과 사용 전력량을 기준으로 하는 전력사용량 요금으로 구분된다. 일반적으로 건축물 전기설비의 업종, 용도, 건축 규모, 설비구성 특성, 전력관리 방법 등에 따라 전력단가 또는 전력원단위가 많은 차이를 보일 수 있으나, 동일·유사한 업종별로는 좋은 자료로 활용할 수 있을 것으로 본다.

### 3. 업종별, 주요 제품별 전력원단위

#### 가. 산업시설 부문

##### (1) 주요 제품별 전력원단위

표 1은 1997년도 에너지관리공단에서 조사하여 발표한 주요제품별 전력원단위(1999년도 발표)중 일부 제품을 발췌하여 기준 원단위로 하고 2000년도 조사된 원단위와 비교한 것이다.

원단위 감소율이 가장 큰 부분은 정수 부분으로 나타났으며 다음은 선박, 냉연강판, 백상지, 시멘트 순으로 조사되었다.

인구증가와 생활수준향상으로 상수 수요와 농·공 업용수에 증대에 따른 시설확충과 고효율 신규설비의 도입으로 전력원단위의 감소율은 높으나 아직도

노후설비 대체, 송수펌프의 유량제어, 배수펌프의 압력제어, 각종 정수장치의 속도제어 등의 개선요인이 있다.

전력원단위가 가장 높은 섬유(나이론원사)업종도 제품의 고급화와 고부가가치화, 세번수 생산량의 증대, 다품종 소량생산 등으로 생산성의 저하로 원단위 감소율이 낮으나 대용량 설비이므로 원단위 관리의 필요성이 크다

산업부문의 전력원단위는 단위제품 생산에 얼마나 많은 전기에너지를 소비하고 있는가를 구체적으로 파악하는 하나의 척도로서 절감가능성의 도출이 용이하고 효율적관리에 필요한 원인 분석 자료로 활용된다.

##### (2) 업체별(시멘트) 전력원단위

표 2에서는 제품이 동일하고 시설용량규모도 상호 비교가 용이한 조건을 충족하는 업종 중에서 가장 적정한 시멘트업종을 선택하여 비교해 보았다.

표 2. 시멘트 업종 전력원단위(kWh/ton) 비교

구분	H시멘트	S양회	HD시멘트	A시멘트	평균
계약용량 (MW)	135	130	80	65	102.5
원단위(99)	101.83	92.19	102.22	112.98	102.31
원단위(00)	98.32	90.74	107.60	105.89	100.64
대비율(%)	96.55	98.43	105.25	93.72	98.37
전력단가 (원/kWh)	48.40	49.78	51.37	48.13	49.42

주) : 1) 전력단가는 2000년도 실적으로 기본요금 및 사용량요금의 합계를 전력량으로 나눈 값임.

상호 비교의 차이를 축소하기 위하여 원단위를 세분하여 중간제품인 클링크와 완제품인 시멘트의 원단위를 분리하여 조사된 업체도 배제하고 시멘트 생

산량에 기준으로 원단위 산정을 한 업체를 대상으로 하였다.

표 3. 업체별 생산량 및 전력사용량 현황('00년도)

구분	H시멘트	S양회	HD시멘트	A시멘트	평균
생산량 (천ton)	4,932	5,501	3,348	2,760	4,135
전력량 (GWh)	485,001	499,137	360,252	292,270	409,165
부하율(%)	85.0	43.8	69.9	67.1	100.64
역률(%)	96.0	93.25	95.0	97.7	66.45
가동일수	315	366	275	313	317

표 3에서 업체별 제품 생산량, 전력사용량, 부하율, 역률 및 가동일수현황을 나타낸 것으로, 비교 분석해본 결과 HI시멘트와 S양회는 시설규모가 비슷하나 S양회는 365일 가동하여 '00년도 전력원단위가 상대적으로 낮으나 생산량 증가율에 비하여 원단위가 감소율이 낮았다. 또한 HI시멘트에 비하여 역률이 낮고 부하율은 43.8%로 낮게 관리되어 전력단가는 시설규모가 적은 A시멘트 보다 kW당 1.66원 높아 전력요금을 더 부담하고 있는 것으로 나타나고 있다.

