

건물의 전력소비특성을 고려한 수용률 실태분석 및 기준(안)

김수길<호서대학교 교수/공학박사>
김세동<두원공과대학 교수/공학박사/기술사>

1 머리말

호텔은 휴식 기능(객실, 객실에 따른 부대시설 등), 업무 기능(회의실, 국제회의장 등), 공중 서비스 기능(연회장, 쇼룸, 쇼핑가, 커피숍 등) 등으로 구성되며, 상기의 기능에 따라 비즈니스 호텔, 리조트, 씨티호텔 등으로 구분한다. 각 기능에 따른 시설이 중요하지만, 대형 호텔의 경우에는 휴식의 기능, 업무 기능, 일반 서비스 기능이 종합적으로 시설됨으로써 정보설비기기의 고도화, 연회장 기기의 고품질화, 회의장의 A/V 설비, 객실관리 시스템 등이 구성되어 쾌적한 환경 창출에 많은 배려를 하고 있다.

호텔의 특성상 불특정의 많은 사람들이 이용하는 장소로서 최근 호텔의 기능도 고기능화되고 있고, 이용객의 서비스를 위한 최선의 정보통신 시스템을 구축하는 등 안전을 위한 시스템이 적극 도입되고 있다. 반면에 대연회장의 이용 급증과 이로 인한 냉방 부하의 급증으로 전력소비가 크게 증가되고 있으며 보다 효율적인 전력관리가 절실하게 요구되고 있다.

호텔 건물의 전력 소비 특성을 조사 분석하였고, 아울러 전기설비설계사무소에서 적용하고 있는 설계 수용률을 조사 분석하였다. 데이터의 신뢰성을 비교

분석하기 위하여 선형적인 방법과 비선형적인 방법으로 그 경향을 추정하여 곡선으로 나타내었고, 이 때 얻어진 데이터 상호간의 결정계수(COD : coefficient of determination)로 데이터의 신뢰성을 확인하였다. 이러한 방법에 의하여 얻어진 분석 자료를 이용하여 적정 변압기 용량 설정을 위한 데이터베이스를 만들고, 또한 변전설비용량의 합리적인 설계를 위하여 수용률 기준(안) 설정에 필요한 자료로 활용할 수 있으리라 사료된다.

2. 수용률 적용실태 및 기준(안)

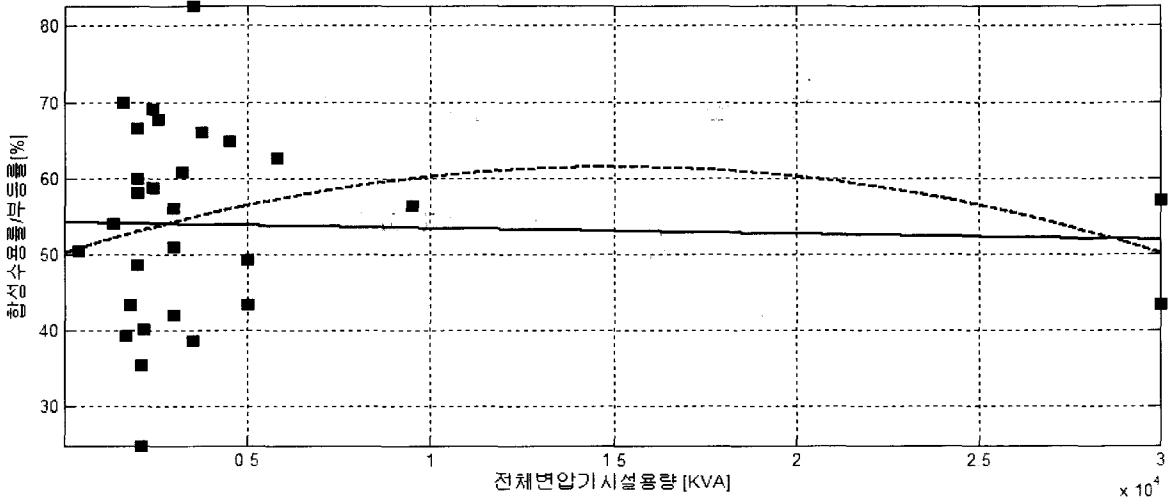
2.1 합성 수용률/부등률 적용 실태

조사된 전체 자료의 특징과 중심적인 경향을 알아내기 위해서 평균값, 중앙값, 표준 편차, 회귀 모형식 등의 확률 통계적 파라미터들을 수용률 기준 설정을 위한 특징 파라미터로 선택하였다.

