

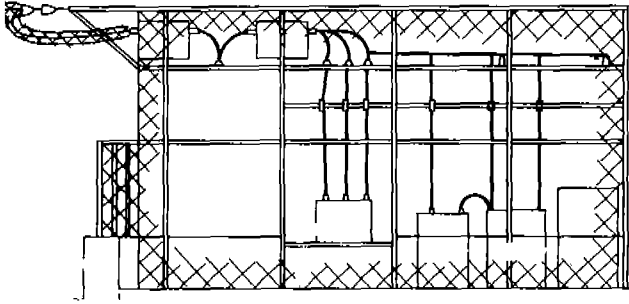
變電施設 容量設計를 위한

基準設定研究

— 사무소용 건물 —

金 世 東

韓國建設技術研究院 先任研究員



(1)

1. 서 론

건축물에는 조명·전기설비, 공기조화·위생설비, 소방설비, 승강기설비, 정보통신설비 등 각종 부대설비가 시설, 운용되며 건축물의 기능향상에 기여하고 있다. 이러한 에너지원의 대부분은 전력회사에서 공급하는 전력에 의존하고 있다.

따라서 전력회사의 전력공급시설에 예기치 않은 사고발생으로 전원공급이 중단되면 건축물의 기능마비를 초래하게 되어, 생산은 정지되고 실내환경 유지도 불가능하며 재해시에 인명의 안전과 재산보전을 확보하는 것이 불가능해진다. 그러므로 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 설비 시스템을 구성하고 있는 개체를 말하며, 전기의 질이란 이것들로부터 요구되는 신뢰성, 안전성, 내구성, 보수성, 경제성 등을 말한다.

그리고 수변전설비는 부하설비로 소비되는 전력에 대해 항상 공급상 지장이 없게 적정한 설비능력이 있어야 하며, 부하설비군(群)으로 발생 가능성이 있는 최대 전력을 예측해서, 수변전 설

비용량이나 간선의 크기를 정해야 한다.

현재 국내에서는 전기설비설계시 건물의 용도별, 규모별 정확한 전기부하 계산 및 설비특성 분석에 대한 기술자료가 미흡한 실정이므로 실제 설계시에는 국내외 여러 문헌에 의존하기도 하지만 주로 일본, 미국 등 외국의 기준 등을 그대로 적용해 오고 있는 실정이다.

그런데 각 자료마다 차이가 있고 설계자에 따라 서로 다르게 적용하여도 그 심사기준의 근거로 삼을만한 기초자료가 없는 관계로 실무 적용시 애로점이 되어 왔으며, 한편으로는 이처럼 우리나라 실정과 맞지 않는 외국형의 기준 등을 설계자의 경험적 판단에 따라 수정 보완없이 적용하게 됨으로써 불필요한 전력손실을 초래하는가 하면, 과다설계 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 부하밀도 적용기준이 요구되며, 보다 정확한 장래 전력수요 예측이 요구된다.

본 연구에서는 국내 10층 이상의 사무소 건물

121개소를 대상으로 건물특성(규모, 용도, 설비 구성)별 전기설비 현황 및 전력사용 실태조사를 통하여 부하종별 변전시설 밀도, 수요율, 과용량을 및 부하율 실태, 변압기용량 증감현황 및 요인 등을 분석하였다. 그리고 샘플 건물에서의 1980년 이후 최대 수요전력과 전력수요 변화률 조사, 건물준공 이후 전력수요 변화추이와 변화 요인을 분석하며, 이를 토대로 합리적이고 통계적인 변전시설용량 산정을 위한 기술기준을 제시함으로써 변전시설용량의 적정화 및 전기 에너지 이용합리화를 도모하고자 한다.

2. 부하용량 산정방법 고찰

전기설비를 합리적으로 고찰, 설계하는 데 있어서 무엇보다도 중요한 일은 부하설비용량을 산정하는 것으로서 그 건물의 용도, 규모, 장래성 및 각종 요구에 대한 충실성에 관해 충분한 검토가 수행되지 않는 한 어떤 산정기준치를 마련한다는 것은 그리 쉬운 일이 아니다.

