

아파트에서의 동력부하 운전실태 조사

(A Survey on the Load Profiles of the Power Transformers and Motors in Apartment Housing)

이기홍* · 추성두 · 정지열 · 안명선

대한주택공사

(Ki-Hong Lee · Seong-Doo Choo · Ji-Yeol Jeong · Myung-sun An)

Abstract

This paper gives various load profiles of power transformers and motors in apartment housing. The load profile of power transformer shows that it is peaked in winter by heating system, and the maximum value of load profiles in power transformer is ranged 25%~35%, which shows it is operated on over-capacity. The maximum value of demand factor in water supply system is about 60% and thus of wastewater treatment system is about 50%

1. 서 론

한정된 국토에서 나날이 심각해지는 주택난 해결의 대안으로 등장했던 아파트는 그동안 급속히 보급되어 왔다. 그 결과 현재는 전체 가구수 대비 아파트의 비율이 단독주택의 비율을 앞서고 있어 아파트 중심의 주거 문화가 정착단계에 접어 들고 있음을 보여주고 있다.

또한 아파트의 급속한 성장과 함께 아파트에서의 기간시설들인 각종 공용설비의 종류와 특성도 크게 변화되고 있다.

난방방식은 기존의 중앙난방 방식 중심에서 개별난방 및 지역난방 중심으로 바뀌고 있으며 엘리베이터도 인버터를 적용한 제어방식이 기존의 교류계환제어방식 자리를 대신하고 있다. 각종 조명기기도 에너지절약을 위한 고효율 조명기기가 설치되고 있고 급수방식도 옥상에 물탱크가 있는 기존의 고가수조 방식에서 인버터를 이용한 가압급수 방식으로 교체되고 있다.

이와같이 아파트의 공용부에 시설되는 각종 설비들이 고효율화, 고성능화되고 있어 기존의 설비가기들과는 다른 전력소비특성을 나타내고 있다. 즉, 인버터와 같은 각종 전력전자기들이 적용됨에 따라 전기에너지의 소비량을 절감시키고 있는 반면에 전원계통에 유해한 고조파도 발생시키고 있다.

따라서 본 연구에서는 아파트 공용부분에 시설되는 각종 동력부하들의 운전실태를 측정하여 전원설비의 용량산정, LCA, 설비계획 등 여러 분야에서 기초자료로 활용되는, 각종 부하곡선을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 측정대상

아파트에서 전력을 공급하는 전원설비는 각 세대에 전력을 공급하는 전등전열전원설비와 공용설비에 전력을 공급하는 동력전원설비로 대별된다. 이들 중 전등전열전원설비에 시설된 변압기는 전등전열변압기, 동력전원설비에 시설되는 변압기는 동력변압기로 불리워진다. 그림 1에 아파트에서의 전원설비 계통과 각종 동력부하들을 나타내었다.

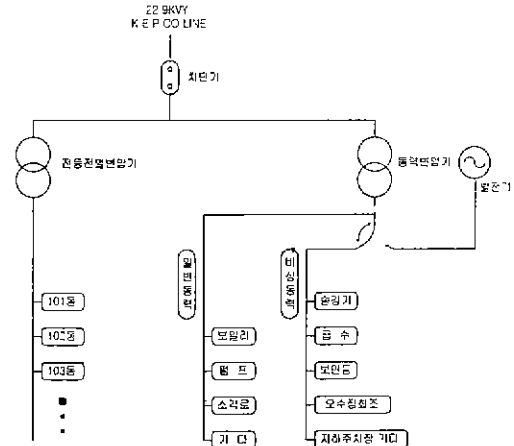


그림 1. 아파트의 전원계통과 전력부하
Fig.1. Transformers and Motors in Apartment Housing

특히 동력변압기는 일반동력부하와 비상동력부하들에 전력을 공급하는 변압기로서 아파트에서 일반동력부하는 보일러, 펌프 등과 같이 난방에 관계되는 동력부하들이며 비상동력부하는 승강기, 급수, 오수정화조, 보안등 및 기타 동력부하들로서 한전계통에서의 전력공급이 중단되면 곧 바로 비상발전기와 연결되어 전력을 공급받을 수 있는 부하들을 말한다.

본 연구에서는 이들 각종 동력설비들의 시간별 소비 전력실태를 측정하였으며 측정대상은 동력변압기, 엘리베이터, 급수, 오수정화조 등으로 하였다.

