

## 전력다소비건축물의 부하사용특성과 전력관리 운용실태

최도혁, 류승기<한국건설기술연구원>  
김세동<두원공과대학 교수/기술사>

### 1. 머리말

근래에 들어 건축물의 대형화, 초고층화, 복합화되고 있으며, 또한 고도정보화사회의 급속한 진전으로 건축물의 기능도 고기능화, 정보통신화, 인텔리전트화됨으로써 순간정전도 허용하지 않는 사무자동화기기의 보급이 증가됨으로써 양질의 전원공급이 요구되고 있다. 아울러 쾌적한 환경 조성과 사무자동화기기의 급속한 보급에 의해서 전기에너지의 소비는 급격히 증가되고 있다. 특히 호텔, 병원, 백화점과 같은 전력다소비 건축물에서는 부하설비의 사용특성에 적합한 효율적 전력관리에 의한 에너지절감은 물론 설계단계에서의 합리적인 전기설비 설계가 요청되고 있다.

본고에서는 호텔, 병원, 백화점 등의 설비구성과 가동특성을 고려한 전력사용 부하특성을 조사, 분석하고, 전력관리 효율화 운용 현황을 기술한다.

### 2. 전력다소비 건축물의 전력사용실태 및 부하특성

#### 2.1 변전시설밀도 분석

종합 변전시설밀도는 수용가에 시설된 전체 변압기 시설용량에 대하여 단위면적당(총 연면적을 기준) 변압기시설용량을 표시하는 지수를 나타내며,

표 1에서 보는 바와 같이 실태조사 결과 평균 종합 변전시설밀도는  $72.6[VA/m^2]$  으로 분석되었다. 그리고, 베드당 평균 종합변전시설밀도는  $6,091[VA]$  로 나타났으며, 대형 병원일수록 변전시설밀도가 높은 것으로 분석되었다.

그리고, 호텔(21개소)의 실태조사 결과, 평균 종합 변전시설밀도는  $160[VA/m^2]$  으로 분석되었으며, 백화점(18개소)의 경우 실태조사 결과, 평균 종합 변전시설밀도는  $123.6[VA/m^2]$  으로 분석되었다.

#### 2.2 수용률 적용특성

수용률은 수용가에 시설된 전부하설비 용량에 대하여 실제로 사용되고 있는 부하의 최대수요전력의 비율을 표시하는 지수로서, 설비부하에 대하여 최대로 걸리는 부하량의 정도를 나타내는 값이며, 전기설비설계시에 수전설비의 용량이나 간선 등을 결정하는데 필요한 지수이다.

표 2는 1997년도에 발생된 최대수요전력의 실측 자료를 기초로 하여 병원별 수용률 적용 현황을 분석하였으며, 조사대상 병원의 평균 수용률은 40[%] 정도로 나타났다. 그리고, 조사대상 호텔의 평균 수용률은 32.2[%]로 나타났으며, 조사대상 백화점의 평균 수용률은 38.5[%]로 나타났다. 본 실태조사에서는 건축물별 부하설비용량을 정확히 조사할 수 없

표 1. 병원의 연면적 기준 종합변전시설밀도의 적용실태

변전시설밀도[VA/m <sup>2</sup> ] (연면적기준)	건물수	평균 종합변전시설밀도
100 이상	7	· 조사대상 총연면적 : 1,224,227 m <sup>2</sup> · 조사대상 총변압기시설용량 : 88,875 kVA · 평균 종합변전시설밀도 : 72.6 [VA/m <sup>2</sup> ]
80 ~ 100 미만	2	
60 ~ 80 미만	5	
40 ~ 60 미만	5	

표 2. 병원의 수용률 적용특성

수용률 실태	건물수	평균 수용률
20 ~ 30 %	4	· 조사대상의 최대수요전력의 합 : 38,433 [kVA] · 조사대상(17개소) 총변압기 시설용량 76,775 [kVA] · 설계수용률(80%)을 고려한 부하설비용량 : 95,968.75 [kVA] - 평균 수용률 : 40 %
30 ~ 40 %	5	
40 ~ 50 %	5	
50 % 이상	3	

어 부하설비용량 대신에 변압기 시설용량에 설계수용률 80(%)를 감안하여 부하설비용량을 추정하여 수용률을 산정하였다. 실태조사의 결과에서 보는 바와 같이 조사대상 건축물의 대부분이 합리적인 설계가 이루어지지 않았음을 지적할 수 있다.

