

아파트 動力負荷의 電力需要實態¹⁾

(A Field study on the Electric power Demand of Motor System in Apartment Complex)

鄭址列(大韓住宅公社 住宅研究所 課長)

金彩圭(大韓住宅公社 住宅研究所 代理)

金號植(大韓住宅公社 住宅研究所 研究員)

1. 서론

최근 아파트가 고층화하고, 건설규모가 커져 대단지로 되어감에 따라 전력설비도 대용량화가 요구되어 그만큼 동력설비의 양과 질적 수준도 점차 향상되어 가는 추세이며 이러한 현상은 앞으로도 계속될 것으로 전망된다. 이런관점에서 적절한 설비기용량을 산정하는데 필요한 수요율기준 정립은 매우 중요한 선결과제라 할 수 있다.

동력부하설비는 조명부하와 달라서 부하종류, 부하특성, 계절, 사용조건등에 따라 차이가 많기 때문에 그부하설비특성에 알맞는 수요율을 적용해야 한다. 그러나 국내에서는 이와관련된 선행연구가 미흡하고 특히, 아파트동력부하에 대한 수요율기준이 마련되어 있지않아서 우리나라의 전력사용실정과 맞지 않는 외국형의 수요율을 그대로 적용하게 되는 주원인으로 분석되고 있다. 따라서 동력부하설비설계의 적정화는 물론 불필요한 전력손실을 경감하기 위해서 합리적인 수요율기준을 설정하는 것은 시급한 과제라 아니할 수 없다.

이에 본연구에서는 기존아파트단지를 대상으로 동력부하설비에 대한 시설현황과약과 실제 전력사용실태를 조사분석하여 아파트동력부하의 적정한 수요율기준안을 설정하고 실무적용에 따른 필요한 관련 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 부하특성과 수요율의 고찰

2.1 부하의 특성

전기요소는 시시각각으로 변화한다. 부하곡선이란 이러한 시간이 흐름에 따라 변화하는 부하의 크기를 표시한 도표로서 전력부하와 흐르는 시간과의 함수관계를 나타낸 것이라 할 수 있다. 그리고 1일 24시간을 기준으로 할 경우 전력수요가 가장 많은 시점의 전력을 최대부하라 하고 그 수요전력을 24시간으로 평균한 것을 평균부하라 한다.

부하율이란 어느기간중 최대부하에 대한 평균부하의 비로써 보통 백분율[%]로 나타낸다. 부하율에는 여러가지 종류가 있으며 이것은 기간, 계절, 부하종

■ 技術解説

류, 용도와 기타조건에 따라서 다르고 부하의 특성을 조사하는데 중요하다.²⁾ 부하율이 적다는 것은 부하설비의 가동율이 낮다는 것을 나타내므로 부하특성을 정확히 파악한다는 것은 합리적인 부하설비계획, 설계, 운영이란 측면에서 매우 필요하다.

국내아파트의 부하율에 대해서는 통계적으로 분석, 제시된것은 거의 없으나 한전기술연구원의 조사연구결과³⁾를 보면 여름철이 51.1[%]이고, 겨울철이 40.6[%]였다.

2.2 수요율

수요율은 총부하설비용량에 대한 최대수요전력의 비를 말하며, 다음식과 같이 백분율로 표시한다.

수요율 = 최대수요전력/총부하설비용량×100[%]

수요율은 전력수요정도를 나타내기 위해 사용되는 계수로서 조명부하, 동력부하의 간선굵기, 변압기용량을 산출하고 최대계약전력을 결정하는데 필요한 지표이다. 그런데 수요율은 건물, 부하종류, 용량, 사용상태등 여러가지조건에 따라 차이가 있어 일률적으로 정해서 적용하는 것은 그리 용이하지 않기때문에 설계시에는 대상건물, 부하특성등을 충분히 검토한후 그 건물의 전기부하설비에 적합한 수요율을 적용해야 한다.