2.2. 측정방법

동력변압기 및 각종 동력부하의 간선에 전력측정기를 부착하고 1주단위로 전압, 전류, 전력, 역률, 고조파 등을 측정하였다. 측정대상 아파트 단지는 각종 동력부하에 따라 민영 및 주공아파트를 구분하지 않고 전국을 대상으로 표본을 추출하여 측정하였다.

동력변압기의 소비전력을 측정한 아파트단지를 난방 방식별로 분류하면 중앙난방 3개단지, 지역난방 4개단지, 개별난방 5개단지이다.

특히 일부 아파트 단지에서는 아파트 관리소에 설치되어 있는 전력감시시스템을 이용하여 동력변압기의 1년간 소비전력 실태를 측정하였다

2.3. 측정결과

2.3.1 동력변압기

(1) 계절별 일부하 곡선

전력감시시스템에 의해 측정된 동력변압기의 계절별 전력소비 행태에 있어 중앙난방방식 아파트의 경우는 그림 2와 같이 나타났고 지역난방의 경우는 그림 3과 같다. 각 그림에서 중축에 표시한 상대계수는 변압기의 정격 용량 대비 소비전력을 나타낸다.

측정 결과 아파트 단지의 동력변압기는 동절기에 소비전력이 최대가 되며 중앙난방의 경우 하루 중 난방설비가 동작되는 시간에 최대소비전력이 나타나는 것을 알 수 있다.

또한 최대 소비전력이 변압기 정격용량의 25%~35%의 범위에 있는 것으로 나타나 일반적 변압기의 효율특성이 부하가 50% 정도일 때 최대라 하면 충분한 여유를 갖고 운전되고 있음을 알 수 있다.

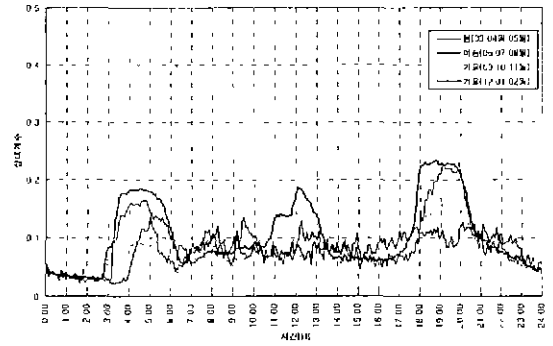


그림 2 계절별 동력변압기의 일부하 곡선 예 (중앙난방)
Fig. 2. Load Profiles of Power Transformer(Central heating system)

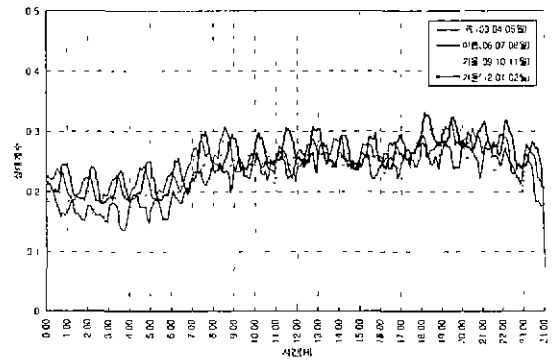


그림 3 계절별 동력변압기의 일부하 곡선 예 (지역난방)
Fig. 3. Load Profiles of Power Transformer(District heating system)

(2) 역률 측정 결과

아파트에서의 동력변압기는 충분한 용량의 콘덴서 설치에 의해 그림 4와 같이 매우 고역률로 운전되는 것으로 실측되었으며 일부 단지에서는 전역률로 운전되는 경우도 있는 것으로 나타났다.

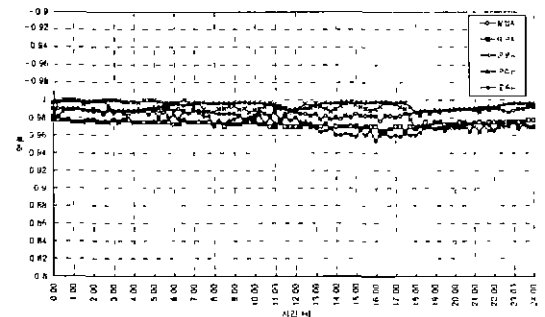


그림 4 동력변압기의 역률
Fig. 4. Power Factor of Power Transformer

(3) 고조파 측정 결과

동력변압기에서의 고조파는 인버터 가압급수 시스템을 채택하고 있는 아파트에서 측정한 결과를 나타내었다.