### 2.3 연간 최대수요전력의 발생실태

#### 1) 병원

조사대상 병원의 연간 최대수요전력의 현황 분석 결과, 건물 준공당시보다 2배 이상 최대수요전력이 증가한 병원이 3개소로 나타났다. 증가 원인으로서는 병원의 증축으로 인한 전기설비 용량의 확장과 하절기 냉방부하의 급증, 특수 의료장비의 도입 급증으로 분석된다.

그리고, 건물 준공당시 보다 최대수요전력의 발생이 거의 변화가 없는 병원이 5개소로 분석되었으며, 이의 원인으로서는 당초 설계상의 변압기뱅크가 합리적으로 구성되어 있어 효율적인 전력관리가 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

#### 2) 호텔

조사대상 호텔의 연간 최대수요전력의 현황분석 결과, 건물 준공당시보다 1.4배 이상 최대수요전력

이 증가한 호텔이 1개소로 나타났다. 증가 원인으로서는 호텔의 증축으로 인한 전기설비 용량의 확장과 하절기 냉방부하의 급증으로 분석된다.

그리고, 건물 준공당시 보다 최대수요전력의 발생이 거의 변화가 없는 호텔이 10개소로 분석되었다.

#### 3) 백화점

조사대상 백화점의 연간 최대수요전력의 현황분석 결과, 건물 준공당시보다 1.4배 이상 최대수요전력이 증가한 백화점이 2개소로 나타났다. 증가 원인으로서는 시설의 확장으로 인한 전기설비 용량의 확장과 조명부하의 향상 및 하절기 냉방부하의 급증으로 분석된다. 그리고, 건물 준공당시 보다 최대수요전력의 발생이 거의 변화가 없는 백화점이 7개소로 분석되었다.

### 2.4 월부하특성 분석

#### 1) 병원

표 3은 1997년도 기준 지역별 월별 최대수요전력의 분포를 나타낸 것이며, 표에서 보는 바와 같이 대구지방과 부산지방의 경우에는 냉방기간이 5월부터 시작하여 10월 까지 지속되는 것을 알 수 있다. 따라서, 이에 대응한 에너지절약형 냉동기 시스템을

표 3. 병원의 월부하특성

[단위 : kW]

지역별 월별	서울(17)	대전(12)	대구(2)	광주(19)	부산(9)
1	6086	600	1248	1200	1649
2	5962	637	1243	1200	1649
3	6029	622	1195	1250	1570
4	6077	572	1147	1250	1548
5	6566	504	1214	1250	1785
6	7949	572	1728	1600	1903
7	8889	1267	1953	1872	2023
8	8765	1325	1824	1973	2239
9	8285	1307	1651	1680	1980
10	6182	540	1742	1105	1476
11	6220	619	1156	1110	1576
12	6480	666	1161	1200	1620
동절기의 최대치	6480	666	1248	1200	1649
하절기의 최대치	8889	1325	1953	1973	2239
동,하절기의 증가율	137.2 %	198.9 %	156.5 %	164.4 %	135.8 %

비고 : ( )의 번호는 병원명을 나타냄.

구축하여야 할 것이다.

그리고, 냉동기 부하로 인하여 냉방기 계절동안의 최대수요전력은 중간기 계절과 난방기 계절보다 훨씬 높게 최대전력이 나타나고 있었고, 약 2배의 최대수요전력을 나타내고 있는 병원도 있었다. 반면에 중간기 계절과 난방기 계절에는 최대수요전력의 변화가 거의 없는 것으로 나타나고 있다.

