

事務所建物の 電力使用實態 및 變電施設 容量의 適正基準

金 世 東

〈韓國建設技術研究院 先任研究員〉

1. 서 론

건축물에는 조명·전기설비, 공기조화·위생설비, 소방설비, 승강기설비, 정보통신설비 등 각종 부대설비가 시설, 운용되며 건축물의 기능향상에 기여하고 있다. 이러한 에너지원의 대부분은 전력회사에서 공급되는 전력에 의존하고 있다. 그러나, 전력공급시설의 예기치 않은 사고 발생으로 전원 공급이 중단될 경우 건축물의 기능 마비를 초래하게 되며, 재해시에 인명의 안전과 재산보전을 확보하는 것이 불가능해진다. 따라서 전기공급시설은 안전하며 신뢰도가 높게, 경제적인 배선을 해서, 전압변동이 적은 양질의 전기를 공급할 수 있는 설비로 구성해야 한다. 여기서 전기의 양이란 부하용량, 기기의 종류, 구조, 형태 등 설비시스템을 구성하고 있는 개체를 말하며, 전기의 질이란 이것들로부터 요구되는 신뢰성, 안전성, 내구성, 보수성, 경제성 등을 말한다.

수변전설비는 부하설비로 소비되는 전력에 대해 항상 공급상 지장이 없게 적정한 설비능력이 있어야 하며, 부하설비群으로 발생 가능성이 있는 최대전력을 예측해서, 수변전설비용량이나 간선의 크기를 정해야 한다. 현재 국내에서는 전기설비

설계시 건물의 용도별, 규모별 정확한 전기부하 계산 및 설비특성분석에 대한 기술자료가 미흡한 실정으로 실제 설계시에는 국내의 여러 문헌에 의존하기도 하지만 주로 일본, 미국등 외국의 기준등을 그대로 적용해오고 있는 실정이다.

이와같이 우리나라 실정과 맞지않는 외국형의 기준등을 설계자의 경험적 판단에 따라 수정 보완없이 적용하게 됨으로써 과다 설계 적용하는 경우 전기설비의 과잉시설이 되어 설비기기의 효율적 유지관리에 지장을 가져올 수 있다는 것이 문제점으로 지적되어 왔다.

따라서, 변전시설용량을 적정하게 설계하기 위해서는 우리나라의 건물특성(용도, 규모, 설비특성)에 적합한 합리적이고 통계적인 수요율 및 변전시설 밀도 적용기준이 요구되며, 보다 정확한 장래 전력수요예측이 요구된다.

본 연구에서는 10층 이상의 사무소건물 121개소를 대상으로 건물특성(규모, 용도, 설비구성) 별 전기설비현황 및 전력사용 실태조사를 조사하고 1980년 이후 최대전력과 전력수요변화를 조사하여 이를 토대로 합리적이고 통계적인 변전시설용량의 적정 설계를 위한 기준을 설정하려 한다.

2. 변압기용량의 산정과 수요율 고찰

2.1 변압기용량의 산정방법

변압기는 전력설비를 구성하는 기기 가운데 가장 중요한 기기로써 적절한 용량산정이 필요하다. 변압기용량은 부하 전체의 특성, 수요율, 부등률, 부하율 등을 가능한 정확히 파악하고 장래의 부하증설, 운전조건 및 급전방식 등의 관련사항을 충분히 검토하여 적절한 용량이 산정되도록 설계해야 한다.

변압기용량을 산출하기 위해서 먼저 실시하는 작업이 부하조사이다. 부하의 분포단위마다 부하종류, 전압, 용량 및 대수를 종합한 부하일람표를 작성하고 이를 토대로 각 부하의 입력치를 계산하여 집계한 다음에 수요율을 곱해서 최대수요전력을 산출한다. 그리고 여기에 장래의 증가분을 감안하여 변압기용량을 산정한다. 그러나, 계획시점에서는 부하가 모두 결정되어 있지 않고 프로세스도 유동적이며 변경되는 수가 많으므로 이러한 부분은 각종 통계자료를 참고로 해서 추정 계산한다.

일반적으로 수변전설비의 변압기 용량은 다음과 같이 산정한다.

