

1. 머리말

최근 종합병원의 규모도 대형화, 초고층화, 복합화되고 있으며, 특수 의료용전기기기의 사용 급증은 물론 사무자동화기기의사용이 급증하고 있다. 이와같이 병원의 기능이 고도화되면서 냉방부하용 전력소비가 크게 증가되어 일부 종합병원에서는 최대수요전력이 9,000 kW 이상 발생되고 있다.

따라서, 병원과 같은 전력다소비 건축물에 있어서는 용도, 설비구성을 고려한 부하사용특성을 파악하여 효율적인 전력관리가 요구되며, 또한 하절기에 발생하는 최대수요전력의 적정한 제어를 통한 합리적인 전력관리가 절실하게 요구되고 있다.

병원의 전력소비 특성 및

전력관리의 합리화 사례

본 연구에서는 종합병원의 전력소비 특성을파악하고, 전력관리의 효율화 운용사례를 조사 분석하기 위하여 서울, 부산, 대구, 광주, 인천, 대전 등의 대도시에 산재해 있는 종합병원 104개소를 선정하여 1차로 1996년도 9월에 전기설비현황 및 전력사용실태, 전력관리 효율화 운용사례 등에 대하여 설문조사를 실시하였고, 2차로 종합병원 19개소를 중심으로 방문 및 현장조사를 실시하였다.

그리고, 3차로 34개소에 대하여 비상용 자가발전설비를 이용하여 최대수요전력을 분담제어시의 가능 전력량과 가동확대 필요성, 기대효과 등에 대해서 추가 조사하였으며, 실태조사 결과를 중심으로 병원의 전력소비 특성 및 합리적 운용사례 현황을 기술하고자 한다.



글/김세동

두원공업전문대학 교수/기술사

<표 1> 샘플 종합병원의 일 부하특성

[단위 : kW]

병원명 시 간	A종합병원 96. 8. 6(화)	B종합병원 96. 8. 6(화)	C종합병원 95. 7. 10(화)
02	1000	1100	790
04		1100	1130
05	1000		
06		900	1100
08	1700	1450	1600
10		1900	1600
11	1850		
12		2000	1640
14	1850	2090	1620
16		2000	1620
17	1700		
18		1600	1900
20	1300	1400	1900
22		1200	1130
23	1150		
24		900	830

2. 전력소비 특성

2.1 일 부하특성

표 1은 종합병원 3개소에 대한 하절기의 1일 부하특성을 나타낸 것이며, 일반 사무소용 건물과는 달리 오전8시부터 부하 가동이 급속하게 증가하기 시작하여 오후 6 ~8시까지 최대전력을 나타내고 있으며, A·B종합병원의 경우에는 피크 발생이 오전 11시부터 오후 4시까지 계속되고 있음을 알 수 있고, 반면에 C 종합병원의 경우에는 피크 발생이 오후 6시부터 오후 9시까지 계속되고 있음을 알 수 있다.

또한, 병원의 특성상 야간시에도 계속적으로 평균 부하(조명부하 및 냉난방부하) 이상이 가동되고 있는 것으로 나타났다.

따라서, 종합병원의 용도, 설비구성, 운전방법 등을 고려한 전력소비특성을 정기적으로 분석하여 최대수요전력 발생시의 해당 부하를 체크하고, 피크발생 부하에 대한 효율적 전력관리방법을 검토할 필요가 있다.

2.2 월 부하특성

표 2는 5개소 종합병원의 지역별 월별 최대수요전력의 분포를 나타낸 것이며, 표에서 보는 바와 같이 부산지역의 종합병원의 경우에는 냉방기간이 5월부터 시작하여 9월까지, 대구지역의 종합병원의 경우에는 6월부터 시작하여 10월까지 지속되는 것을 알 수 있고, 기타지역의 경우에는 냉방기간이 6/7월부터 시작하여 9월까지 발생된 것으로 나타났다.

그리고, 동절기와 하절기의 최대수요전력 발생 비교 결과, E 종합병원의 경우에는 198.9%로 증가한 것으로 조사되었고, C 종합병원의 경우에는 164.4 %로 조사되었다. 이와같이 냉동기 부하로 인하여 냉방기 계절동안의 최대수요전력이 높은 종합병원의 경우에는 에너지절약형 냉동기시스템을 구축하는 것이 요구된다. 반면에 중간기 계절과 난방기 계절에는 최대수요전력의 변화가 거의 없는 것으로 나타나고 있다.