2) 호텔

1996~1997년도 기준 지역별 월별 최대수요전력의 분포를 조사한 결과, 지역의 구분에 관계없이 냉방기간이 5월부터 시작하여 10월 까지 지속되는 것을 알 수 있다.(표 4 참조)

그리고, 냉동기 부하로 인하여 냉방기 계절동안의 최대수요전력은 중간기 계절과 난방기 계절보다 150[%]이상 높게 최대전력이 나타나고 있는 건물도 있으며, 이에 대응한 에너지절약형 냉동기 시스

템을 구축하여야 할 것이다.

최대수요전력의 발생시간대를 살펴보면, 호텔의 특수성 때문에 오전 11시에서 부터 오후 18시 사이에 발생하고 있는 것을 알 수 있다.

3) 백화점

표 5는 1996~97년도 기준 지역별 월별 최대수요전력의 분포를 나타낸 것이며, 표에서 보는 바와 같이 백화점의 경우에는 계절의 구분에 관계없이 냉방기간이 연간 내내 계속되는 것을 알 수 있다. 또한 일부 백화점의 경우에는 냉방기 계절동안의 최대수요전력은 중간기 계절과 난방기 계절보다 150[%] 이상 높게 최대전력이 나타나고 있는 건물도 조사되었다. 따라서, 이에 대응한 에너지절약형 냉동기 시스템을 구축하여야 할 것이다.

2.5 일부아파트

표 4. 호텔의 월부하특성

[단위 : kW]

지역별 월별	서울(2)	서울(10)	경주(17)	부산(19)
1	3139	10897	1221	8110 (15:33)
2	3053	10094	1062	8341 (14:17)
3	3118	10699	1062	9381 (16:33)
4	3658	12110	1566	10390 (11:45)
5	4601	14968	1620	10473 (14:38)
6	4977	14728	1674	12032 (15:20)
7	4932	16942	1710	13010 (15:21)
8	5004	16949	1752	12980 (17:07)
9	4795	14717	1620	12050 (14:42)
10	3550	13990	1656	11550 (14:11)
11	3146	12182	1368	10210 (15:05)
12	3233	10678	1296	9460 (15:29)
동절기의 최대치	3233	10897	9460	1296
하절기의 최대치	5004	16949	13010	1752
동,하절기의 증가율	154.8 %	155.5 %	137.5 %	135.2 %

비고 : ( )의 번호는 호텔명을 나타냄.

일반 사무소용 건물과는 달리 병원의 경우 오전 8시부터 부하 가동이 급속하게 증가하기 시작하여 오후 6~8시 까지 최대수요전력을 나타내고 있으며, 피크 발생시간대는 오전 11시 부터 오후 4시까지 계속되고 있음을 알 수 있다. 또한, 병원의 특성상 야간시에도 계속적으로 일정 부하(조명부하 및 냉난방부하) 이상이 가동되고 있음을 알 수 있다.

호텔의 하절기 1일 부하특성 조사결과, 일반 사무소용 건물 및 병원과는 달리 오전 8 ~ 9시 부터 부하 가동이 급속하게 증가하기 시작하여 오후 7~8시 까지 최대수요전력을 나타내고 있으며, 피크 발생시간대는 호텔별로 오전 11시 부터 오후 5시 사이에 발생되고 있음을 알 수 있다.

백화점의 하절기 1일 부하특성 조사결과, 일반 사무소용 건물, 호텔, 병원 건축물과는 달리 오전 9~

10시 부터 부하 가동이 급속하게 증가하기 시작하여 폐장시간이 가까워지는 오후 17 ~ 18시 까지 최대전력을 나타내는 것으로 나타났다. 그리고 19~20시 부터는 사용부하가 크게 떨어지고 있음을 알 수 있다.

### 3. 전력관리 효율와 운용 현황

#### 3.1 비상용발전설비를 이용한 최대수요전력의 분담제

일반적으로 일정 규모 이상의 수용가에 있어서는 자가용발전설비의 설치는 의무화되어 있으므로 부하특성을 면밀히 검토하여 자가용발전설비를 이용한 피크전력을 분담하게 하는 것도 바람직하다.