그림 5은 전압고조파에 대하여 나타냈고 그림 6은 전류고조파에 대한 시간별 변화를 나타낸다.

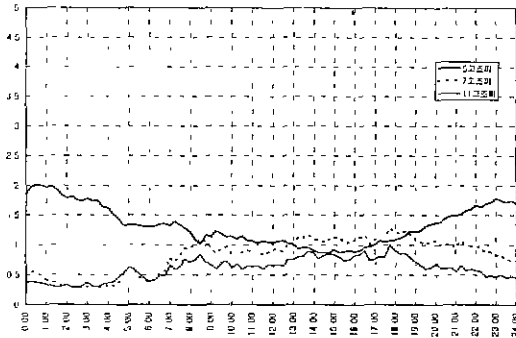


그림 5. 동력변압기의 전압고조파 발생량 예
Fig. 5. Voltage Harmonic of Power Transformer

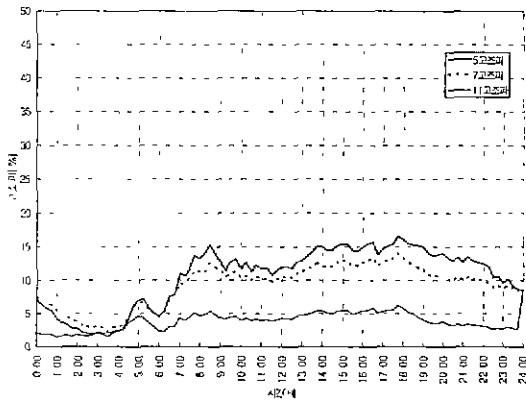


그림 6. 동력변압기의 전류고조파 발생량 예
Fig. 6. Current Harmonic of Power Transformer

2.3.2 엘리베이터

엘리베이터의 전력소비 특성은 일반적으로 전부하 상승전류 및 가속전류로 나타낸다. 전부하 상승전류는 주로 변압기 용량안정시에 사용되는 요소이며 가속전류는 발전기 용량안정시에 사용되는 요소이다.

그러나 기술발전 및 새로운 기종의 엘리베이터 개발 등에 따라 엘리베이터의 전력소비특성이 제조사마다 다양하게 제시되고 있어 전기설비 설계분야에서는 각 기종별 전력특성에 대한 새로운 표준적 기준이 요구되어 왔다

따라서 본 연구에서는 엘리베이터의 각 기종별 전력소비특성에 대한 기준을 수립하기 위해 전력분석기

(모델명 : HIOKI 3195)를 이용하여 4개 제조사의 각 기종별(12기종) 전부하 상승전류를 측정하였다.

측정방법은 각 제조사별 최신 기종의 엘리베이터가 설치되어 운행되고 있는 아파트 현장에서 정격부하의 분동(Weight)를 실은 상태로 운행하면서 그림 7과 같이 인버터 입력단에서 전부하 상승전류 및 역률, 고조파 등을 실측하였다.

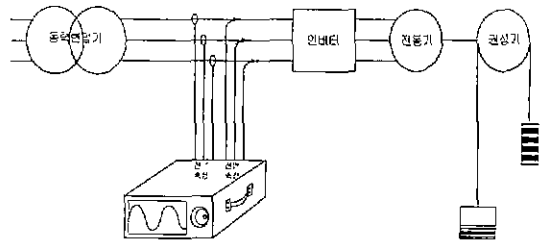


그림 7. 엘리베이터의 전력소비특성 측정 개념도
Fig. 7. The Schematic diagram of measuring

이와같은 방법에 의해 각 제조사별로 측정된 전부하 상승전류 측정치를 각 기종별로 분류하고 이들을 신뢰수준 95%에서의 신뢰구간 최대값을 가지고 각 기종별 전부하 상승전류의 기준치로 선정하였다. 이 기준치에 안전을 20%를 고려한 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. 엘리베이터의 전부하 상승전류
Table 1. Full Load Current of Elevators

인승	속도 [m/min]	측정결과 [A]	측정결과×1.2 [A]
11인승	60	17.5	21
	90	22	26
	105	27.1	33
13인승	60	18.3	22
	90	25.4	31
	105	28.9	35
15인승	60	21	25
	90	26.8	32
	105	33.5	40
17인승	60	25.6	31
	90	32	38
	105	35.2	42

한편 엘리베이터의 각 제조사별, 기종별로 측정된 총합 고조파(THD) 발생량은 표 3과 같다.