변압기의 बैं크 방식은 2단 강압 또는 직접강압 방식을 혼용하여 채택하고 있고, 조사된 최대수요전력은 수전단에 설치되어 있는 최대수요전력계(DM)로부터 조사된 값이며, 수용률/부등률이 함께 반영된 것이므로 수용률/부등률에 대하여 분석하였다.

특집 : 수용률 기준

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
X : 전체 변압기시설용량[kVA]	30000	400	4875	7169.43	2575	29
Y : 합성 수용률/부등률[%]	82.7	24.8	53.78	12.72	56	



항 목	회귀 모형식	최소제곱평균오차	상관계수
1차 선형	$y = -0.000077x + 54.162589$	12.4946	-0.0435
2차 비선형	$y = -0.0000x^2 + 0.001506x + 50.128996$	12.3402	

그림 1. 호텔용 건물의 변압기시설용량 기준 합성수용률/부등률 적용실태와 회귀모형식

그림 1은 조사 호텔용 건물의 합성 수용률/부등률의 적용 현황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포되어 있는 수용률/부등률값은 24.8~82.7[%](단, 변압기시설용량 기준)이고, 평균값은 53.78[%], 표준편차는 12.72[%]로 분석되었다. 여기서 수용가의 정확한 부하설비용량을 추정하기가 어려워 시설된 변압기용량(2단 강압시에는 주변압기 용량을, 1단 강압시에는 전체 변압기용량을 기준으로 함)을 기준으로 하였으며, 당초 설계 단계시 변압기 용량은 부하설비용량의 75~85[%]로 설계되었다고 가정할 경우, 전체 부하설비용량 기준시 조사된 합성 수용률/부등률은 33.07~97.29[%] 정도로 분포된 것으로 판단된다. 평균값은 67.23[%]로 판단된다.

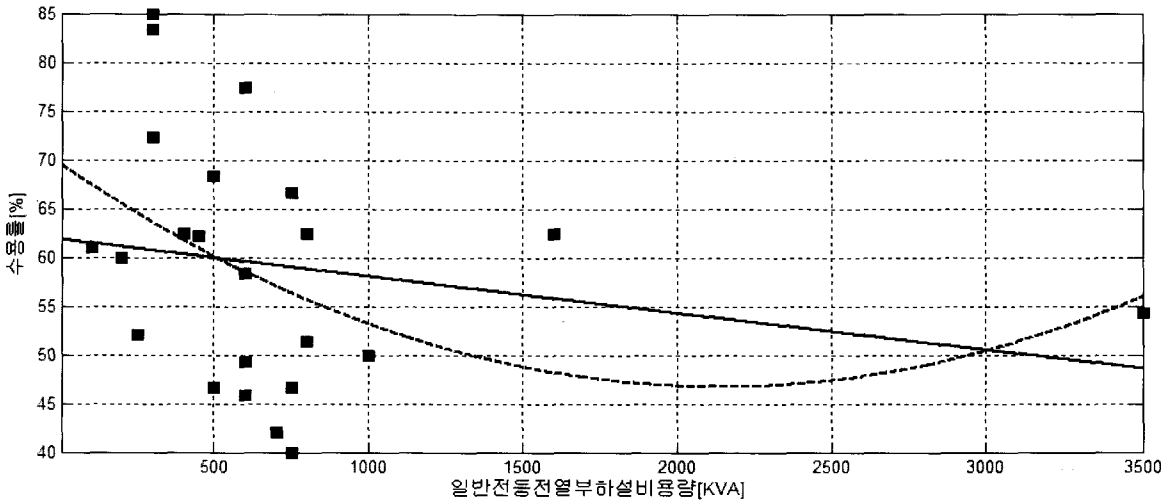
그림에서 보는 바와 같이 조사된 변압기시설용량과 합성 수용률/부등률과의 상관관계는 매우 약한 것으로 분석되었고, 최소제곱 평균오차는 1차 선형 회귀 모형식에서는 12.49[%], 2차 비선형 회귀 모형식에서는 12.34[%] 정도 발생한 것으로 분석되었다. 조사 결과 분석으로는 수용가에 시설된 전력용 변압기에 여유가 많은 것으로 판단된다.