2.3 건물 준공이후 최대수요전력의 발생실태

표 3은 조사대상 종합병원의 준공이후 최대수요전력의 현황을 나타낸 것이며, J 종합병원의 경우에는 준공이후 5년만에 2.5배에 해당하는 최대수요

병원의 전력소비 특성 및 전력관리의 합리화 사례

<표 2> 삼육 종합병원의 월 부하특성

[단위 : kW]

연도 월	병원명	서울(F)	대전(E)	대구(A)	광주(C)	부산(D)
	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%

<표 3> 최대수요전력의 발생 현황

[단위 : kW]

연도	병원명	A	G	H	I	B	J	D	K	E	L	M	F
'83			1024		720								
'84	1228	1040		840									
'85	1305	1076		840									
'86	1243	1033		960									
'87	1305	1054		840	1454								
'88	1396	1069		900	1461								
'89	1440	1084		1350	1454								2716
'90	1459	1039		1350	1540								3811
'91	1857	854		1556	1553						2150		3744
'92	1829	856	776	1454	1411	309	2167	785	874	2150	733		3912
'93	1795	814	665	1771	1357	357	2074	763	900	1890	738		3672
'94	2131	920	705	1857	1501	519	2246	817	925	2250	753		7661
'95	1953	960	737	2083	1840	780	2239	835	1325	2520	759		8889
'96	1994	1002	717	2083	2328	780	2239	892	1407	2550	925		8800
	준공이후 증가율[%]	162.4	97.9	92.4	289.3	160.1	252.4	103.3	113.6	161.0	118.6	126.2	324.0

<표 4> 수용률 적용현황

수용률 실태	병원수	평균 수용률
20 ~ 30 %	4	조사대상의 최대수요전력의 합 : 38,433kVA
30 ~ 40 %	5	조사대상(17개소) 총변압기시설용량 : 76,775kVA
40 ~ 50 %	5	설계수용률(80%)을 고려한 부하설비용량 : 95,968.75kVA
50 % 이상	3	평균 수용률 : 40%

<표 5> 비상용 자가발전설비의 가동현황

병 원 명	A종합병원	B종합병원	J종합병원	N종합병원
발전기용량	2515kW	1500kVA	400kVA	1500kVA×2대
가동기간	'96. 6. 20~8. 30	'96. 8. 1 ~ 8. 14	'96. 7. 1 ~ 8. 30	'96. 7. 18 ~ 8. 22
가동일수	70 일	4 일	40 일	35 일
가동시간	07 ~ 18시	13 ~ 17시	10 ~ 17시	09 ~ 17시
총가동시간	470 시간	16 시간	320 시간	260 시간

전력이 발생되었고, F 종합병원의 경우에는 준공 이후 8년만에 3.2배, 그리고 I 종합병원의 경우에는 준공이후 14년만에 2.9배에 해당하는 최대수요 전력이 증가된 것으로 조사되었다.

증가 원인으로서는 병원의 증축으로 인한 전기 설비 용량의 확장과 하절기 냉방부하의 급증, 특수 의료장비의 도입 급증으로 분석된다. 그리고 건물 준공당시보다 최대수요전력의 발생이 거의 변화가 없는 종합병원도 5개소로 분석되었으며, 이의 원인으로서는 당초 설계상의 변압기뱅크가 합리적으로 구성되어 있어 효율적인 전력관리가 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

2.4 수용률 적용실태

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.

따라서, 수용률이 너무 높게 책정되면 변전설비와 배전선로의 투자가 과대하게 될 뿐만 아니라 변압기의 손실도 대단히 커져서 전기에너지의 낭비를 초래하게 된다. 반면에 수용률을 너무 적게 계상하면 변압설비와 배전선로에 과부하가 걸릴 염려가 있다. 이와같이 수용률의 적정한 적용은 전기에너지 절약 및 설비의 효율적 이용에 있어서 매우 중요하다.