- (1) 조명, 전열, 동력, 냉동기부하 등의 부하용량이 산정되면 부하종별 설비용량을 결정한다.
- (2) 부하설비용량으로부터 적정 수요율을 곱하여 최대수요전력을 예측하고 역률, 전압변동률을 고려하고 아울러 장래의 수요 여유를 감안한 후, 각 부하종별 변압기의 용량[kVA]을 결정한다.

$$\text{변압기용량} = \text{부하설비용량} \times \text{수요율} / \text{부등률} \quad [\text{kVA}]$$

2.2 수요율

수요율은 건물내에 시설된 전 부하설비 용량에 대하여 실제로 사용되고 있는 부하의 최대수요전력의 비율을 나타내는 계수로서 아래의 식과 같이 표시하며, 처음 전기설비를 설계할 때에 수변전설비의 용량이나 간선 굵기 등을 결정하는데 필요한 지표이다.

$$\text{수요율} = \frac{\text{최대수요전력}}{\text{총부하설비용량}} \times 100 [\%]$$

건물의 전기설비는 일부만 가동되는 경우가 많으며, 최대용량으로 가동된다고 하더라도 최대 부하시간은 시시각각으로 변화되며 최대 부하는 총부하 설비용량에 비해 적은 것이 일반적이다. 이처럼 수요율은 전력수요 정도를 나타내기 위하여 사용되는 것으로서 건물용도, 부하의 종류, 운전 시간 등에 따라 다르게 나타난다.

3. 실태조사 및 분석

3.1 조사대상과 방법

서울, 부산, 대구, 광주, 인천, 대전의 6개 도시에 산재해 있는 10층 이상의 사무소용 건물을 대상으로 선정하였으며, 1차로 1991년 5월에 450개소를 대상으로 전기설비현황 및 전력사용실태에 대한 설문조사를 실시하였으나 96개소의 건물관리사무소로부터 협조를 받았다. 아울러 2차로 8월에 100개소를 선정, 추가로 설문조사를 실시하여 25개소로부터 협조를 받았다.

따라서, 본 조사에 협조해준 121개소의 건물을 대상으로 실태조사 및 현장조사를 실시하였으며, 본 조사의 정확성과 신뢰성을 높이기 위해 조사원이 직접 방문하여 전기시설현황 및 전력사용 실태조사를 실시하였다. 그리고, 한국 전력 전자계산소에서 보관하고 있는 전력사용 실태자료를 조사하였다.

3.2 변압기시설용량 변경현황

조사 건물 121개소중 준공당시보다 변압기 시설용량이 증가 또는 축소된 건물이 48개소로 나타났다. 이 중에서 변압기 용량을 축소한 건물이 26개소, 변압기용량을 증가한 건물이 22개소로 조사되었다.

그림 1은 건물준공이후 변압기용량을 축소한 26개소 건물의 축소현황을 나타낸 것이며, 축소요인을 살펴보면 부하종별로 변압기를 분리축소한 곳이 3개소, 조명 또는 동력용 변압기를 축소한

곳이 2개소, 터보식냉동기를 흡수식 냉동기로 전환하여 축소하였거나 또는 냉동기의 운전 방법 개선, 냉동기의 대수제어 적용 등으로 인하여 냉동기용 변압기를 축소한 곳이 5개소, 기타 전반적인 과다설계로 변압기를 축소한 곳이 16개소로 조사되었다. 따라서, 전기설비의 합리적인 설계를 위해서는 설계단계시의 부하종류별 정확한 부하계산과 합리적인 변압기 시설의 최적 구성이 요구된다.

그림 2는 건물 준공이후 변압기용량을 증가한 22개소 건물의 증가 현황을 나타낸 것이며, 증가요인을 살펴보면 냉동기 신설등 공조부하가 증가된 곳이 8개소, 건물개조로 변압기용량이 증가한 곳이 2개소로 나타났으며, 이들 10개소의 건물은 대체로 증가율이 높게 나타났다. 그리고, 사무자

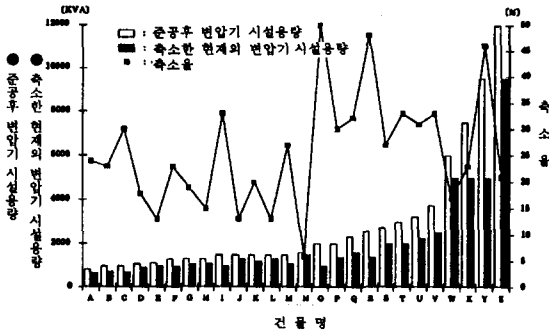


그림 1. 건물별 변압기 시설용량의 축소현황

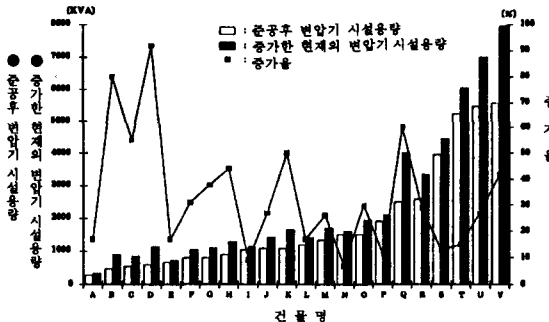


그림 2. 건물별 변압기 시설용량의 증가현황

동화 기기등 전산부하가 증가되어 변압기용량을 증가한 곳이 10개소로 나타났으며, 이들 10개소의 건물에서는 증가율이 대체로 낮은 편이었다. 기타 광고탑시설 등으로 부하가 증가한 곳이 2개소로 조사되었다.