2.2 일반전등전열부하의 수용률 적용실태 및 기준(안)

호텔 건물의 부하 중에서 일반전등전열부하용 변압기가 시설되어 있는 수용가를 대상으로 분석하였으며, 최대수요전력은 수전일지 상에 작성된 자료를 기

호텔용 건물의 전력소비특성을 고려한 수용률 실태분석 및 기준(안)

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
X : 일반전등전열 부하설비용량[kVA]	3500	100	710.86	685.22	600	23
Y : 수용률(%)	85	40	59.14	12.46	60	



항 목	회귀 모형식	최소제곱평균오차	상관계수
1차 선형	$y = -0.003782x + 61.831893$	11.9251	-0.2079
2차 비선형	$y = 0.0000x^2 - 0.0213x + 69.555014$	11.3996	

그림 2. 호텔 건물의 일반전등전열부하용 수용률 적용실태와 회귀모형식

준으로 하였고, 부하설비용량은 수용가에서 제시한 용량을 기준으로 하였다.

그림 2는 조사 호텔 건물의 일반전등전열부하용 수용률의 적용 현황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포 되어 있는 일반전등전열부하용 수용률값은 40~85(%)이고, 평균값은 59.14(%), 표준 편차 12.46(%)로 분석되었다.

그림에서 보는 바와 같이 조사된 부하설비용량과 수용률과의 상관관계는 중간보다 낮은 정도를 나타내는 것으로 분석되었다. 그리고, 최소제곱 평균오차는 1차 선형 회귀모형식에서 11.93(%), 2차 비선형 회귀 모형식에서 11.40(%) 정도 발생한 것으로 분석

되었다.

조사 결과 분석으로는 수용가에 시설된 일반전등전열부하용 변압기에 여유가 많은 것으로 판단되며, 일반전등전열부하로 연결되는 부하 종류로는 전등부하 이외 호텔건물의 특성상 각종 사무자동화기기, 객실 관리시스템 관련 기기 등이 연결되는 경우가 있으므로 연결 부하의 특성을 종합적으로 검토하여야 한다.

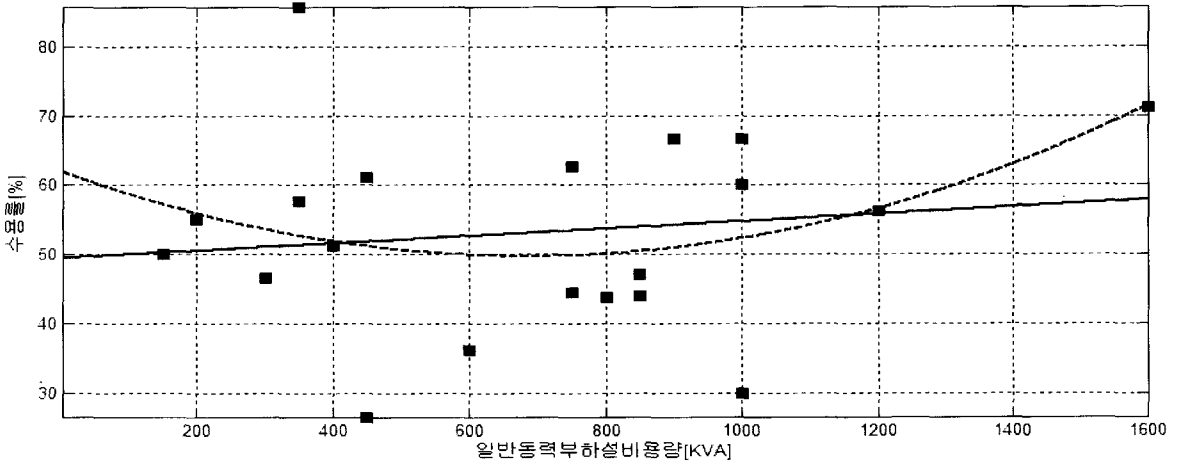
그리고 표 1은 전기설비설계사무소에서 적용하고 있는 일반전등전열 부하의 설계 수용률을 통계 처리한 것이며, 평균값은 60.56(%), 표준 편차는 15.89(%)로 분석되었다.