표 2에서와 같이 엘리베이터의 제조사에 따라 고조파의 발생량이 크게 다르게 나타나고 있다.

일부 제조사의 경우 고조파가 크게 발생되고 있어 고조파 억제장치가 필요함을 알 수 있다.

표 2. 엘리베이터에서의 고조파 발생률
Table 2. Harmonics of Elevator

	속도 [m/ min]	A사		B사		C사		D사	
		THD[%]		THD[%]		THD[%]		THD[%]	
		V	A	V	A	V	A	V	A
13 인 승	60	3.1	48.7	-	-	2.7	87.2	1.0	45.8
	90	3.0	33.6	2.8	92.8	3.6	83.6	3.3	59.0
	105	3.1	32.7	-	-	-	-	-	-
15 인 승	60	2.6	52.8	3.4	91.1	2.6	85.0	1.4	42.5
	90	2.9	33.6	4.7	81.0	3.7	73.8	2.3	76.1
	105	3.5	30.1	-	-	-	-	-	-
17 인 승	60	1.6	38.4	2.3	101	2.7	87.5	3.0	33.1
	90	-	-	4.6	74.5	3.1	85.0	-	-
	105	3.5	29.5	-	-	-	-	-	-

또한 아파트에는 수심대의 엘리베이터가 설치되어 있는 것이 일반적이다. 이때 다수의 엘리베이터가 항상 운전되고 있다고는 할 수 없으므로 엘리베이터에 대한 전원설비용량 산정시에는 대수별 환산치를 적용한다. 대수별 환산치는 건물의 용도 및 특성에 따라 다르게 나타나므로 공동주택에서의 엘리베이터 대수별 환산치를 산출하기 위한 동시운행률을 측정하였다.

엘리베이터의 동시운행률 측정방법은 아파트의 관리소에 시설되어 있는 엘리베이터 감시시스템을 이용하였다 즉 엘리베이터 감시시스템에 5분마다 운행되고 있는 엘리베이터의 대수를 자동적으로 기록 및 저장하는 소프트웨어를 구축하여 1년간 측정하였다.

그 결과 1년중 9월에 가장 높은 동시 운행률을 나타내었으며 그림 9에 20층이고 10대의 엘리베이터가 설치된 계단식 공동주택에서 9월에 측정된 1개월간의 평균 동시운행률을 나타내었다.

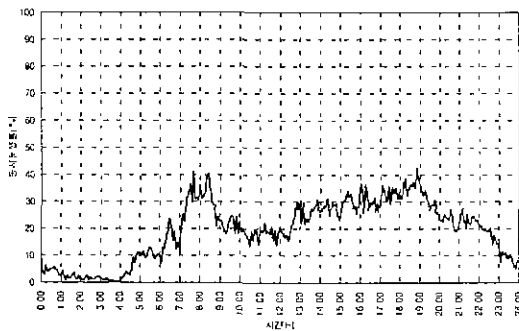


그림 8. 엘리베이터의 동시운행률
Fig. 8. Simultaneity driving factor of Elevators

2.3.3 급수 동력부하

아파트에서의 급수시스템은 일반적으로 옥상에 물탱크가 있는 고가수조 방식과 물탱크 없이 지하 저수조에 서 인버터 등에 의해 직접 세대에 물을 공급하는 가압 급수 방식이 있다.

이들 급수동력부하의 설비용량에 대한 소비전력의 비율 나타내면 그림 9 및 그림 10과 같다.