3.3 동·하절기의 최대수요전력 비교분석

본 실태의 분석대상으로는 총 변압기시설용량과 동·하절기간의 월간 최대수요 전력의 3항목에 응답한 건물 96개소를 대상으로 1990년도 동·하절기간중의 월간 최대전력중 최고치를 기준으로 하여 분석하였다. 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 동·하절기의 최대전력의 평균은 58.4[%]로 나타났으며, 대부분의 건물들이 여름철 냉방부하를 현저하게 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다.

표 1. 동·하절기의 최대수요전력 비교

건물 연 면적[m ²] 구분	개소	총변압 기시설 용량 [kVA]	하절기 최대 피크치 [kW]	동절기 최대 피크치 [kW]	동·하 절기의 피크치 비[%]
10,000 이하	14	10,075	5,515	2,939	53.3
10,000~20,000	35	41,900	25,016	13,029	52.1
20,000~30,000	23	44,250	23,722	13,886	58.5
30,000~40,000	9	25,550	15,682	8,286	52.8
40,000~70,000	5	21,925	11,536	6,926	60.0
70,000 이상	10	80,635	49,906	31,613	63.3
계	96	224,335	131,377	76,679	58.4

3.4 연간 최대수요전력의 성장추이 분석

전기설계시 장래의 부하 증가에 대비해서 5~10년 정도 예견하여 설계에 반영하고 있는데, 이에 대한 자료가 현재까지 전무한 실정이다. 그림 3은 샘플건물 28개소의 연간 최대전력의 성장추이를 나타낸 것이며, '85~'90년 사이의 5년간 최대수요전력의 증가율은 평균 14[%] 증가한 것으로 분석되었다. 그리고 '80~'90년 사이의 10년간 최대수요전력의 증가율은 평균 35.3[%] 증가한 것으로 분석되었다.

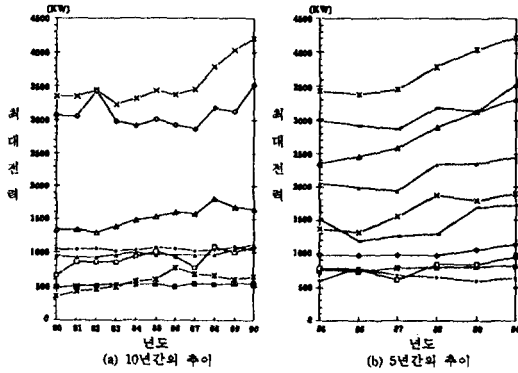


그림 3. 건물별 최대전력 성장추이

3.5 변전시설밀도 적용실태

본 실태 조사에서는 조사건물의 부하종별 부하설비용량에 대한 자료의 정확성이 부족하여 부하밀도를 분석하지 않고 변압기의뱅크별 용량을 기준으로 하여 변전시설밀도를 분석하였다. 표 2와 같이 조사된 121개소 사무소건물의 평균 종합 변전시설밀도는 87.8[VA/m²]로 분석되었으며, 표 3은 부하종별 변전시설밀도를 나타냈다.

표 2. 종합 변전시설밀도(건물연면적 분류)

건물연면적[m ²] 구분	개소	총 변압기 시설 용량 [kVA]	총 건물 연면적 [m ²]	종합 변전 시설 밀도 [VA/m ²]
10,000 이하	22	14,825	170,196	87.1
10,000~20,000	44	55,125	633,972	87.0
20,000~30,000	28	54,150	673,783	80.4
30,000~40,000	10	26,600	355,074	74.9
40,000~70,000	7	35,675	358,012	99.6
70,000 이상	10	91,120	969,923	93.9
계	121	277,495	3,160,960	87.8

- 주: 1) '91년도 기준 현재 시설된 변압기시설용량 [kVA]을 기준
2) 광고탑 등 특수용도의 변압기시설은 제외함

3.6 수요율의 적용실태

본 연구의 수요율 분석은 조사건물의 변압기뱅크별 최대전력에 대한 자료가 없는 관계로 조명

및 동력 부하등의 부하종별 수요율을 분석하지 않고, 건물의 전체 시설부하에 대한 수요율 즉, 종합 수요율을 분석하였다.