각 부하설비별로 수요율의 성격을 살펴보면 다음과 같다.⁴⁾

1) 조명설비

조명수요율은 건물규모, 각 실의 사용용도, 사용율 등에 따라 크게 달라진다. 건물전체의 설비용량을 사용목적별로 분류하고 부하설비의 개수에 대해서 수요율을 적용하는 것이 바람직하다.

특히, 집합주택인 아파트의 경우는 한 간선에 부하가 집중되어 있어 세대수에 따라 수요율에 차이가 생기기 때문에 간선이나 변압기뱅크에 접속되는 세대수를 고려해 알맞는 수요율을 적용해야 한다.

표 1. 조명부하간선수요율

건물의 종류	수요율(%)
주택, 기숙사, 호텔, 여관, 병원	10[KVA]초과 50
사무실, 은행, 학교	10[KVA]초과 70

표1은 내선규정⁵⁾에 있는 조명부하의 간선수요율을 나타낸다.

2) 위생동력설비

급배수펌프는 보통 2대이상 설치해 1대는 예비기로 사용하는 경우가 많으며 수중처리장치의 펌프류도 실제로 동시가동하는 기기는 적다. 이러한 펌프류는 대개 수조에 설치된 전극봉에 의해 자동적으로 운전되기 때문에 동시운전하는 것은 강제스케줄운전이외는 거의 없다고 할 수 있다. 따라서 이 동력설비의 수요율은 동시가동율이란 관점에서 볼때 매우 낮아서 30-35[%] 정도에 불과하다.

3) 공조동력설비

공조설비의 수요율은 부하율과 동시가동율이란 두가지 측면에서 검토할 수 있다. 부하율에 대해 검토될 수 있는 기기는 공조기 즉, 송풍기, 급배풍기처럼 운전패턴이 결정되어 있는 것이고 후자의 열원 기기는 정류량으로 운전되는 냉온수 펌프류이다. 이와같은 설비기기는 동시가동율이 공조시간대에는 거의 100[%]에 가까우며 전동기출력에 대한 부하율을 고려하더라도 수요율이 높아진다.

한편 난방부하뿐만 인 아파트 일반동력에 있어서는 난방시간대에 보일러, 난방 및 급탕펌프류가 거의 동시에 가동되기 때문에 사용전력이 최대로 되어 이때의 수요율도 높아지게 된다.

4) 엘리베이터동력설비

엘리베이터동력의 수요율은 종류, 대수, 교통량, 속도에 따라 달라지는 관계로 동일한 간선이나 변압기에서 규격이 상이한 엘리베이터에 전원을 공급할 때는 적합한 수요율을 적용해야 전압강하 등에 의한 영향을 줄일 수 있다.

아파트에서는 엘리베이터설비를 비상동력으로 간주하고 있으며 수대의 엘리베이터가 곤도라, 소화

표 2. 엘리베이터 수요율

대 수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
수요율(%)	100	91	85	80	76	72	69	67	64	62
부동율	1	1.82	2.55	3.2	3.8	4.32	4.83	5.36	5.76	6.2

아파트 動力負荷의 電力需要實態

펌프, 비상콘센트 및 전등전열부하와 같은 성격이 아주 상이한 부하와 함께 동일한 변압기뱅크의 회로에 접속되는 경우가 많다. 따라서 아파트엘리베이터의 수요율적용에 있어서는 신중히 검토해야 한다.

표2는 엘리베이터의 수요율을 나타낸다.

3. 실태조사

3.1 조사대상

서울, 인천, 성남, 안산, 수원 등 5개지역에 건설된 아파트단지를 중심으로 자가수전설비와 엘리베이터가 설치되어 있는 주공·민간아파트 20개 단지를 조사대상으로 하였다.

3.2 조사방법과 조사내용

조사의 정확성과 신뢰성을 높이기 위해 조사원이 직접방문, 전기보안담당자와의 면담을 통해 전기설비시설현황은 이미 작성된 조사표에 의해 파악했으며, 동력부하의 전력수요실태는 주공아파트의 경우 중앙감시반에 설치된 프린터로 기록된 전력상황일지를, 민간아파트는 수전일지를 조사하였다.