HD시멘트는 가동일수가 275일로 가장 낮게 가동하여 시멘트 생산 공정중 전체 사용전력량의 28%를 점유하는 소성공정 즉, 원료를 1,450. C 정도로 가열, 소성시켜 클링클를 생성하는 과정이 있어 예열부하 등으로 전력원단위가 높으며 따라서 전기단가도 51.37(원/kWh)로 가장 높게 나타나고 있다.

HI시멘트는 생산설비(전력설비) 규모에 비하여 제품생산량이 적은 관계로 부하율을 85%로 잘 관리하고 있으나 대형설비의 장점을 살리지 못하고 상대적으로 S양회에 비하여 원단위가 높게 나타나 효율적

표 4. 건축물 업종별 전력원단위 현황 비교

구분	상용	공공	백화점	호텔	병원	학교	전화국	연구소	은행	기타	평균
기준원단위 (kWh/m <sup>2</sup> )	183.5	124.7	181.9	126.5	189.9	79.7	438.5	192.4	221.3	184.3	152.0
'01년 원단위 (kWh/m <sup>2</sup> )	209.7	120.0	248.3	190.3	168.1	91.9	613.0	193.7	262.8	181.8	170.2
증감률(%)	14.3	-3.8	36.5	50.4	-11.5	15.4	39.8	0.7	18.8	-1.4	11.9
업체수	14	3	14	14	6	9	4	6	6	8	84

주 : 1) 연간 전력사용량이 1,000만 kWh이상인 건물로 에너지절약 5개년계획('97~2001)을 수립·시행하는 건물 84개소(에너지관리공단 자료)

인 관리 기법과 운영관리의 개선이 요구된다.

시멘트 생산업체는 에너지 다소비 업체로서 플랜트가 대용량화되어 있어 우수한 에너지 절감효과를 얻고 있으나, 설비의 자동화, 집중감시 제어화, 고효율기기의 도입으로 효율적인 관리가 필요하다.

각 생산공정별 전력원단위를 조사하여 상세히 비교분석을 하면 해당업체의 달성 가능한 목표 원단위를 산출 할 수 있으며, 나타난 문제점에 대한 공정개선과 운영합리화를 통하여 지속적인 원단위 관리를 하므로 원가 절감을 이룩할 수 있다.

#### 나. 건축물 부문

##### (1) 업종별 전력원단위

건축물 부문에서의 전력원단위는 단위면적당 전력사용량(kWh/m<sup>2</sup>)을 의미하며, 이를 비교 분석함으로써 전력사용량의 적정 여부를 판단할 수 있다.

표 4는 업종별 전력원단위 현황을 1996년도를 기준으로 2001년도의 현황을 나타낸 것이며, 2001년도 조사 대상 건축물의 평균 전력원단위는 170.2kWh/m<sup>2</sup>로 1996년도 152.0kWh/m<sup>2</sup>보다 11.9% 증가하였으며, 병원, 공공건물과 기타 건축물은 원단위가 감소하였으나, 호텔, 전화국, 백화점은 50.4%, 39.8%, 36.5%로 급격하게 증가하였다.

또한 전력원단위가 학교, 기타, 공공건물과 병원은 건축물의 평균원단위(170.2kWh/m<sup>2</sup>)보다 낮게 나타났다.

특히 전화국은 평균원단위의 360%로 아주 높게 나타났으며, 은행, 백화점, 상용건축물 순으로 평균치보다 54%~23% 높게 조사되었다.

전화국은 특성상 주요 부하설비가 순간정전도 허용하지 않는 전자동 교환시스템 등이므로 무엇보다 안정적 전원공급을 위해서는 무정전전원장치 및 자동전압조정기의 사용이 필수적이다. 또한 이들 전자교환시스템과 전기기기를 위해서는 항온항습 조건이 요구됨에 따라 계절에 관계없이 냉방기가 가동되어, 일반 업무용 건축물과는 달리 전력사용량이 많다.

은행도 쾌적한 환경을 위한 냉난방 설비의 가동 증가와 인력절감을 위한 업무자동화기기 및 통신네트워크시스템의 증가 등으로 전력량이 증가하고 있으며, 백화점의 경우도 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.