표 4는 수요율 및 변압설비 과용량률의 실태 조사 결과를 나타낸 것이며, 조사건물의 평균 수요율이 48.7[%]로 분석되었고, 변압설비의 과용량상태를 나타내는 변압설비 과용량률은 평균 168.7[%]를 나타내고 있어 수변전변압기 용량의 적정화는 매우 시급한 과제라고 할 수 있다.

표 3. 부하종별 변전시설밀도의 적용실태

구분	부하종별 변전시설밀도[VA/m ²]			
	조명용	사무자 동화용	동력용(일반동력 및 냉동기 포함)	냉동 기용
평균 값	23.8	15.0	61.3	31.7
상가 없는 건물	22.3		61.0	31.6
상가면적비가 10[%]이하인 건물	24.6		56.0	31.9
상가면적비가 10[%]이상인 건물	27.0		68.2	31.7
'79년 이전 건물	27.0		60.5	32.8
'80~'86년 사이 건물	23.3		64.1	31.8
'86년 이후 건물	22.5		57.2	30.9

- 주: 1) '91년도 현재의 부하종별 변압기용량을 기준
2) 상가면적비 10[%]는 건물연면적에 대한 상가면적비를 의미함.
3) 건물연면적을 기준
4) 동력용에서 비상동력용 변압기는 제외함

사무소 건물중에서도 상가없는 건물의 수요율이 46.2[%], 상가있는 건물이 50.2[%]로 분석되었으며, 상가있는 건물에서 특히 냉방부하가 높은 것으로 판단된다. 건물의 준공년도를 기준으로 하였을 때에는 '86년 이후에 준공한 건물의 수요율이 45.4[%]로 가장 변압기 여유율이 높았으며, 그 요인으로 건물설비의 자동제어가 가능한 건물자동화시스템의 도입으로 에너지절약을 기하고 있고, 또한 하절기의 냉동기 운전방법을 개선하는

등 최대전력을 억제하고 있는 것으로 분석되었다.

표 4. 수요율 및 변압설비 과용량률의 적용실태

구 분	수요율 적용 실태[%]		변압설비 과용량 률 적용실태[%]
	수요율	변압기여유율	
평 균 값	48.7	51.3	168.7
상가 없는 건물	46.2	53.8	181
상가 있는 건물	50.2	49.8	161
'79년 이전 건물	52.1	47.9	157
'80~'85년 사이 의 건물	49.6	50.4	163
'86년 이후 건물	45.4	54.6	191

주: 1) 최대수요전력은 건물 준공이후 최고치를 기준으로 함.

4. 적정 변전용량 산정기준 설정

4.1 부하증별 변전용량의 적정 산정기준

4.1.1 조명용 변전용량

조명설비 설계는 건물의 용도, 방의 사용면적, 조명방식 등을 고려하여 계획되어야 하며, 가능한 조명설계의 합리화를 위해서는 조명설비전력을 적정화하는 것이 바람직하다.

1) 설정조건

(1) 규정상의 검토

내선규정에서 일반사무실의 표준 부하밀도는 30 [VA/m²]이고, 복도, 계단, 강당등에는 별도로 부하밀도를 계상하도록 규정하고 있다. 그리고, 미국 NEC에서는 3.5[W/ft²] (=37.6[W/m²])로 정하고 있으며 리셉터클 수량이 불분명한 경우에는 1[W/ft²] (=10.74[W/m²])를 추가하도록 규정하고 있다.

(2) 적용실태결과

실태 결과, 건물연면적을 기준으로 할 경우 평균조명용 변전시설밀도는 23.8[VA/m²]이고, 사무실 전용면적(건물연면적의 70[%]적용)을 기준으로 할 경우에는 34[VA/m²]으로 분석되었다.

(3) 조명용 간선의 사용부하 종류

조명용 간선에서 분기되어 사용되는 콘센트부하를 살펴보면 전동용 소형 전기기구와 각종 전열기구가 연결되어 사용되고 있다. 특히 사무자동화 기기의 보급 증대로 기존건물에서 개인용 컴퓨터(PC), 복사기, 팩시밀리 등 각종 OA 기기들이 문어발식으로 연결되어 사용되고 있는 실정이다.

2) 조명용 변전용량의 적정기준

일반적으로 조명부하산정시 향후 건물개조계획 또는 증축 등으로 인한 부하증가되는 별도의 조명부하 수요증가를 고려치 않으며, 아울러, 사무자동화 기기들도 특성상 고신뢰성과 안전성을 요구하기 때문에 별도의 전원구성이 요구됨으로 조명용 부하에서는 고려치 않는 것이 바람직하다.