표 6에서 보는 바와 같이 실태조사 대상 병원 19

표 5. 백화점의 월부하특성

[단위 : kW]

지역별 월별	서울(1)	서울(2)	서울(3)	대구(15)
1	4429	11200	3438	2016
2	4429	10800	3330	1987
3	4429	10400	3420	1958
4	4429	10600	4392	2465
5	4429	11100	4410	2704
6	4429	12000	4464	2830
7	4429	12000	5140	3384
8	4361	11500	5112	3247
9	4241	12400	5022	3132
10	4241	10900	4554	2858
11	4206	10800	3402	2218
12	4206	11400	3465	2045
동절기의 최대치	4429	11400	3465	2045
하절기의 최대치	4429	12400	5140	3384
동,하절기의 증가율	100 %	108.8 %	148.3 %	165.5 %

비고 : ( )의 번호는 백화점명을 나타냄.

표 6. 자가용발전설비의 가동현황

병원명	병원 (2)	병원 (7)	병원 (8)	병원 (18)
발전기용량	2515 kW	1500 kVA	400 kVA	1500 kVA × 2대
가동기간	'96.6.20 ~ 8.30	'96.8.1 ~ 8.14	'96.7.1 ~ 8.30	'96.7.18 ~ 8.22
가동일수	70일	4일	40일	35일
가동시간	07 ~ 18시	13 ~ 17시	10 ~ 17시	09 ~ 17시
총가동시간	470 시간	16 시간	320 시간	260 시간

개소중에서 4개소에 해당하는 곳에서 비상용발전설비를 이용하여 최대수요전력을 분담하고 있는 것으로 나타났다.

본 실태 조사 대상 호텔 21개소중에서 4개소에 해당하는 곳에서 비상용발전설비를 이용하여 최대수

요전력을 분담하고 있는 것으로 나타났으며, 또한 상용발전설비를 운영하고 있는 호텔이 2개소로 나타났다. 반면에 조사대상 백화점 18개소중에서 1개소에 해당하는 호텔에서 비상용발전설비를 이용하여 최대수요전력을 분담하고 있는 것으로 나타났다.

### 3.2 디맨드컨트롤러에 의한 최대수요전력 제어

디맨드컨트롤러는 디맨드제어에 의한 피크전력을 억제하기 위하여 마이크로프로세서를 내장시킨 고도의 감시제어기능을 가진 최대수요전력 감시제어장치이다. 이 장치는 항상 전력부하 상태를 감시하고 있다가 부하가 디맨드 시한인 15분내에 사전에 설정된 목표전력을 초과할 것 같으면, 경보를 발생시키고 동시에 일시적으로 차단가능한 부하 부터 순차적으로 최대 8개 회로까지 차단시켜 최대수요전력을 억제하는 장치이고, 부하가 떨어지면 다시 순차적으로 사전에 입력된 프로그램에 의해 부하를 투입시킨다.

실태조사 대상 병원 19개소중에서 3개소에 해당하는 병원에서 디맨드컨트롤러를 설치하여 최대수요전력을 제어하고 있는 것으로 나타났고, 21개소 호텔중에서 7개소에 해당하는 호텔에서 디맨드컨트롤러를 설치하여 최대수요전력을 제어하고 있는 것으로 나타났다. 그리고, 18개소 백화점중에서는 4개소에 해당하는 백화점에서 디맨드컨트롤러를 설치하여 최대수요전력을 제어하고 있는 것으로 나타났다.

### 3.3 2승저감 토크부하의 인버터제어 채택

일반동력의 70(%) 이상을 차지하고 있는 펌프, 팬, 블로어 등은 일반적으로 부하토크가 속도 저하와 더불어 감소하는 2승 저감토크 특성을 가진 부하이다. 다시 말해서, 2승 저감토크 부하는 회전수가 낮아지면, 부하를 구동시키기 위한 토크도 작아지는 부하로서, 부하의 토크가 회전수의 2승에 비례하고( $T \propto N^2$ ), 동력은 회전수의 3승에 비례하는( $P \propto N^3$ ) 특성을 가지고 있으므로 이러한 부하에 인버터를 적용하면, 에너지절약 효과가 크다.