표 4는 1996년도에 발생된 최대수요전력의 실측 자료를 기초로 하여 병원별 수용률 적용 현황을 분석하였으며, 조사대상 병원의 평균 수용률은 40% 정도로 나타났다. 본 실태조사에서는 병원별 부하설비용량을 정확히 조사할 수 없어 부하설비용량 대신에 변압기 시설용량에 설계수용률 80%를 감안

하여 부하설비용량을 추정하여 수용률을 산정하였다.

실태조사의 결과에서 보는 바와 같이 조사대상 병원의 대부분이 합리적인 설계가 이루어지지 않았음을 지적할 수 있다.

3. 전력관리 효율화 운용사례

3.1 발전기에 의한 피크컷(Peak-cut) 제어

최대수요전력을 적절하게 제어하기 위한 방식에는 ① 피크컷(Peak-cut) 제어, ② 피크시프트(Peak shift) 제어, ③ 자가용 발전설비의 가동에 의한 피크제어, ④ 설비부하의 프로그램제어 방식 등이 있다.

최근에는 피크컷제어 및 피크시프트제어에 의한 최대수요전력제어가 곤란한 경우에는 자가용발전설비를 이용하여 목표전력을 초과하는 최대수요 전력에 해당하는 부하를 분담하게 하는 방식이 적극 검토되고 있다.

일반적으로 일정 규모 이상의 종합병원에 있어서는 비상용으로 자가발전설비의 설치가 의무화되어 있으므로 부하특성을 면밀히 검토하여 자가용발전설비를 이용한 최대수요전력을 분담하도록 검토하는 것도 바람직하다.

표 5는 비상용발전기를 이용하여 최대수요전력을 분담하고 있는 현황을 나타낸 것이며, 실태조사대상 19개소중에서 4개소에 해당하는 병원에서 최대수요전력을 분담하고 있는 것으로 나타났다.

A 종합병원의 경우에는 1일 13시간씩 가동하여 냉방 계절기간중 70일간 가동한 것으로 조사되었고, J 및 N 종합병원의 경우에도 냉방계절기간중 40일 및 35일간 가동한 것으로 조사되었다.

3.2 디맨드컨트롤러에 의한 최대전력 제어

<표 6> 디맨드컨트롤러를 이용한 최대수요전력 제어 현황

병 원 명	A종합병원	F종합병원	N종합병원
'96년도 최대 전력	1994kW	8889kW	3415kW
목표전력의 억제 가능전력	650kW	1000kW	300kW

<표 7> 병원 34개소의 전력사용실태 및 발전기 분담 가능전력

건물특성별 종 류	수용가수	①수전설비용량 [kVA]	②'96최대수요전력 [kW]	③자가발전설비용량 [kW]	④발전기분담 잠재량 [kW]
병 원	34	107,600	55,587	33,599	16,319

건물특성별 종 류	최 대 전 력 발 생 시 간 대				비 율[%]				최대수요전력억제 에 대한 인식정도	비 고
	오전	오후	저녁	소계	②/①	④/②	④/③	③/①		
병 원	2	17	-	19	51.7	29.4	48.6	31.2	미 흡	

<표 8> 최대수요전력 억제에 대한 인식정도

내 용	개 소	비 율
현재 가동이 가능하며, 효과도 매우 클 것으로 본다.	2	6.4%
현재 가동이 가능하며, 다소 효과가 있을 것으로 본다.	8	25.8%
현재 가동이 가능하나, 효과는 작을 것으로 본다.	6	19.4%
현재 가동이 불가능하나, 가동한다면 효과가 매우 클 것으로 본다.	3	9.7%
현재 가동이 불가능하며, 가동한다면 다소 효과가 있을 것으로 본다.	6	19.4%
현재 가동이 불가능하며, 가동하더라도 효과가 작을 것으로 본다.	6	19.4%

특정시간대의 최대수요전력 발생시간대에서 ① 피크컷트(Peak cut)제어, ② 피크시프트(Peak shift) 제어에 의한 피크제어를 하지 않고, 부하기기의 수가 많이 있는 동일기기(예를 들어, 공조기기) 등을 그 기기의 제품성능, 빌딩의 쾌적 환경유지에 영향을 주지 않는 범위내에서 단기간 정지, 기동운전을 시켜 피크시간대에서의 사용전력량을 감소시키며, 최대전력을 제어하는 방법으로서 디맨드컨트롤러(Demand controller)를 이용한다.