주요 조사내용은 다음과 같다.

1) 전기설비 시설현황

- ① 총수전설비용량과 동력부하종류 및 용량
 - ② 변압기와 발전기대수 및 용량
- ##### 2) 동력부하의 전력수요실태
- ① 부하별 사용전력량, 최대전력, 평균전력
 - ② 부하밀도, 부하특성 및 수요율변화

3.3 자료처리 및 분석방법

조사자료는 모두 전산처리하였으며, 이때의 분석방법은 백분율, 산술평균, 표준편차, 회귀방정식 및 신뢰구간추정 등을 이용하였다.

4. 조사결과 및 분석

4.1 동력부하설비의 시설현황

1) 부하설비의 분류

아파트의 동력설비는 사무실건물과 달리 냉방부하

가 없기때문에 용도별로는 일반 즉, 난방동력과 비상동력으로 구분할 수 있으며 운전기간별로는 동절기 부하와 상시부하로 나눌 수 있다.

표3은 부하별 구성내용을 나타낸다.

표 3. 아파트동력부하설비 분류

일반동력 (난방)	<ul style="list-style-type: none"> ●보일러보조기기: 버너, 프리히터, 송풍기 ●펌프: 온수, 난방, 급탕, 보급수, 오일기어
비상동력	<ul style="list-style-type: none"> ●엘리베이터 ●콘도라 ●펌프: 배수, 급수, 소화수 ●비상콘센트 ●옥외보안등 ●전등전열: 아파트공용부분, 공동구, 열교환실, 관리실 등

2) 부하종류별 구성비

동력부하종류별로 용량구성비를 보면 엘리베이터가 29.9%로 가장 높았고 그 다음이 급배수펌프로 24.6%, 콘도라가 18.5% 아파트공용부분의 조명이 13.1%의 순으로 나타났다. 한편 민간아파트의 경우는 엘리베이터가 22.2%, 콘도라 12.5%, 급배수펌프가 11.6%였다. 따라서 아파트동력부하에서는 엘리베이터가 차지하는 비중이 가장 큰 것으로 나타났다.

4.2 동력부하밀도분석

1) 부하별

부하밀도는 단위면적당의 부하용량을 말하는 것으로서 설비용량을 추정하는데 필요한 원단위라 할 수 있다. 여기서는 동력부하설비의 시설용량VA에 대한 아파트의 건축연면적㎡의 비로써 부하밀도를 산출하였다.

표4는 부하종별 부하밀도를 나타낸다.

표 4. 부하종별 부하밀도

주공아파트		민간아파트
일반동력	비상동력	
4.3VA/㎡	10.0VA/㎡	12.5VA/㎡

표 5. 건축연면적 구간별 부하밀도 [VA/m²]

건축연면적	부하밀도	
	일반동력	비상동력
150,000이상	4.3	9.6
125,000-150,000	4.0	10.0
100,000-125,000	4.4	10.2
75,000-100,000	4.3	8.8
75,000이하	4.5	11.3

2) 건축연면적 구간별

건축연면적의 규모에 따른 부하밀도는 표5와 같이 나타났다. 일반동력은 면적에 따라 큰차이없이 비슷한 부하밀도를 보이고 있으며, 비상동력의 경우는 면적이 클수록 부하밀도가 적어지는 경향을 보였다.

3) 건설세대수 구간별

건설세대수에 따른 부하밀도를 보면 표6과 같다. 일반동력은 건축연면적에서 처럼 세대수에 관계없이 거의 비슷한 부하밀도를 보이고 있으며, 비상동력의 경우는 1,500-2,000호구간에서 가장 적게 나타내었다.