최근 건축물의 대형화, 초고층화, 설비 구성의 복잡화, 중앙감시화, 고기능화, 사무자동화 및 빌딩설비의 자동화 등과 냉방 수요의 급증으로 인하여 전력사용이 급격히 증가하는 추세이므로, 냉방기기를 흡수식 냉방기 또는 심야전력을 이용하는 빙축열 냉방기의 대체와, 고효율 조명기기, 고효율 전동기의 사용을 통한 전력사용 합리화를 유도할 필요가 있는 것으로 지적된다.

(2) 업종·업체별 전력단가 분석

건축물에서의 전력단가는 단위 면적당 전기요금(원/m<sup>2</sup>) 또는 단위 전력량당 전기요금(원/kWh)을 나타내며, 여기서 전기요금은 최대수요전력을 기준으로 하는 기본요금과 사용 전력량을 기준으로 하는 전력사용량 요금으로 구분된다.

표 5는 건축연면적과 규모가 비슷한 호텔 3개소에 대한 2000년도 전력사용량 및 전기요금을 조사하여 분석한 결과 전력비용과 전력단가 현황을 나타낸 것이다

이 조사에서는 C호텔이 전력관리를 가장 효율적으로 하고 있는 것으로 분석되었으며, 비슷한 규모의 S호텔과 비교하여 전력비용은 단위면적 당 2,642원

표 5. 호텔의 건축개요와 전력단가

구 분	C 호텔	P 호텔	S 호텔
건축연면적 (m <sup>2</sup> )	38,559(21층)	34,756(25층)	34,302(21층)
전력사용량 (MWh)	5,953	7,006	5,743
전력 비용 (원/m <sup>2</sup> )	10,426	14,012	11,370
전력단가 (원/kWh)	67.52	69.51	67.90

(23.2%), 전력사용량 당 1.61원(2.3%)을 더 많이 부담하여 연간 9,700만원이상의 전력요금을 추가로 부담하고 있는 것으로 분석되었다.

4. 효율적 전력시설물 관리방안

가. 수변전설비

(1) 부하관리 개선 및 합리화 방안

변압기는 전기기기 중에서 가장 효율이 높은 기기 이면서 가장 손실이 많은 기기이기도 하다. 또한 전 원기로서 상시 운전되는 특징이 있으므로 적은 량의 손실 개선도 효율향상에 크게 기여 하므로 가능한 고효율 에너지 절약형 변압기를 선정하고뱅크구성 및 운전방식의 개선에서도 큰 효과를 기대 할 수 있으며, 변압기의 세부적인 합리화 방안은 다음과 같다

- ① 부하 사용특성을 고려한 변압기의 통제합운전
- ② 변압기의 합리적뱅크 구성
- ③ 에너지 절약형 변압기 채용
- ④ 변압기 용량의 적정화 및 수용률의 적정관리
- ⑤ 다단계 변압을 직접변압방식으로 변경

(2) 역률관리 개선

전력부하는 일반적으로 유도성 부하로 인하여 낮은 역률의 무효전력이 발생하여 선로손실과 변압기 부하손이 증가하고 전압강하와 수전설비 용량이 크지게 된다. 따라서 무효전력 발생분을 줄이기 위하여 진상용콘덴서를 설치하여 역률을 90%이상으로 유지하여야 한다.

(3) 최대수요전력 관리 개선

최대수요전력관리의 목적은 최대수요전력의 증가

를 방지하기 위한 것이며, 수용가의 시설에 악영향을 주지 않는 범위에서 일시적으로 차단할 수 있는 부하를 제어함으로써 최대전력을 억제하는 것으로, 최대수요전력을 적절히 제어하기 위한 방식에는 ①부하의 Peak Cut 방식 제어, ②부하의 Peak Shift 제어, ③부하설비의 프로그램 제어, ④자가용 발전설비 가동에 의한 피크제어방식이 있으며, 여름철 냉방부하 피크시 활용된다.

#### (4) 분산형 전원에 의한 전력관리 개선

기존의 전력회사의 대규모 집중전원과는 달리 소규모로 소비지 근방에 분산 배치가 가능한 전원 즉, 가스터빈발전, 디젤엔진발전, 연료전지발전, 태양광발전, 풍력발전 등의 신전원을 개발하여 배치 전원을 공급하여 전력절감 및 최대수요관리를 한다.