따라서 실태조사 수용률 및 설계 수용률의 평균값

표 1. 일반전등전열 부하용 설계 수용률

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
일반전등전열부하용 설계 수용률	80	40	60.56	15.89	50	9

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
X : 일반동력부하 설비용량(kVA)	1600	150	697.5	370.8	750	20
Y : 수용률[%]	85.7	26.7	53.17	14.21	53.15	



항 목	회귀 모형식	최소제곱평균오차	상관계수
1차 선형	$y = 0.005251x + 49.507$	13.7226	0.1370
2차 비선형	$y = 0.0000x^2 - 0.0355x + 61.989$	13.0317	

그림 3. 호텔용 건물의 일반동력부하용 수용률 적용실태와 회귀모형식

을 기준으로 장래 부하증가율, 고조파발생기기로 인한 변압기 출력감소율 등을 고려한 일반전등전열 부하의 수용률 범위는 49~71(%) (평균값 60(%) 정도를 반영하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

2.3 일반 동력부하의 수용률 적용실태 및 기준 (안)

호텔 건물의 부하 중에서 일반동력부하용 변압기가

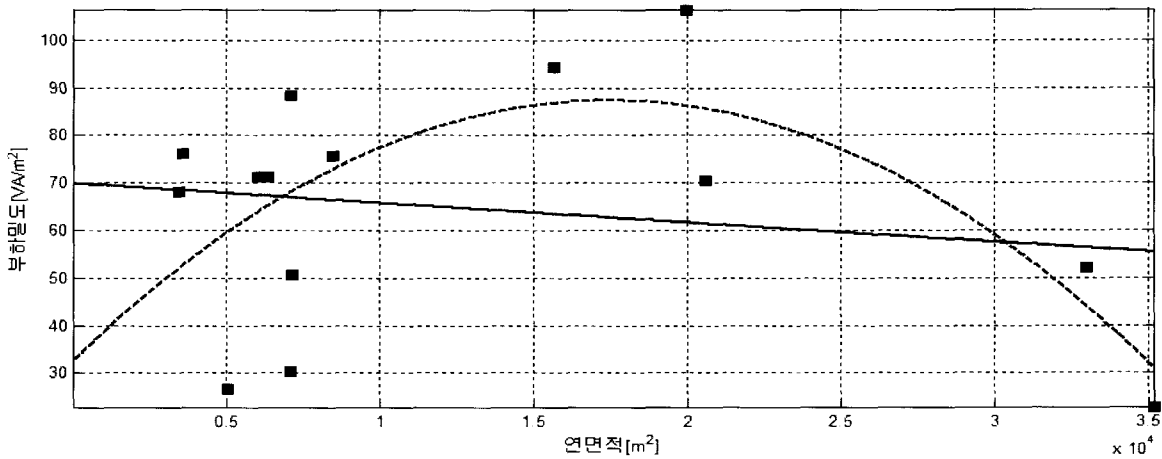
시설되어 있는 수용가를 대상으로 분석하였으며, 최대수요전력은 수전일지 상에 작성된 자료를 기준으로 하였고, 부하설비용량은 수용가에서 제시한 용량을 기준으로 하였다.

그림 3은 조사 호텔 건물의 일반동력부하용 수용률의 적용 현황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포 되어 있는 일반동력부하용 수용률값은 26.7~85.7(%)이고, 평균값은 53.17(%) , 표준 편차

표 2. 일반동력 부하용 설계 수용률

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
일반동력부하용 설계 수용률	75	50	60.75	9.82	60	9

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
X : 연면적[m^2]	35169	3471	12779	10607.22	7160.5	14
Y : 부하밀도[VA/ m^2]	106.43	22.6	64.61	25.28	70.93	



항 목	회귀 모형식	최소제곱평균오차	상관계수
1차 선형	$y = -0.0004x + 69.8852$	24.0012	-0.1731
2차 비선형	$y = -0.0000x^2 + 0.0062x + 32.43$	18.8114	

그림 4. 호텔용 건물의 일반전등전열부하용 부하밀도 적용실태와 회귀모형식

14.21(%)로 분석되었다.

그림에서 보는 바와 같이 조사된 부하설비용량과 수용률과의 상관관계는 아주 낮은 정도를 나타내는 것으로 분석되었다. 그리고 최소제곱 평균오차는 1차 선형 회귀모형식에서 13.72(%), 2차 비선형 회귀모형식에서 13.03(%) 정도 발생한 것으로 분석되었다.

조사 결과 분석으로는 수용가에 시설된 일반동력부하용 변압기에 여유가 많은 것으로 판단되며, 일반동

력부하로 연결되는 부하 종류로는 동력부하 이외 호텔용 건물의 특성상 FCU, AHU 및 패키지 에어컨 부하 등이 연결되는 경우가 있으므로 연결 부하의 특성을 종합적으로 검토하여야 한다.

그리고 표 2는 전기설비설계사무소에서 적용하고 있는 일반동력 부하의 설계 수용률을 통계 처리한 것이며, 평균값은 60.75(%), 표준 편차는 9.82(%)로 분석되었다.