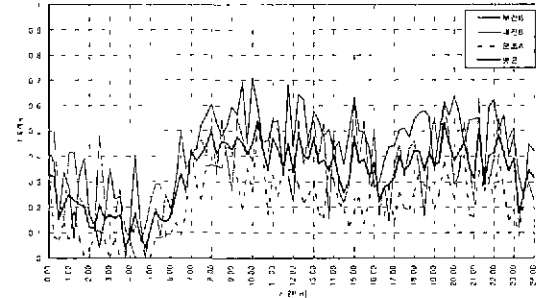


그림 9. 급수동력부하의 일부하 곡선(고가수조방식)
Fig.9 Load Profiles of Water Supply System

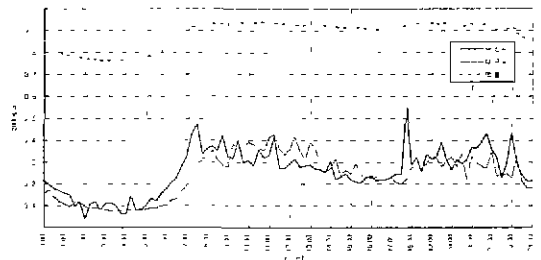


그림 10. 급수동력부하의 일부하 곡선(가압급수방식)
Fig.10 Load Profiles of Water Supply System

2.3.4 오수정화 설비

오수정화설비는 아파트에서 발생하는 오수를 정화시키는 설비로서 중화방식에 따라 크게 장기폭기식과 접촉산화식으로 분류된다

장기폭기식은 처리용량이 비교적 큰 경우에 적용하며 접촉산화식은 용량이 적은 경우에 설치하여 왔으나 현재는 대부분 용량에 관계없이 접촉산화식이 주로 사용되고 있다.

이들 시스템의 운전특성은 1주일 단위로 오수정화설비의 배전반(MCCB)에서 측정하였으며 이와같이 측정 한 설비용량 내비 소비전력과 역률을 그림11 및 그림 12에 나타내었다

각 부하곡선의 최대치는 37%~61%로 나타났으며 평균 수용률은 약 45%경도로 측정되어 현재 설계에 적용하고 있는 수용률 52%에 매우 적당하고 있음을 알 수 있다.

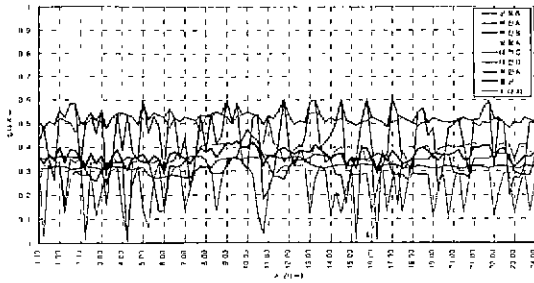


그림 11. 오수정화 설비의 일부하 곡선
 Fig. 11 Load Profiles of Wastewater Treatment System

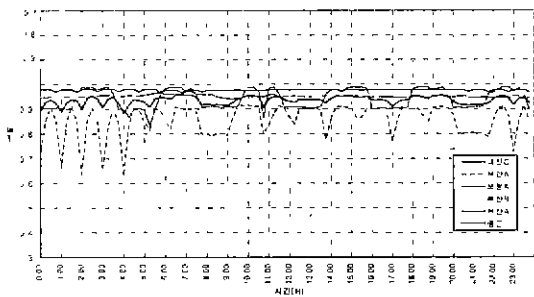


그림 12. 오수정화 설비의 역률
 Fig.12 Power Factor of Wastewater Treatment System

2.4. 결 론

본 연구에서는 아파트의 각종 동력부하들에 대한 일부하곡선을 제시하였다.

그 결과 대부분 저녁시간대에 동력부하의 최대치가 발생하는 것으로 분석되었으며 동력변압기의 역률은 매우 양호한 상태로 운전되고 있는 것으로 나타났다.

이들 동력부하들에게 전원을 공급하는 변압기는 항상 운전되고 있는 전원설비이므로 효율적 운전이 크게 요구되는 기기인 반면에 일반적 수명이 20~30년 정도이므로 장래의 부하 증설에 충분한 여유율을 확보하여야 한다는 양면성을 가지고 있다.

연구 결과, 아파트에서의 동력변압기는 장래의 부하 증설에 충분한 용량을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- [1] 대한주택공사 “아파트 동력부하 수요량 실태 조사 연구”, p.45, 1989, 6
- [2] 대한주택공사 “인버터승강기의 동력설비용량산정 및 고조파 해석에 관한 연구”, p.34, 1993, 12.
- [3] 한국전기안전공사 “전기사용장소의 고조파 정해분석 연구”, p.47, 1996, 12.