따라서, 조명용 변전시설밀도는 본 실태결과 및 관련기준 등을 감안, 표 5와 같이 고려하는 것이 바람직하다. 다만, 사무소용 건물에서 강당의 무대조명 설비와 같은 특수 조명시설에 부하밀도를 상정하는 경우에는 예외로 한다.

표 5. 조명용 변전시설밀도의 기준

구 분	상가 없는 건 물	상가 있는 건 물	비 고
조명용 변전 시설밀도	20 [VA/m ²]	20~25 [VA/m ²]	건물연면적 기준

4.1.2 사무자동화용 변전용량

중·대형컴퓨터를 비롯하여 사무자동화 기기들은 그 부하종류가 다양하고 양질의 전원조건이 요구되므로 이들 특성과 사용조건을 충분히 고려하여 설계를 계획하고 변전용량을 산정한다.

1) 설정조건

(1) 규정상의 검토

현재 사무자동화용 부하밀도에 대해서 국내의 관련 규격 또는 기준 등에서 규정되어 있는 데이터는 없는 실정이다.

(2) 적용실태결과

실태 결과, 건물연면적을 기준으로 하였을 경우

평균 사무자동화용 변전시설밀도는 15[VA/m²]이고, 사무실 전용면적(건물면적의 70[%] 적용)을 기준으로 할 경우에는 21.4[VA/m²]으로 분석되었다. 아울러, 컴퓨터와 같은 중요부하에 전원을 공급하기 위하여 건물내에 무정전전원장치(UPS) 또는 자동전압조정장치(AVR)를 시설하고 있는 건물이 조사건물 121개소중 71개소로 나타났으며, 71개소 평균 UPS/AVR 설치용량은 111.7/58.5[kW]로 두 장치를 합하면 170[kW] 정도 설치되었다. 특히, 은행, 증권회사, 투자금융회사, 컴퓨터회사, 엔지니어링회사 등이 입주하고 있는 건물에서는 300[kW]가 넘는 UPS 또는 AVR 장치를 시설하고 있었다.

(3) 관련 문헌상의 부하밀도

최근 관련문헌에서 사무실의 인텔리전트화 정도에 따라 OA기기의 부하밀도를 제시하고 있으며, OA기기용 부하밀도를 20~40[VA/m²] 정도 계산한다고 제시하고 있다(표 6 참조).

표 6. OA 기기의 전원용량⁶⁾

(단위 : OA기기전원용량/면적[VA/m²])

OA화의 보급도	OA화 제1단계		OA화 제2단계		OA화 제3단계	
	유효사 무 실 면 적	건물 면적	유효사 무 실 면 적	건물 면적	유효사 무 실 면 적	건물 면적
분전반 2차 배선 단독간선	37	26	51	36	81	57
복수층간선동	32	22	44	31	70	49
변압기용량	27	19	37	26	58	41

(4) 부하의 특성

사무자동화기기는 복잡하고 정밀한 전자회로로 구성되어 조그만 전압변동이나 정전사고에도 전자회로가 오작동을 일으키거나 파괴될 수 있기 때문에 순간전압강하나 순간정전 등에도 특별한 대책을 요구하고 있다.

따라서, 컴퓨터는 물론 각종 OA 기기들은 전원 전압의 변동이나 순간 정전, 주파수변동, 정전기, 노이즈 현상에 대해서 대단히 민감하기 때문에

이러한 점을 충분히 고려하여 신뢰성과 안전성을 확보하는 전원공급시스템을 구성하여야 하며, 다른 부하설비와 분리된 단독전원의 확보가 요구된다.

2) OA용 변전용량의 적정기준

OA기기용 변전용량을 산정하는 경우에는 건물 입주회사의 성격, 대형컴퓨터의 사용유무, OA기기의 배치 등을 고려하여 부하용량을 산정하여야 한다. 앞으로 정보화시대의 진전으로 각종 OA기기의 사용이 급증할 것으로 전망되기 때문에 본 실태조사결과 및 표 6을 참조하여 최소한 사무자동화용 변전시설밀도는 15[VA/m²] 이상 설계에 반영하는 것이 바람직하다.

4.1.3 동력용 및 냉동기용 변전용량

동력부하설비는 조명부하와는 달리 그 부하종류가 다양하고 용량, 대수, 효율, 역률, 운전방법 등 여러가지 특성과 사용조건에 따라 차이가 많기 때문에 이들 특성과 조건을 충분히 고려하여 동력설비 설계를 계획하고 변전용량을 산정한다.