따라서 실태조사 수용률 및 설계 수용률의 평균값

특집 : 수용률 기준

을 기준으로 장래 부하증가율, 고조파발생기기로 인한 변압기 출력감소를 등을 고려한 일반동력 부하의 수용률 범위는 42~68(%)(평균값 55(%)) 정도를 반영하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

3. 일본의 부하밀도 및 변전시설밀도 적용실태

일본전설공업협회에서 제공하는 전기설비데이터 자료 중 호텔용 건물을 중심으로 2000~2001년도의 데이터에서 연면적과 변압기시설용량, 부하종별 부하 시설용량 등을 조사 분석하였다.

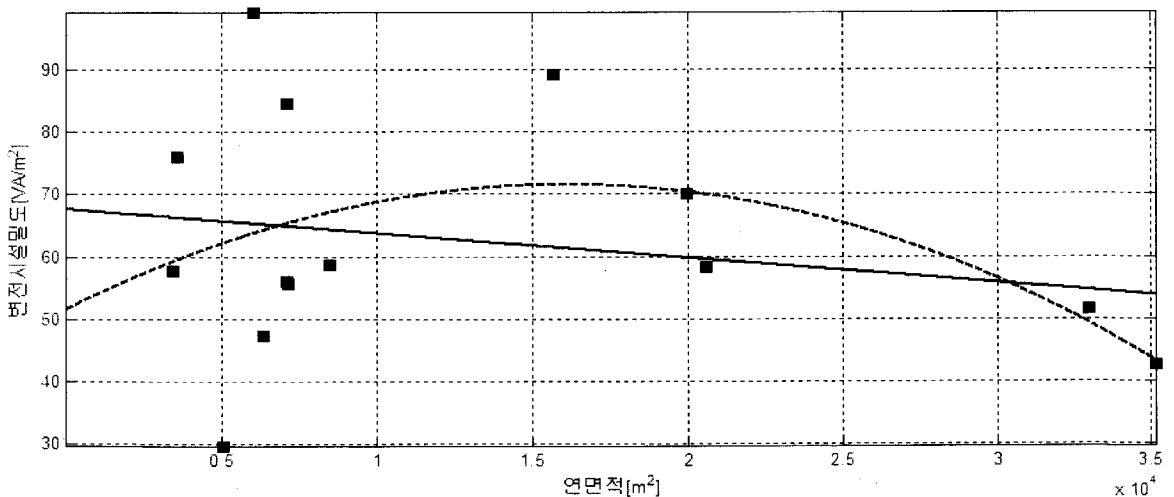
3.1 일반전등전열부하의 부하밀도 적용실태

일반전등전열부하용 변압기용량과 부하설비용량이 제시되어 있는 수용가를 대상으로 분석하였으며, 그림 4는 조사 호텔용 건물의 일반전등전열부하용 부하밀도의 적용 현황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포되어 있는 일반전등전열부하용 부하밀도는 22.6~10643[VA/m²]이고, 평균값은 64.61[VA/m²], 표준 편차 25.28[VA/m²]로 분석되었다.

그림에서 보는 바와 같이 조사된 부하밀도와 연면적과의 상관관계는 낮은 정도를 나타내는 것으로 분석되었다. 그리고 최소제곱 평균오차는 1차 선형 회귀모형식에서 24.0[VA/m²], 2차 비선형 회귀 모형식에서 18.81[VA/m²] 정도 발생한 것으로 분석되었다.

따라서 일반전등전열부하로 연결되는 부하 종류로

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
X : 연면적(m ²)	35169	3471	12779	10607.22	7160.5	14
Y : 변전시설밀도(VA/ m ²)	99.27	29.73	62.61	19.13	57.91	



항 목	회귀 모형식	최소제곱평균오차	상관계수
1차 선형	$y = -0.000395x + 67.66$	17.9891	-0.2189
2차 비선형	$y = -0.0000x^2 + 0.0024x + 51.5141$	16.8023	

그림 5. 호텔용 건물의 일반전등전열부하용 변전시설밀도 적용실태와 회귀모형식

는 전등부하 이외 호텔용 건물의 특성상 각종 사무자동화기기, 객실관리시스템 관련 기기 등이 연결되는 경우가 있으므로 연결 부하의 특성을 종합적으로 검토하여야 한다.