다시말해서, 디맨드컨트롤러는 디맨드제어에 의한 최대수요전력을 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 부하부터 순차적으로 최대 8개 회로까지 차단시켜 최대수요전력을 억제하는 장치이고, 부하가 떨어지면 다시 순차적으로 사전에 입력된 프로그램에 의해 부하를 투입시킨다.

실태조사결과, 대상 병원 19개소 중에서 3개소에 해당하는 병원에서 디맨드컨트롤러를 설치하여 최대수요전력을 제어하고 있는 것으로 나타났으며, 표 6은 디맨드컨트롤러를 이용한 병원의 억제 가능 목표전력을 나타낸 것이다.

3.3 2승저감 토크부하의 인버터제어에 의한 전력절감

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 적용시

에는 필요한 풍수량에 따라 전동기의 회전속도를 제어함으로써 20%이상의 전력 절감의 효과가 기대된다.

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

3.4 빌딩자동화시스템에 의한 전력절감

빌딩자동화시스템(Building Automation System)은 제어용 컴퓨터에 의한 빌딩설비 전체를 자동으로 감시, 제어, 확인, 조정, 통제를 할 수 있는 최신의 빌딩에너지관리시스템이며, 컴퓨터 그래픽처리가 가능하여 운전자가 눈으로 보고 감시제어 및 원격조작이 가능하며, 또한 사용자의 요구에 따라 설비관리 결과를 일간, 월간, 연간의 보고서 형태로 자동 기록된다.

이외같이 빌딩자동화시스템을 도입하여 빌딩설비 전체를 유기적으로 연계 운용함으로써 각 설비기기의 조작에 있어서의 인력절감을 도모할 수 있고, 또한 에너지절약제어에 의한 설비관리의 경제성, 효율성 향상을 기하며, 생활공간으로서의 안전성과 관리성의 확보, 쾌적환경의 유지, 긴급시의 신속정확한 조치 등 최소의 관리인원으로 에너지절감을 도모하면서 빌딩 전체의 최적화를 추구가 가능하게 하고 있다.

실태조사 결과, 19개소 중에서 9개소에 해당하는 병원에서 빌딩자동화시스템을 도입하여 전력절감을 도모하고 있는 것으로 나타났다.

4. 비상용발전기의 가동확대 필요성과 인식정도

4.1 최대수요전력의 분담 가능전력과 비상용발전기의 가동확대 필요성

표 7은 추가 조사대상 종합병원 34개소에 대한 전력사용 현황과 자가발전설비 용량, 비상용 발전기에 의한 최대수요전력의 분담 가능전력, 최대수요전력 발생시간대 등을 나타낸 것이다.

전체 수전설비용량에 대한 최대수요전력 발생 비율은 51.7%로 나타났고, 비상용 발전기가 분담가능한 최대수요전력은 16,319kW로 조사되었다. 비상용 발전기가 분담가능한 최대수요전력은 전체최대수요전력(55,587 kW)의 29.4%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 또한 전체 자가발전설비용량(33,599kW)의 48.6%를 차지하는 것으로 분석된다.

최근 하절기의 전력예비율이 7%에 불과한 실정으로서 전력수급 불안이 지속되고 있으며, 최대부하 수요시 전국의 자가용발전설비 수용가에서 비상용발전기를 가동함으로써 전력수급에 크게 기여할 것으로 기대된다. 이로 인하여 수용가에는 최대전력 억제 협조로 인한 전기요금 인하의 경제적 이득과 정부에서는 발전소 건설비용으로 투자되는 수조원의 낭비를 절감할 수가 있게 된다.

그러나, 최대전력 억제를 위하여 비상용발전기를 가동확대하기 위해서는 상용발전하기 위한 전력계통 개선 등 발전기 운전에 필요한 연료비 지원 및 환경개선 부담금, 발전기실의 소음방지장치 설치, 수전단가보다 고가인 발전단가의 보상 등에 대한 정책적인 지원이 요구된다.

그리고, 실태조사 결과, 최대수요전력의 발생시간대는 오전이 2개소, 오후가 17개소 나타났으며, 일반적으로 우리나라 최대수요전력 발생시간대와 유사한 것으로 분석된다.