표 6. 건설세대수 구간별 부하밀도 [VA/m²]

건설세대수	부하밀도	
	일반동력	비상동력
2,000이상	4.3	10.3
1,500-2,000	4.2	9.4
1,000-1,500	4.4	10.0

4.3 동력부하특성분석

1) 계절별

계절구분은 운전특성을 고려해 하절기(6-8월)와 동절기(11-3월)로 나누고 그 기간동안의 평균부하율을 구하였으며, 그 결과는 표7과 같다.

일반동력의 경우 최대부하율이 하절기에 33%, 동절기에 45.6%로 나타났으며, 비상동력은 최대부하율이 하절기에 50%, 동절기에는 46.8%였다. 이 결과로 일반동력은 난방을 하지않는 하절기에 부하변

표 7. 계절별 부하율 (%)

계절별	일반동력			비상동력		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
하절기	23.3	33.0	28.7	45.0	50.0	47.9
동절기	29.3	45.6	36.1	34.0	46.8	39.8

표 8. 부하용량구간별 부하율

부하종별 · 용량	일반동력		비상동력	
	500kw이하	500kw초과	1000kw이하	1000kw초과
부하율	25.9	24.7	42.0	47.7

동이 크고 가동율이 저조하며, 비상동력은 계절에 그다지 큰영향을 받지않는 부하임을 알 수 있다.

2) 부하용량구간별

동력설비의 부하용량을 일반동력은 500kw, 비상동력은 1,000kw로 구간을 나누어 평균부하율을 구하였으며, 그결과는 표8과 같다.

일반동력은 부하율이 25.9%, 24.7%이고 비상동력은 42%, 47.7%로서 부하시설용량과 부하형태에는 그다지 밀접한 관련이 없는 것으로 나타났다.

3) 부하종류별 부하곡선

일반동력에 대한 하절기의 시간적 변동상황을 보면 그림1과 같다. 부하율은 오후 14:00-18:00에서 최대로 나타났으며, 다른시간대에 비해서 매우 뚜렷한 현상을 보이고 있다. 이것은 하절기에 난방과 급탕을 완전히 중지하거나 필요시마다 부정기적으로