종래에는 전동기를 일정속도로 운전하고, 댐퍼나 밸브로 풍수량을 제어하였으나 인버터 적용시에는 필요한 풍수량에 따라 전동기의 회전속도를 제어함으로써 큰 전력절감의 효과를 얻을 수 있다.

실태조사 대상 병원 19개소중에서 1개소에 해당하는 병원에서 VVVF를 적용하고 있는 것으로 나타났으며, 적용 대상부하는 VAV(변풍량제어)이고, 전력소비 절감량은 300 kWh 정도로 추산되는 것으로 분석된다. 조사대상 호텔 21개소중에서 1개소

전력다소비건축물의 부하사용특성과 전력관리 운용실태에 해당하는 호텔에서 VVVF를 적용하고 있는 것으로 나타났으며, 적용 대상부하는 VAV(변풍량제어)이고, 전력소비 절감량은 적용대상 부하설비용량의 약 15(%) 정도로 추산되는 것으로 분석되었다.

그리고, 조사대상 백화점 18개소중에서 1개소에 해당하는 백화점에서 VVVF를 적용하고 있는 것으로 나타났으며, 적용 대상부하는 AHU(air handling unit)이고, 전력소비 절감량은 적용대상 부하설비용량의 약 15(%) 정도로 추산되는 것으로 분석되었다.

### 3.4 빌딩자동화시스템에 의한 전력절감

빌딩자동화시스템(building automation system)은 제어용 컴퓨터에 의한 빌딩설비 전체를 자동으로 감시, 제어, 확인, 조정, 통제를 할 수 있는 최선의 빌딩에너지관리시스템이며, 이 시스템을 도입하여 빌딩설비 전체를 유기적으로 연계 운용함으로써 각 설비기기의 조작에 있어서의 인력 절감을 도모할 수 있고, 또한 에너지절약제어에 의한 설비관리의 경제성, 효율성 향상을 기하며, 생활공간으로서의 안전성과 관리성의 확보, 쾌적환경의 유지, 긴급시의 신속 정확한 조치 등 최소의 관리인원으로 에너지절감을 도모하면서 빌딩 전체의 최적화를 추구 가능하게 하고 있다.

조사대상 병원 19개소중에서 9개소에 해당하는 병원에서 빌딩자동화시스템을 도입하여 전력절감을 도모하고 있는 것으로 나타났다. 조사대상 호텔 21개소중에서 12개소에 해당하는 호텔에서, 그리고 조사대상 백화점 18개소중에서 3개소에 해당하는 백화점에서 빌딩자동화시스템을 도입하여 인력절감은 물론 전력절감을 도모하고 있는 것으로 나타났다.

## 4. 검토 및 결론

(1) 병원, 호텔, 백화점 등과 같은 전력다소비 건축물 58개소를 조사한 결과, 전반적으로 효율적인 전력관리가 이루어지지 않고 있는 실정이며, 수변전설비, 조명설비, 전동력설비, 공조설비, 반송설비 및 심야전력 활용부문에서 초보적인 전력관리 방법들

사용하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 전력다소비 건축물에서 수용률의 적용은 설비의 효율적 이용면에서 매우 중요하며, 실태조사 결과, 평균 수용률은 병원이 40(%), 호텔이 32.2(%), 백화점이 38.5(%로 분석되었고, 대부분이 합리적인 설계 및 전력관리가 이루어지지 않고 있음이 지적된다.

(3) 전력다소비 건축물의 부하특성 분석결과, 건물의 용도 및 설비구성에 따라 부하특성이 다르게 나타났으며, 최대전력의 발생시간대는 병원이 11시~16시, 호텔이 11시~18시, 백화점이 09시~18시까지 계속되는 것으로 나타났다.