3.2 일반전등전열부하의 변전시설밀도 적용실태

일반전등전열부하용 변압기용량과 부하설비용량이 제시되어 있는 수용가를 대상으로 분석하였으며, 그림 5는 조사 호텔용 건물의 일반전등전열부하용 변전시설밀도의 적용 현황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포되어 있는 일반전등전열부하용 변전시설밀도는 29.73~99.27(VA/m²)이고, 평균값은 62.61(VA/m²), 표준 편차 19.13(VA/m²)로 분석되었다.

그림에서 보는 바와 같이 조사된 변전시설밀도와 연

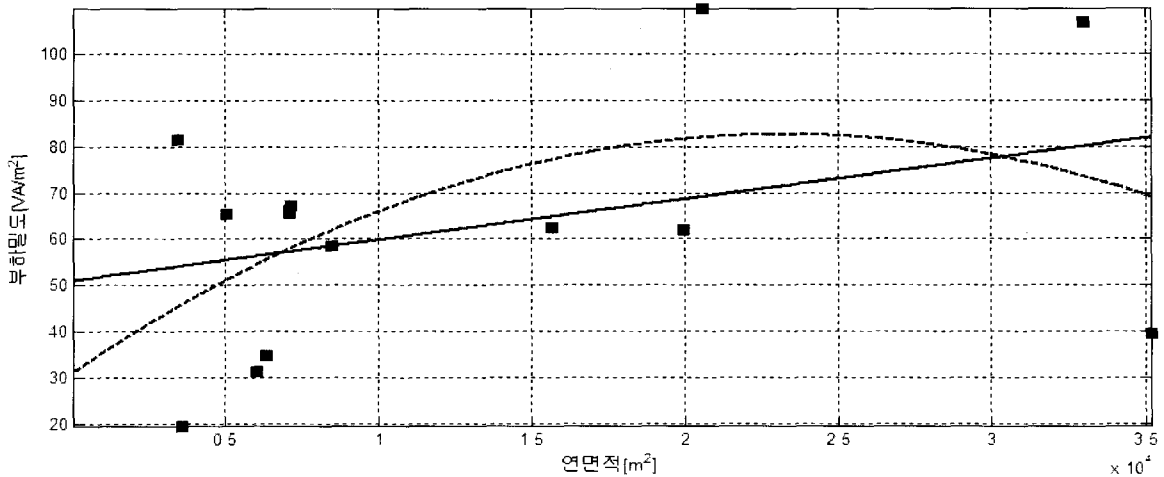
면적과의 상관관계는 낮은 정도를 나타내는 것으로 분석되었다. 그리고 최소제곱 평균오차는 1차 선형 회귀 모형식에서 17.99(VA/m²), 2차 비선형 회귀 모형식에서 16.80(VA/m²) 정도 발생한 것으로 분석되었다.

따라서 일반전등전열부하로 연결되는 부하 종류로는 전등부하 이외 호텔 건물의 특성상 각종 소형전기 기계기구 부하, 사무자동화기기, 객실관리시스템 관련 기기 등이 연결되는 경우가 있으므로 연결 부하의 특성을 종합적으로 검토하여야 한다.

3.3 일반동력부하의 부하밀도 적용실태

일반동력부하용 변압기용량과 부하설비용량이 제시되어 있는 수용가를 대상으로 분석하였으며, 그림 6은 조사 호텔 건물의 일반동력부하용 부하밀도의 적용 현

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
X : 연면적 (m ²)	35169	3471	12779	10607.22	7160.5	14
Y : 부하밀도(VA/ m ²)	109.83	19.64	62.22	25.91	64.01	



항 목	회귀 모형식	최소제곱평균오차	상관계수
1차 선형	$y = 0.0008x + 50.98$	23.3025	0.3599
2차 비선형	$y = -0.0000x^2 + 0.004421x + 31.1624$	21.9271	

그림 6. 호텔용 건물의 일반동력부하용 부하밀도 적용실태와 회귀모형식

표 3. 호텔용 건물의 부하 종별 수용률 적용 실태와 수용률 기준(안)

부 하 용 도	조사 수용률 평균값	설계 수용률 평균값	평균값	수용률 범위
합성 수용률/부등률	67.23[%]			55~79[%]
일반전등전열부하용 수용률	59.14[%]	60.56[%]	60[%]	49~71[%]
일반동력부하용 수용률	53.17[%]	60.75[%]	55[%]	42~68[%]
냉방동력부하용 수용률	76.90[%]	86.0[%]	85[%]	64~96[%]
일반전등전열 및 일반동력 공용부하용 수용률	48.80[%]	62.14[%]	55[%]	44~66[%]