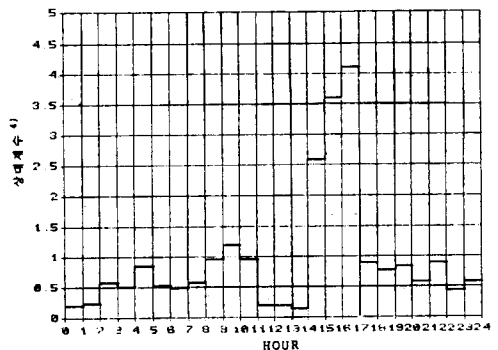


그림1. 하절기 일반동력 일부하율 변동

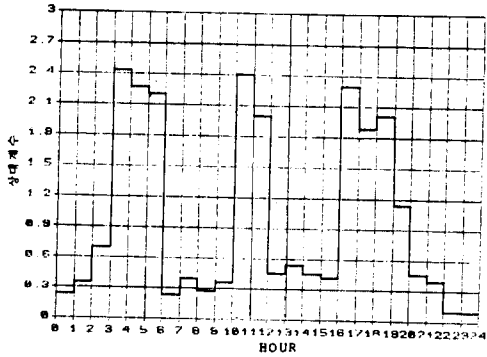


그림2. 동절기 일반동력의 일부하울 변동

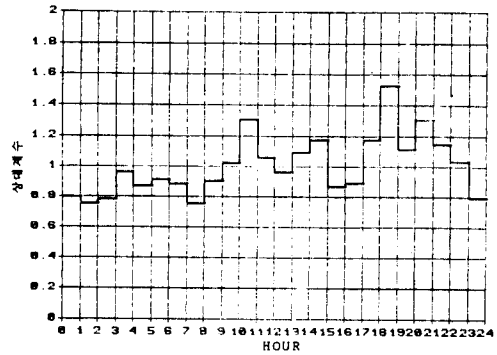


그림4. 동절기 비상동력의 일부하울 변동

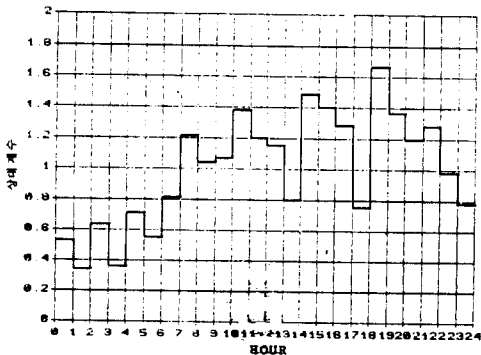


그림3. 하절기 비상동력의 일부하울 변동

하루한번정도 공급되는 현실정을 감안하면 이해될 수 있다. 동절기에는 그림2에서처럼 일정한 시간대에 최대부하율이 발생하고 있으며 다른시간대와는 명확히 구분되고 있다. 현재 아파트의 난방부하를 연속운전하지 않고 간헐운전방식을 채택하고 있기 때문이며, 이것이 결과적으로 일부하울을 저하시키는 주요인이 되고있는 것으로 분석된다.

비상동력의 경우 하절기에는 그림3에서 볼 수 있듯이 시간적으로 부하변동의 증감현상이 빈번하게 일어나고 있으며 부하율도 오전보다는 오후에 점차 높아지는 경향을 보이고 있다. 이것은 부하비중이 큰 엘리베이터, 조명부하의 변화와 밀접한 관련이 있기 때문으로 보인다. 동절기에는 그림4에서 알 수 있듯이 시간적으로 부하변동이 심하며 저녁에 부하율이 상승하는 현상을 보이고 있다. 이것은 하절기와 마찬가지로 엘리베이터의 기동과 밀접한 관련이 있기 때문으로 풀이된다.

한편 민간아파트의 경우는 계절에 관계없이 부하

율이 오전에 낮아지고 저녁부터 높아지는 현상을 나타내고 있다. 이것은 난방과 비상부하가 동일변압기뱅크에 접속되어 있어 주로 엘리베이터에 의해서 부하변동폭에 차이가 생기는 것으로 분석된다.

4.4 동력부하의 수요율분석

1) 계절별

하절기와 동절기로 나누고 그기간 동안의 평균수요율을 구한 결과 표9와 같다.

하절기에는 일반동력의 최대수요율이 56.5%, 비상동력은 29.5%였으며 동절기에는 일반동력의 최대수요율이 77.1%, 비상동력은 48.4%로 나타났다. 일반동력이나 비상동력에 관계없이 동절기에 수요율이 높아지는 경향을 보여주고 있다. 이결과로 수요율변화가 난방공급등과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

표 9. 계절별 수요율

(%)

부하종별·부하율	일반동력			비상동력		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
하절기	37.0	56.5	46.1	26.2	29.5	28.2
동절기	66.5	77.1	71.7	31.8	48.4	37.9

표 10. 부하용량구간별 수요율

(%)

부하종별·용량	일반동력		비상동력	
	500kw이하	500kw초과	1000kw이하	1000kw초과
수요율	58.7	65.6	31.0	43.7

■ 技術解説

2) 부하용량구간별

부하용량에 따른 수요율을 구해보면 표10과 같다. 일반이나 비상동력에 관계없이 시설부하용량이 크면 수요율도 높아지는 현상을 나타내었다.

3) 부하종별 수요율변화

부하종류에 따라 수요율변화를 나타내보면 그림 5, 그림6과 같다.