4.2 최대수요전력 억제에 대한 인식정도

표 8은 비상용발전기에 의해서 최대수요전력을 억제하는 경우에 대한 수용가의 안전관리에 대한 의식을 나타낸 것이며, 표에서 보는 바와 같이 병원의 특수성으로 인해서 피크컷트 제어용으로 자가발전설비를 이용할 경우 최대수요전력 억제효과가 다소 미흡한 것으로 나타났다.

주요 요인으로는 병원의 특성상 신뢰도 높은 전원조건이 요구될 뿐만 아니라 비상용 자가발전설비로 설계된 시설을 상시 운전함으로써 야기되는 안전사고의 부담이 크기 때문에 적용 효과가 적은 것으로 분석된다.

5. 맺음말

종합병원과 같은 전력다소비 건축물을 대상으로

조사한 결과, 전반적으로 효율적인 전력관리가 이루어지지 않고 있는 실정이나 일부종합 병원에서는 설비가동 특성을 고려한 운전방법 등을 개선하여 적용하고 있는 것으로 나타났다.

조사결과, 전기안전관리자의 인식 정도에 따라 효율적인 전력관리를 도모하기 위한 관심과 검토가 이루어지고 있는 것으로 분석되었고, 보다 적극적인 전력관리기법의 도입을 유도하기 위해서는 전력관리기술의 보급과 제도적인 지원이 이루어져야 할 것으로 사료되며, 실태조사 결과, 종합병원의 전력소비특성 및 합리적 운용사례를 요약하면 다음과 같다.

(1) 일부하특성 분석결과, 최대수요전력의 발생 시간대는 11시 ~16시에 계속되는 것으로 나타났고, 또 일부 병원의 경우에는 오후시간대보다 저녁시간대에 최대수요전력이 발생하고 있는 것으로 분석되었다.

(2) 일부하특성 분석결과, 대구 및 부산지방의 경우에는 냉방기간이 5월부터 시작하여 10월까지 계속되는 것으로 나타났고, 이에 대응한 에너지절약형 냉방시스템의 구축이 요구되며, 아울러 냉방부하를 효율적으로 제어하기 위한 관리기법의 개발이 요청된다.

(3) 전력다소비 건축물에서 수용률의 적용은 설

비의 효율적 이용면에서 매우 중요하며, 실태조사 결과, 평균 수용률은 40%로 분석되었다. 그리고, 조사대상 병원의 준공이후 최대수요전력의 분석결과, 건물 준공당시보다 2배 이상 최대수요전력이 증가한 병원이 3개소로 나타났다. 증가 원인으로서는 병원의 증축으로 인한 전기설비 용량의 확장과 하절기 냉방부하의 급증, 특수 의료장비의 도입급증으로 분석된다. 이와같이 병원시설의 특성을고려한 합리적인 전기설계 및 전력관리가 이루어지지 않고 있음이 지적된다.

(4) 전력관리의 효율화 운용사례 분석결과, 비상발전기를 이용하여 전력관리를 하고 있는 병원이 4개소, 디맨드컨트롤러를 이용하여 최대전력을 제어하고 있는 병원이 3개소, VVVF를 이용한 전동력설비를 제어하고 있는 병원이 1개소, 빌딩자동화시스템을 이용한 종합적인 전력관리를 도모하고 있는곳이 9개소로 나타났다.

(5) 추가 조사대상 종합병원(34개소)에서 비상용 자가발전설비에 의해 최대수요전력 억제를 위한분담가능한 전력은 전체 최대수요전력(55,587 kW)의 20.4%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며, 병원의 특성상 신뢰도 높은 전원조건이 요구되므로 피크컷트용으로 자가발전설비를 이용하는 것에 대한 인식이 다소 미흡한 것으로 나타났다.

공제사업 출자증권 교부

우리협회에서는 공제사업에 출자한 회원에게 출자증권을 다음과 같이 교부합니다.

◎ 다 음 ◎

- 대 상 : 출자회원
- 교부일 : 1997. 12. 15 부터
- 장 소 : 협회 본부 공제과 Tel. 02)875·4472
- 기 타

1997. 12. 15 이전 업무거래 약정을 체결하였거나, 향후 약정을 체결하고자 하는 회원업체에 대하여는 협회에서 출자증권을 보관하며, 해당금액의 출자증권을 교부하오니 참고하시기 바랍니다.