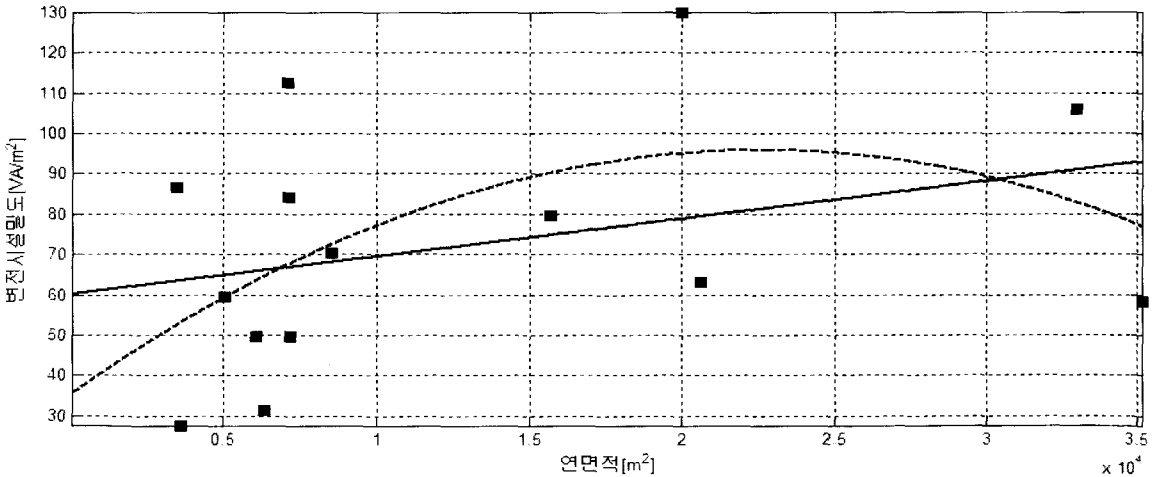
황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포 되어 있는 일반 동력부하용 부하밀도는 19.64~109.83[VA/m²]이고, 평균값은 62.22[VA/m²], 표준 편차 25.91[VA/m²]로 분석되었다.

그림에서 보는 바와 같이 조사된 부하밀도와 연면 적과의 상관관계는 중간보다 낮은 정도를 나타내는

것으로 분석되었다. 그리고 최소제곱 평균오차는 1차 선형 회귀모형식에서 23.3[VA/m²], 2차 비선형 회 귀 모형식에서 21.93[VA/m²] 정도 발생한 것으로 분석되었다.

따라서 일반동력부하로 연결되는 부하 종류로는 일 반 동력부하 이외 호텔건물의 특성상 각종 전열부하,

항 목	최대치	최소치	평균치	표준편차	중앙치	데이터건수
X : 연면적[m ²]	35169	3471	12779	10607.22	7160.5	14
Y : 변전시설밀도[VA/ m ²]	130.1	27.66	72.04	29.91	66.73	



항 목	회귀 모형식	최소제곱평균오차	상관계수
1차 선형	$y = 0.000934 x + 60.114$	27.2038	0.3311
2차 비선형	$y = -0.0000 x^2 + 0.005 x + 35.369$	25.3585	

그림 7. 호텔용 건물의 일반동력부하용 변전시설밀도 적용실태와 회귀모형식

표 4. 일본 호텔용 건물의 부하밀도와 변전시설밀도 적용 실태

부 하 용 도	실태 조사 평균값	최소제공 평균오차	적용 수용률
일반전등전열부하의 부하밀도	64.61[VA/m ²]	21.4[VA/m ²]	97[%]
일반전등전열부하의 변전시설밀도	62.61[VA/m ²]	17.4[VA/m ²]	
일반동력부하의 부하밀도	62.22[VA/m ²]	22.6[VA/m ²]	116[%]
일반동력부하의 변전시설밀도	72.04[VA/m ²]	26.3[VA/m ²]	

승강기, 소방설비, 곤돌라 등이 연결되는 경우가 있으므로 연결 부하의 특성을 종합적으로 검토하여야 한다.

3.4 일반동력부하의 변전시설밀도 적용실태

일반동력부하용 변압기용량과 부하설비용량이 제시되어 있는 수용가를 대상으로 분석하였으며, 그림 7은 조사 호텔 건물의 일반동력부하용 변전시설밀도의 적용 현황을 통계 분석한 자료이며, 전체 분포되어 있는 일반동력부하용 변전시설밀도는 27.66~130.1[VA/m²]이고, 평균값은 72.04[VA/m²], 표준 편차 29.91[VA/m²]로 분석되었다.