1) 설정조건

(1) 규정상의 검토

내선규정 제305-1절에 의하면 전동기부하의 산정은 개개의 명판에 표시된 정격전류(전부하전류)를 기준으로 하여 부하용량을 산정하도록 규정하고 있다. 다만, 일반용 전동기일 경우에는 그 정격출력에 따른 규약전류(설계 기준치)를 정격전류로 적용할 수 있다. 엘리베이터, 에어컨디셔너 또는 냉동기 등의 특수한 용도의 전동기부하의 산정에는 해당 전동기 명판에 표시된 정격전류 외에 특성 및 사용방법을 기준으로 하여 산정하도록 규정하고 있다.

(2) 적용실태결과

(가) 동력용(냉동기 포함) 변전시설밀도

실태 결과, 건물면적을 기준으로 할 경우 평균 동력용 변전시설 밀도는 61.3[VA/m²]이고, 사무실 전용면적(건물면적의 70[%] 적용)을 기준으로 할 경우에는 87.6[VA/m²]으로 분석되었다.

(나) 냉동기용 변전시설 밀도

실태결과, 건물면적을 기준으로 할 경우 평균

냉동기용 변전시설 밀도는 $31.7[\text{VA}/\text{m}^2]$ 이고 사무실면적(건물연면적의 70[%] 적용)을 기준으로 할 경우에는 $45.3[\text{VA}/\text{m}^2]$ 으로 분석되었다.

(3) 관련문헌상의 부하밀도

일반적으로 건물의 규모, 용도 및 냉방시스템의 방식(터보식, 왕복동식, 흡수식 등)을 고려해서 유사한 건물의 조사데이터를 토대로 단위면적당의 부하용량, 즉 부하밀도를 추정하고 이에 연면적을 곱해서 설비용량을 산출하고 있으며, 일본전설공업협회의 자료에서는 일반동력과 냉방동력, 냉동기용을 포함하여 $75\sim 78[\text{VA}/\text{m}^2]$ 정도로 제시하고 있고, 냉동기용으로는 $38[\text{VA}/\text{m}^2]$ 정도 제시하고 있다.

(4) 부하특성

빌딩의 동력설비로는 냉동기, 펌프, 팬 등의 공조설비와 승강기설비, 급배수위생설비, 방재설비가 주요한 것이며, 부하특성상 용도별(공조동력, 운반설비동력, 비상동력), 운전기간별(하절기동력, 동절기동력, 상시부하) 등으로 구분한다.

이와같이 동력부하설비는 그 부하종류가 다양하고, 용량, 대수, 역률, 효율, 기동방식 등의 특성과 사용조건을 충분히 고려해야 하고, 승강기용 전동기는 기동, 정지, 감속, 정지를 반복하는 등 부하변동이 심한 특수전동기이므로 전원용량 산정시 충분히 고려해야 한다. 특히 하절기 부하와 비상동력부하는 별도의 전원 변압기에서 공급하도록 계획하는 것이 바람직하다.

2) 동력용 변전용량의 적정기준

동력부하용량을 산정하는 경우에는 각 전동기의 부하조건, 입력조건, 사용전압, 기동방식 등을 가능한 정확히 파악하여 산정하여야 하며, 동력용 변전시설밀도는 본 실태결과 및 관련문헌 등을 감안, 표 7과 같이 설정하는 것이 바람직하다. 다만, 냉동기는 방식에 따라 소요전력이 크게 다르며, 터보식 냉동기(냉매가스를 전기모터로 회전 압축 후 증발시 냉방)에서는 1 냉동톤당 약 $1[\text{kW}]$ 정도의 부하용량과 부속동력용 부하용량을 산정하며, 흡수식 냉동기(배열·증기를 이용한 흡수식 냉방)에서는 가스를 연료로 사용하기 때문에 부속동력용 부하용량만을 산정한다.

표 7. 동력용 변전시설밀도의 기준

구 분	터보식 냉동기 채용시	흡수식 냉동기 채용시	비 고
동력용 변전 시설 밀도	$50\sim 60[\text{VA}/\text{m}^2]$	$25\sim 30[\text{VA}/\text{m}^2]$	• 건물연면적 기준 • 비상동력은 제외함

4.2 수요율 기준

4.2.1 설정조건

1) 부하의 특성

사무소건물의 경우 전부하용량에 대하여 냉방 부하가 차지하는 용량이 대단히 높고, 하절기의 최대전력과 동절기의 최대전력이 매우 큰 차이를 나타내고 있다(표 1 참조). 또한 낮과 밤의 부하변동이 아주 심하다는 것이 빌딩부하의 특성이다. 따라서 부하종류별, 계절별, 사용시간대에 따라 부하특성인 부하율과 수요율의 변화폭이 크다.