### 나 전동력설비

#### (1) 전동기의 운전방법 개선

우리나라 총 소비전력의 약 60% 정도가 전동력설비를 통하여 소비되고 있으므로 전동기 및 전동력설비의 에너지절감이 곧 전력소비분야의 에너지 절감이라 할 수 있다. 이러한 전동력설비의 전력절감을 위한 방안은 다음과 같다.

- ①정격전압 유지
- ②경부하 운전 지양( 80 ~ 100% 부하운전)
- ③공운전 방지
- ④전압 불평형 방지

#### (2) 에너지 절약형 고효율 전동기 채택

고효율 전동기는 고급자재 사용 및 손실 방지 설계 등으로 표준전동기 보다 4 ~ 10% 정도 효율이 향상된 전동기로서 한국산업규격에서 규정된 250마력 이하의 저압 3상 유도전동기이다

#### (3) 전동기의 절전 제어장치 채택

펌프 및 팬, 블로어 등 축동력이 회전속도의 세제곱에 비례하는 저감토크부하의 회전속도제어를 중심으로 인버터(VVVF)가 가장 대표적으로 폭넓게 적용되고 있다.

또한 경부하시 전압을 감소시켜 철손을 줄여 동손에 일치시킴으로 효율을 극대화하고, 전압 감소에 따른 입력전력도 감소하는 효과가 있는 전동기 절전기(VVCF)가 있다. 전체부하가 50%미만이거나, 무부하상태 운전이 많거나, 기동정지가 빈번한 전동기 또는

승강기, 콘베어 등에 효과가 크다.

#### (4) 심야전력 이용 설비 채택

전력사용량이 적은 심야시간대(22:00 ~ 08:00)에 심야용 기기를 이용하므로 일반 전기요금보다 저렴한 요금으로 이용 할 수 있는 제도로 정책적으로 자금을 지원하고 있으며, 이용 설비로는 방축열 냉방시스템, 축열난방기, 전기온수기 등이 있다.

### 다 배전 및 조명설비

#### (1) 배전전압 승압 및 적정관리

대다수 전기수용가의 배전전압은 220V/380V로 되어 있으나 아직도 배전전압을 100V/200V를 사용하는 수용가가 있으므로 승압을 하여 전력손실을 줄여야 하며, 또한 전기기기는 적격전압에서 사용하는 것이 가장 효율이 좋고 전압이 높거나 낮아도 떨어지므로 적절한 전압을 유지하는 것이 좋으므로 부하변동에 의한 전압변동이 심한 수용가에서는 ①부하시 탭변환 변압기에 의한 전압제어설비 부설, ②적정회로 전압 선정, ③적정한 전원 분할 등의 설비계획이 필요하다.

#### (2) 고효율 조명기기의 채용

고효율 조명기기로 ① 3과장 형광체를 사용하여 램프 관경을 세관화하여 기존램프에 비하여 20%이상 소비전력을 절감시키는 슬림형형광램프, ②반도체 소자를 이용하여 형광램프를 점등하고 유지하는 안정기의 효율을 향상시켜 15 ~ 25%의 절전효과가 있는 전자식 안정기, ③형광등이 가지는 고효율의 장점과 조명의 질이 우수한 백열등의 장점을 결합한 전구식 형광기구, ④절전효과와 연색성이 우수한 기존의 수은등의 대체용으로 고압방전형태의 HID램프(고압나트륨램프, 메탈할라이드램프), ⑤고조도 반사갓 등이 있으며 이를 이용하여 조명전력 에너지를 절감할 수 있다.

#### (3) 효과적인 자동 조명제어 채택

사무실 등의 사용 상태에 따라서 전점등, 전소등, 부분 소등, 감광 등으로 구분하여 적절한 시간 스케줄과 조명패턴을 바꾸어 조명기구를 점등 또는 소등시켜 효율적인 조명용 전력을 절감한다. 시간스케줄에 의한 제어 방법은 타이머 장치와 마이크로컴퓨터를 이용한 프로그램제어방식 등이 있다. 자동 조명제어에는 ①조광 레벨제어, ②재실 감지기를 이용한 조

명제어, ③전화기를 이용한 조명제어 등이 있다.