주요 발생원인으로는 병원의 경우, 특수의료기기의 급증과 냉방부하의 증가, 호텔의 경우 대형 연회장의 이용 급증과 이로 인한 냉방부하의 증가, 백화점의 경우 조명도의 향상으로 인한 냉방부하의 사용 급증 등으로 분석되었으며, 또한 대형 컴퓨터 및 OA기기의 사용이 증가되고 있는 것도 원인으로 지적되고 있다. 따라서 이에 대응한 에너지절약형 냉방시스템의 구성과 냉방부하를 효율적으로 제어하기 위한 기법의 적용이 요구된다.

(4) 전력다소비 건축물의 전력관리 효율화 운용사례 조사 결과, 비상용발전기를 이용하여 최대수요전력을 분담하고 있는 곳은 병원이 4개소, 호텔이 4개소, 백화점이 1개소로 조사되었다. 디맨드컨트롤러에 의하여 최대수요전력을 제어하고 있는 곳이 병원 3개소, 호텔 7개소, 백화점 4개소로 조사되었다. 또한 이송저감토크 부하의 인버터제어에 의하여 전력절감을 도모하고 있는 곳이 병원, 호텔, 백화점 각 1개소로 조사되었다.

그리고, 빌딩자동화시스템을 채택하여 에너지절감을 도모하고 있는 곳이 병원 9개소, 호텔 12개소, 백화점 3개소로 조사되었으며, 기타 최대수요전력 발생시간대의 전기설비 운용 방안 및 에너지절감 기기의 도입 등 여러 가지가 실시되고 있는 것으로 나타났다.

이상과 같이 전력다소비 건축물의 설비 구성과 부하 특성을 고려하여 보다 합리적인 설계 및 전력관리가 이루어지지 않고 있음을 알 수 있으며, 또한 보

다 적극적으로 효율적인 전력관리 기법을 적용하지 못하고 있음이 지적된다. 이러한 근본적인 원인으로서는 전기안전관리 담당자의 근무 조건 열악과 전력관리 의식 부족으로 기존에 널리 알려져 있는 효율적 전력관리 기법에 대해서도 제대로 인식하고 있지 못한 수용가가 많은 것으로 나타났으며, 사용 합리화에 관한 기술지침이 많이 기술자료로 제시되고 있으므로 적극 활용이 요구되고, ESCO(에너지절약 전문기업)를 활용하는 것도 바람직하다.

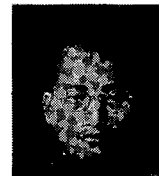
ESCO는 에너지절약기기를 보완하거나 설치할 경우 에너지사용자를 대신해서 선투자를 하고, 향후 발생하는 에너지절감량을 통해 이익을 충당하는 기업이다. 따라서, ESCO를 이용할 경우 에너지사용자가 별도의 투자를 하지 않은 상태에서 전문적인 진단을 통해 에너지 낭비요소를 찾아 이를 개선할 수 있다.

### ◇ 著 者 紹 介 ◇



김 세 동(金世東)

1956년 3월 3일생. 1980년 한양대학교 전기공학과 졸. 1986년 동대학원 졸. 1997년 서울시립대 전기전자공학부 박사 과정 수료. '80~'84년 한국전력공사, '84~'97년 한국건설기술연구원 수석연구원 역임. 현재 두원공과대학 전기과 교수, 한양대학교 강사, 기술사, 당학회 편수위원.



류 승 기(柳承基)

1967년 12월 13일생. 1990년 충북대 전기공학과 졸업(학사). 1992년 충북대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 충북대 대학원 전기공학과 박사, 현재 한국건설기술연구원 연구원.



최 도 혁(崔度赫)

1962년 3월 9일생. 1988년 숭실대 전기공학과 졸업(학사). 1991년 숭실대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 숭실대 대학원 전기공학과 박사수료, 현재 한국건설기술연구원 선임연구원.