2) 수요율의 적용실태 결과

수요율 및 변압설비과용량률의 실태결과, 조사 건물의 평균 수요율이 $48.7[\%]$ 로 분석되었고, 변압설비의 과용량상태를 나타내는 변압설비 과용량률은 평균 $168.7[\%]$ 를 나타냈다. 그리고 표 8과 같이 변압기 여유율이 $51.3[\%]$ 나 되는 것으로 분석되었고, 향후 설비증설 및 전력사용 증가 등을 고려하여 5년 후의 최대전력 증가여유율을 $14[\%]$, 10년후의 최대전력 증가여유율을 $35[\%]$ 로 감안 하더라도 변압기 여유율이 $44.4[\%]$, $34.2[\%]$ 나 되는 것으로 나타났다.

3) 관련 규정 및 연구기관의 수요율 기준 설정안

내선규정에서 규정하고 있는 수요율은 표 9에서 보는 바와 같이 포괄적으로 정해져 있다. 그리고 1986년에 수행한 동력자원연구소의 보고서(KE86-16)에 의하면 부하설비용량률로 수요율 적용값을 설정하였는데, 표 10과 같이 수요율 적용값이 가장 크게 변화하는 $1000[\text{kW}]$ 이하의 사무소용 건물과 $1000[\text{kW}]$ 이상의 사무소용 건물로 구분하여 제시하였다.

표 8. 수요율 및 변압설비 과용량률

구 분	수요율 적용 실태		최대전력의 증가여유율 (14%) 고려시		최대전력의 증가여유율 (35%) 고려시		변압설비 과용량률 적용실태 [%]
	수요율	변압기여유율	수요율	변압기여유율	수요율	변압기여유율	
평균 값	48.7	51.3	55.6	44.4	65.8	34.2	168.7
상가 없는 건물	46.2	53.8	52.6	47.4	62.3	37.7	181
상가 있는 건물	50.2	49.8	57.3	42.7	67.8	32.2	161
'79년 이전 건물	52.1	47.9	59.4	40.6	70.3	29.7	157
'80~'85년 사이 의 건물	49.6	50.4	56.5	43.5	66.9	33.1	163
'86년 이후 건물	45.4	54.6	51.8	48.2	61.3	38.7	191

주 : 1) 최대수요전력은 건물 준공이후 최고치를 기준으로 함.

2) 최대전력 증가여유율 14[%]는 실태결과 5년간의 최대전력증가율이고, 35[%]는 10년간의 최대전력 증가율임(3.4항 참조).

표 9. 내선규정(205-10)의 수요율

건물의 종류	수요율 [%]
주택, 기숙사, 호텔, 여관, 병원	10 kVA 초과 50
사무소, 은행	10 kVA 초과 70

5~10년의 최대전력 증가여유율을 감안, 상가없는 건물에서는 50~60[%], 상가있는 건물에서는 55~65[%]로 적용하는 것이 적합하다고 판단된다.

표 10. 동력자원연구소(KE86-16)의 수요율

부하설비용량	수요율실태	수요율기준안
1000 kW 이하	56.6	65
1000 kW 이상	48.2	55

표 11. 수요율 기준(안)

구 분	수요율 기준		비 고
	최대전력증 가 여유율 14[%] 고려시	최대전력증 가 여유율 35[%] 고려시	
• 상가 없는 건물	50	60	• 10층 이상의 사무소 건물 중 에서 빌딩자동 화 시스템을 설 치하고 냉동기 의 최적운전 제 어가 가능한 건 물을 대상으로 한다.
• 상가 있는 건물	55	65	

4.2.2 수요율의 적정기준

이미 전술한 바와 같이 과용량 변압기가 설치된 근본원인은 최초설치시 수요율 및 여유율을 지나치게 높게 설정되었기 때문인 것으로 판단된다.

일반적으로 수요율에 가장 큰 영향을 주는 요소는 공조방식과 냉동기의 형식, 건물의 용도, 장래 부하증가, 안전을 고려한 여유율 등과 밀접한 관계가 있으며, 동력설비의 경우에는 부하특성, 운전방법 등과 밀접한 관련이 있으므로 설계시 충분한 검토가 요구된다.

실태조사결과 및 관련 기준을 감안, 사무소건물의 설비특성을 고려한 수요율은 표 11과 같이

주 : 최대전력증가여유율 14[%]와 35[%]는 실태결과 5년 및 10년간의 최대전력 증가여유율을 나타냄.