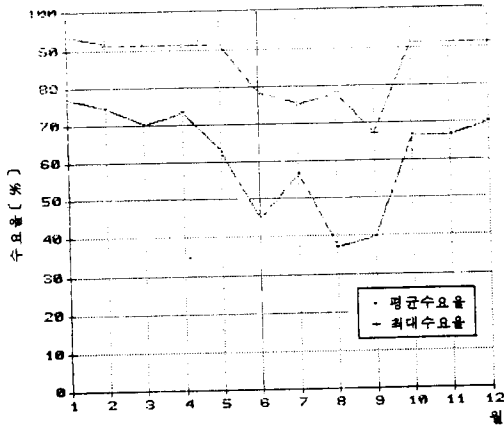


그림5. 일반동력의 월별 수요율 변동

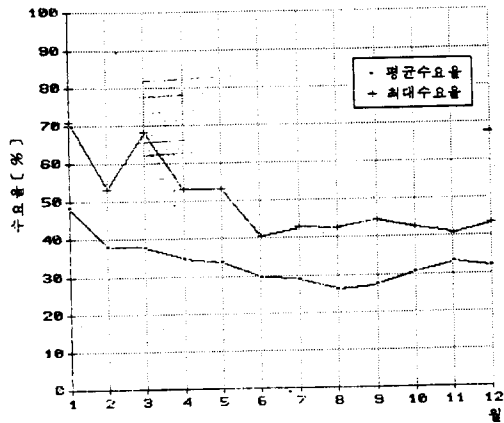


그림6. 비상동력의 월별 수요율 변동

일반동력은 동절기에 수요율이 높아지며 반대로 하절기인 6-8월중에는 수요율이 점차 낮아지는 현상을 보였다. 비상동력은 1월중에 최대수요율이 발생하였으며, 4월부터 낮아지는 경향을 나타내었다.

한편 민간아파트의 동력부하도 수요율이 동절기에 높아지고 하절기에는 낮아지는 현상을 보여주고

있다. 이러한 결과로 아파트의 동력부하수요율이 계절에 따라 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

5. 동력부하의 수요율기준 설정

5.1 수요율의 신뢰구간추정

조사대상단지별로 부하종류, 계절, 부하용량등에 따라 수요율값의 분포가 다양하고 최소치와 최대치의 변화폭이 매우 크게 나타나고 있다. 그래서 여기서는 통계적추정방법에 의해 부하별 수요율의 신뢰구간인 상한치와 하한치 즉, 수요율의 범위를 추정하였으며, 그결과는 표11과 같다.

일반동력은 하절기에 38.0-53.6%, 동절기에는 65.3-81.5%였으며, 계절과 그다지 관계없는 비상동력의 연간수요율은 32.2-47.1%로 나타났다.

표 11. 부하종별 수요율의 신뢰구간 (%)

구분	일반동력			비상동력	일반·비상*
	하절기	동절기	연간	연간	동력
신뢰계수95%일때의 신뢰구간	$38.0 \leq \mu \leq 53.6$	$65.3 \leq \mu \leq 81.5$	$63.7 \leq \mu \leq 80.7$	$32.2 \leq \mu \leq 47.1$	$37.7 \leq \mu \leq 49.3$
신뢰구간내의 평균치	45.1	77.4	75.3	38.8	41.4

* : 일반(난방)부하와 비상부하를 동일한 변압기에 접속해 배크를 구성하는 경우임.

5.2 설정조건과 전제

조명설비는 부하가 전등이나 전열이어서 그 수요율에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 주택의종류, 계절변화, 기간, 간선에 접속된 세대수 즉, 간선호수와 장래의 부하증가등이다. 한편 동력설비의 경우 이와같은 여러가지 요소들도 포함되겠지만 특히 부하특성, 운전방법, 장래부하증가, 안전을 고려한 여유율등과도 밀접한 관련이 있다고 할 수 있으며, 이러한 현상은 본 조사분석결과에서도 알 수 있었다.

1) 부하특성변화

부하종별, 계절, 시간에 따라 부하특성인 부하율과

부하곡선패턴, 그리고 수요율의 변화폭이 크며 일반 동력이 비상동력에 비해 더욱심한 경향을 나타내었다.

2) 운전특성

일반동력은 동절기의 난방 및 급탕공급방법에, 계절변화에 영향을 받지 않는 비상동력은 엘리베이터 운전특성에 따라 수요율변화폭에 차이를 보이고 있다.