(4) 자연광을 이용한 창측 조명제어기법

주간에 자연광을 충분히 이용할 수 있는 경우에는 창측 조명등을 소등 또는 감광시킬 수 있는 범위를 정하여 주광의 밝기에 따라 자동 소등 또는 감광제어 하는 기법이다.

(5) 조명과 공조시스템의 결합방식의 채택

사무실의 조도 수준의 향상에 따른 조명설비의 증가로 인하여 조명기구 주변 온도의 상승으로 인한 광속의 감소방지를 위하여 조명기구 주변의 공기를 공조설비에 의하여 환기시킴으로써 형광램프의 효율을 최고에 가까운 상태로 유지하여 에너지를 절감하는 방법이다.

라. 기타 주요 설비별 개선

(1) 열병합 발전설비 채택

제조공정에서 발생하는 고온의 폐열을 이용한 발전 또는 대단위 열량을 이용하는 업종에서는 열병합 발전설비를 도입하여 전력을 생산한 후의 폐열을 산업용 열원으로 이용하므로 에너지 절감을 하는 방안으로 최근에는 가장 높은 절감률을 기대 할 수 있다.

(2) 냉동기 설비

건축물의 냉방부하의 급격한 증가로 많은 비중을 차지하므로 대체열원을 이용하는 흡수식 냉동기의 도입에 따른 개선효과가 크게 나타나며, 냉동기의 적정압력 및 온도유지, 고효율 냉동기 우선 가동과 계절에 따라 냉각수 직접이용 등의 절감방안이 기대된다.

(3) 공기압축기 설비

생산설비의 자동화로 압축공기의 수요또한 급격히 증가하므로 대형화 추세에 있으므로, 인버터를 이용한 속도제어 외에, 공기트랩 등에서의 누기 개선, 흡입공기온도 낮게 유지하여 공기밀도 높여 공기압축기의 효율을 개선하는 방안, 프로그램에 의한 대수제어 및 Unloading 운전의 감소 등의 개선방안이 제시된다.

5. 결론

지속적인 경제성장과 국민수준의 질적향상으로 고급 에너지인 전기에너지가 매년 10%이상의 지속적

인 고도성장을 지속하고 있으며, 특히 초고층 첨단정보 빌딩과 대형건축물의 증가로 건축물의 전력사용량이 급격히 증가하고 있다.

이번 조사연구에서는 산업부분은 업종별 제품별 년단위 총전력량에 의하여 분석되었으며, 건축물부분도 업종별 연간 전력량과 요금에 의하여 분석되었으며 상호비교에 어려움이 있었으며 다소 부족한면이 있다.

원단위 분석의 활용도 향상을 위하여 생산업체의 규모별, 제품별, 공정별, 계절별, 세분화하고 일정한 공통적 특성을 찾아 조사 분석할 필요성이 대두된다.

또한 전기에너지절약을 위한 고효율 전기기계 기구를 개발하는 것도 중요하지만, 전력관리를 합리적으로 관리하기 위한 제반 대책의 차원에서 원단위 관리가 좀더 적극적으로 강구되어야 할 것이다.

참고문헌

- (1) 김기욱 김지경 전력관리효율화 운용방안 산업자원부 1998
- (2) 김문덕, 강희경 주요제품별 전력원단위 단위 조사연구 한국전력공사 1995
- (3) 장명철, 황재영 대형산업체 정밀진단 및 절전 잠재량 조사 1996
- (4) 장명철, 옥용연 대형건물 정밀진단 및 절전 잠재량 조사 1997
- (5) 김세동, 최도혁, 전력관리 효율화 운용방안, 한국건설기술연구원, 1997
- (9) 김세동, 전기수용설비의 전력관리 효율화 운용기술, 전기학회지, 대한전기학회, Vol. 47, No. 7, 1998
- (10) 전기수요관리진단 종합보고서 한국전력공사, 2002
- (11) 김세동 자가용 전기설비의 전력원단위 관리, 전기저널, 대한전기협회 1998.