5. 결 론

본 연구에서는 우리나라의 건물 특성에 적합한 합리적이고 통계적인 전기설비용량 산정을 위한 기준 설정을 위하여 121개소의 사무소 건물을 중심으로 전기설비 현황 및 전력사용 실태조사 결과와 국내외 적용기준을 중점적으로 분석하였으며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 건물 준공당시보다 변압기시설용량을 증가(22개소) 또는 축소(26개소)한 건물이 48개소로 조사되었으며, 설계단계에서의 정확한 부하계산이 이루어지지 못하고 있음이 지적된다.

2) 실태결과 수요율 적용값(건물 준공이후 최대전력을 기준)은 48.7[%]로 분석되었으며, 변압기 여유율이 51.3[%]나 높게 나타났다. 이 중에서 1986년 이후에 신축된 건물의 경우 수요율 적용값이 가장 낮게 분포되었는데 그 원인으로는 빌딩자동화 시스템을 도입하고 냉동기의 운전방법을 개선하는 등 전기에너지 사용에 효율화를 도모하고 있는 것으로 판단된다.

3) 변압기 용량의 과용량 상태를 나타내는 변압설비 과용량률(건물준공이후 최대전력을 기준)은 평균 168.7[%]로 조사 분석되었으며, 과용량률이 168.7[%]가 넘는 건물이 58개소나 되었고, 또한 과용량률이 200[%]가 넘는 건물이 23개소로 조사되었다. 이와같이 전기설비설계시 용량이 과다하게 적용돼 전기설비의 과잉 시설투자는 물론 변전손실 증가로 불필요한 전기에너지 낭비, 설비이용률 저하 등의 문제점이 지적되었다.

4) 동절기와 하절기중의 최대전력수요를 비교한 결과 동절기중 최대전력이 하절기중 최대전력의 58.4[%] 정도를 차지하는 것으로 분석되었으며, 대부분의 건물들이 냉방부하용으로 전력을 많이 소비하는 것으로 지적되어 하절기 냉방부하에 대한 적극적인 대책이 강구되어야 한다. 특히 사무소건물에 있어서 공조방식 및 냉동기의 형식 등 설비특성을 고려하여 냉방전력수요를 억제하기 위한 대책방안(예컨대, 터보냉동기를 흡수식냉동기로 교체, 빙축열 냉방기기의 도입, 냉동기 대수

제어 및 냉수공급은도 상향운전, 냉방기기 가동 시간 조정, 자체 전력생산시설의 발전시스템 가동 방법)을 마련하여야 할 것이며, '91년도부터 전기요금의 조정으로 년중 최대사용전력이 1년 내내 기본 요금에 적용되므로 여름철의 냉방수요를 최대한 억제할 경우 기본요금의 절감효과는 물론 수요율을 낮출 수 있어 설비투자비도 크게 줄일 수 있을 것이다.

5) 전기설계시 장래의 부하증가에 대비해서 5~10년 정도 예견하여 설계에 반영하고 있는데, 이에 대한 자료가 현재까지 전무한 실정이었다. 본 실태 결과 '85년 기준 5년간의 최대전력의 평균증가율은 14[%]로 분석되었고, '80년도 기준 10년간의 최대전력의 증가율은 35.3[%]로 분석되었다.

6) 실태결과 종합 평균 변전시설밀도는 87.8[VA/m²], 조명용은 23.8[VA/m²], 동력용은 61.3[VA/m²], 냉동기용은 31.7[VA/m²], 사무자동화용은 15[VA/m²]이 적용된 것으로 분석되었다.

7) 부하종별 변전용량을 산정하는 경우 건물의 규모, 용도, 설비특성을 고려하여 조명용은 20~25[VA/m²], 사무자동화용은 15[VA/m²], 동력용은 터보식 냉동기 채용시 50~60[VA/m²], 흡수식 냉동기 채용시 20~30[VA/m²]으로 설정하는 것이 가장 적합한 것으로 판단된다.

8) 사무소건물의 종합수요율은 5~10년의 최대 전력 증가여유율을 감안, 상가없는 건물에서는 50~60[%], 상가있는 건물에서는 55~65[%]로 설정하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) 김세동, 사무소건물의 전기설비 용량산정에 관한 연구, 전기연 91-FE-112, 1991.
- 2) 지철근 외, 건물의 수요율 및 부등을 기준설정에 관한 연구. 조명전기설비학회지, Vol. 4. No. 1. 1990.
- 3) 대한전기협회, 내선규정, 1991.
- 4) 대한전기협회, 전기년감, 1991.
- 5) 미국 NEC(National Electrical Code)
- 6) 川瀬太郎, 인텔리전트빌딩 配線工事入門, 오음社, 1987.