3) 부하증가

동력부하는 조명부하와 달리 조정부하로서 이미 정해진 용량이 급격히 증가하거나 자주 변경되는 일은 극히 드물다.

4) 안전여유율

유별난 장래의 부하용량증가가 없다고 하더라도 기기의 정기적인 점검보수, 돌발사고로 인한 고장이나 교체, 그리고 갑작스럽게 정전으로 생기는 운전정지등 미리 예측할 수 없는 특수사항을 전혀 무시할 수 없다. 특히 전압강하, 역률 및 부하패턴변동은 수요전력과 부하설비용량에 중요한 영향을 미치는 요인들이라 할 수 있다. 그러므로 설비기기의 신뢰도, 안전성향상측면에서 설비용량에 적당한 여유율을 고려하는 것이 바람직하다.

이상의 설정조건들을 만족시키고 적합한 수용율기준을 설정하기 위해 다음과 같이 전제하였다.

① 부하종류는 난방부하인 일반동력과 비상동력으로 구분한다.

② 일반동력은 계절부하이므로 동절기의 수요율로, 비상동력은 상시부하로 간주해 연간수요율을 기준한다.

③ 장래부하증가분은 없는 것으로 보았으며, 안전여유율 10%를 고려한다.

5.3 수요율 기준안

앞의 설정조건과 전제사항을 고려해 부하별 적정 수요율범위를 산출한 결과는 일반동력의 경우 71.8-89.7%, 평균치 85.1%였으며 비상동력은 35.3-51.8%, 평균치 42.7%로 나타났다.

그러면 실제로 설계할 때는 어떤값을 선택해 적용

표 12. 수요율기준 설정안

부하종별	일반 동력		비상동력	일반·비상 동력
	600kw이하	600kw초과		
수요율범위	72-90%		35-52%	42-55%
기준수요율	85%	80%	52%	55%

할 것인가 하는 문제가 제기될 수 있는데 본 연구에서는 지금까지의 분석결과를 종합해 아파트동력부하에 적합한 수요율기준을 표12와같이 설정하였다.

6. 결 론

이상에서 기존아파트단지를 대상으로 동력부하의 시설현황과 전력사용실태에 대해 조사분석한 결과, 얻어진 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 일반동력의 부하밀도는 4.3VA/m², 비상동력은 10VA/m², 민간아파트의 경우에는 12.5VA/m²로 나타났다. 실제 설계할 때는 여기에 적당한 여유율을 보아 적용하는 것이 바람직하다.

2) 일반동력이 비상동력에 비해 부하변동이 많고 부하설비의 이용율이 저조한 것으로 나타나 부하용량향상대책이 필요하다.

3) 일반·비상동력에 관계없이 수요율은 동절기에 최대가 되는 경향을 보였다. 그리고 부하종류, 계절, 부하용량, 운전방식등에 따라 수요율분포가 광범위하고 변화폭이 매우 큰것으로 분석되었다.

4) 아파트동력설비의 부하별 수요율은 일반동력의 경우 시설용량을 기준해서 600kw 이하는 85%, 600kw 초과시는 80%로, 비상동력의 경우는 52%로 일반부하와 비상부하를 동일한 변압기에 접속하여 하나의 뱅크를 구성하는 경우에는 55%로 설정하는 것이 가장 적합한 것으로 판단되었다.

앞으로 본 연구결과가 관련기관, 업계, 설계종사자들에 의해 적극활용되어 합리적인 전력설비계획·설계는 물론 전력에너지를 절약하는데 크게 이바지할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 1) 대한주택공사, 아파트동력부하수요율 실태조사 연구, 연구보고서, 1989.
- 2) 한국전력공사, 부하곡선조사연구, 1984.
- 3) 홍순학외, 대수용가 부하곡선작성연구, 한국전력공사기술연구원, 연구소보 제18호, 1985.
- 4) 일본전설공업협회, 전설공업, 1979. 12월.
- 5) 대한전기협회, 내선규정, 1980.