그림에서 보는 바와 같이 조사된 변전시설밀도와 연면적과의 상관관계는 중간보다 낮은 정도를 나타내는 것으로 분석되었다. 그리고 최소제공 평균오차는 1차 선형 회귀모형식에서 27.20[VA/m²], 2차 비선형 회귀 모형식에서 25.36[VA/m²] 정도 발생한 것으로 분석되었다.

따라서 일반동력부하로 연결되는 부하 종류로는 일반동력부하 이외 호텔 건물의 특성상 각종 전열부하, 승강기, 소방설비, 곤돌라 등이 연결되는 경우가 있으므로 연결 부하의 특성을 종합적으로 검토하여야 한다.

4. 수용률 기준(안) 결과 고찰

4.1 호텔용 건물의 부하종별 적용 실태 결과 및 기준(안)

표 3은 앞에서 조사 분석한 호텔 건물의 부하 종별 수용률 적용 실태 결과 및 평균값, 그리고 설계 수용

률의 평균값을 토대로 부하 종별 수용률 기준(안)을 종합 정리하여 나타낸 것이다. 최근에는 개인용 컴퓨터, 소형 및 대형 사무자동화기기, 무정전전원장치 등과 같은 고조파 발생원 부하가 상당히 보급되면서 k-factor를 고려한 변압기 시설용량을 산정하는 관계로 수용률/부동률 기준이 낮게 유지되는 경우가 많으므로 고조파발생기기로 인한 변압기 출력감소를 및 장래 부하증가를 등을 고려하여 설계에 반영하는 것이 필요하다.

4.2 일본 호텔용 건물의 부하종별 적용 실태 결과 및 적용 수용률

표 4는 앞에서 조사 분석한 호텔 건물의 부하 종별 부하밀도와 변전시설밀도를 토대로 수용률 적용 실태 결과 및 평균값 기준(안)을 정리하여 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 적용 수용률의 경우, 일반전등전열부하는 97(%), 일반동력부하는 116(%로 분석된다.

여기에서 일반전등전열부하에는 각종 사무자동화기기 및 소형 전기기계기구 실험장치에 대한 부하도 포함한 것으로 사료되며, 일반동력부하에는 소형 및 대형 실험장치 및 냉방동력부하도 포함한 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구에서는 호텔용 건물의 부하설비에 대한 운전 특성을 조사 분석하고 통계 처리하여 기준(안)을

제시함으로써 호텔용 건물의 규모별 또는 부하 용도별로 수용률 기준을 적용하여 적정한 변압기용량을 산정하는데 크게 기여하리라 사료된다. 지면 관계로 다양한 부하 용도별 통계 자료를 제시하지 못하였음을 양지하여 주시기 바라오며, 관련 자료는 한국조명전기설비학회 및 (주)도서출판 기다리를 통하여 판매되고 있음을 알려드립니다.

앞에서 설명한 바와 같이 '수용률 기준'이 변압기 용량 산정에 매우 중요한 역할을 하게 되며, 더욱이 한국전력공사와의 '계약전력' 산정에 적용되고, 전력회사의 '공급 능력'에 까지 영향을 미치기 때문에 국가적인 차원에서 우리나라 실정에 적합한 '수용률 기준'을 정립하는데 계속적으로 노력하여야 한다고 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] 오기봉, 김세동 외, 업무용건물의 전력소비특성을 고려한 수용률 기준 제정연구, 한국조명전기설비학회, 2004.
- [2] 대한전기협회, 내선규정전문위원회, 최신개정판, 내선규정, pp.198~199, 2004.
- [3] 전기공급약관, 한국전력공사, 2004.

◇ 저 자 소 개 ◇



김수길(金秀吉)

1965년 8월 2일생. 1988년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업(학사). 1991년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 2월 서울대학교 대학원 전기공학부 졸업(박사). 1997년~현재 호서대학교 전기정보통신공학부 부교수, 본 학회 사업이사.



김세동(金世東)

1956년 3월 3일생. 1980년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 동대학원 졸업. 2000년 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사). 한국전력공사(1979~1984) 근무. 한국건설기술연구원(1984~1997.2) 수석연구원 역임. 현재 두원공과대학 전기공학과 교수. 전기설비기술사. 본 학회 학술이사, 편수위원. 관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP. 전기설비 최적설계.