부하설비용량을 산정하는 방법은 여러 가지가 있겠으나 대체로 대한전기협회 제정의 내선규정 등의 표준부하에 의한 용량산정방법과 과거의 실적이나 유사건물의 데이터를 이용하는 방법, 그리고 실제 부하에 의한 용량산정방법 등이 있다. 현재 이러한 방법들을 명확히 구분해서 이용하는 것은 아니며, 설계자의 경험이나 건축주의 요구에 따라 적당히 수정하여 적용하고 있는 실정이다.

가. 표준부하용량 산정방법

단위면적당 표준부하에 의해 부하를 상징하는 방법으로 과거의 통계학적 개념 및 부하증가 추세에 의한 부하증가 개념을 복합시켜 소요되는 단위면적당 부하용량을 제시하여 주는 기준값으로 국·내외에서도 널리 사용되고 있는 방법이다.

일반적으로 기본 설계 당초에는 부하종류별 부하용량이 불분명하므로 건물의 용도, 규모에 따라 관련기준 등에 제시되어 있는 부하종류별

단위면적당 부하밀도[VA/m²]를 참고로 하여 또는 과거의 실적(유사건물의 데이터)를 토대로 해서 각 부하마다의 소요전력을 추정한다.

국내 관련규정으로는 내선규정이 정하고 있는 단위면적당 부하용량, 즉 표준부하밀도[VA/m²]를 기준하여 부하용량을 산정하는 방법으로서 내선규정 제205절에 사무실, 은행, 상점과 같은 용도의 건물에 있어서 전등 및 소형전등 기계기구의 표준부하밀도는 30[VA/m²]로 규정되어 있고, 미국 National Electrical Code에서는 3.5 W/ft²(=37.6W/m²)으로 규정하고 있다. 동력부하에 대해서는 전등·전열부하처럼 명확히 규정된 것은 없으며, 다만 내선규정 제305-1절에서 개개의 명판에 표시된 정격전류(전부하전류)를 기준으로 하여 부하용량을 산정하도록 규정하고 있다.

따라서, 전등·전열부하의 경우에는 대부분 내선규정이 정하고 있는 표준부하밀도[VA/m²]에 전용면적[m²]을 곱하여 부하용량을 산출하고 있다. 그러나 동력부하는 실설계에 의해 부하설비 종류별로 부하용량을 산정하고 있다.

그러나, 이 표준부하 상정법은 건물의 설비규모 및 특성, 인텔리전트화 정도에 의한 차이를 어떤 기준에 의해 표준화하여 부하용량을 상정해야 하는 문제를 갖고 있다.

나. 과거의 실적을 이용하는 방법

설비계획단계에서는 부하용량을 정확히 산출하기가 어렵기 때문에 일반적으로 건물의 용도, 규모 및 냉난방방식(공기조화방식, 공기조화기 설치위치, 냉방 시스템의 방식 등)을 고려해서 과거의 실적이나 유사한 건물의 조사 데이터를 토대로 단위면적[m²]마다 소요전력이 몇 W, VA가 소요되는지를 산정하고 새로이 요구되는 용량을 가감하여 여기에 건물의 연면적을 곱해서 부하용량을 추정할 수밖에 없다. 이처럼 산출된 부하용량은 확정된 것이 아니고 추정치이므로 설계가 진행됨에 따라 정해진 부하용량을 집계하여 위의 계산값을 수정하여야 할 것이다.

<표 1> 건물의 부하밀도

(단위: VA/m²)

건물의 규모 (m ²)	전등·전열	일반동력	냉방동력	합계	
사무	20,000 이상	32	38	40	110
소용	5,000~20,000	30	32	35	97
건물	5,000 이하	27	30	33	90

*자료: 남상린 외 1, 전기설비의 설계 및 시공, 1985. 동일출판사

현재 각종 문헌상의 데이터나 주요 지표로 사용되는 설계치는 대개 기존건물에 대한 실태조사 결과치이거나 과거의 실적으로부터 얻어진 통계치라고 할 수 있으며, 이것은 건물의 용도, 규모, 부하의 종류, 조사기간, 조사자 등에 따라 상당한 차이를 보이고 있다. 표1은 건물의 규모, 용도, 부하종류별 부하밀도에 대한 일례를 참고로 나타낸 것이다.

다. 실부하에 의한 용량산정방법

부하설비를 명백히 알 수 없을 경우에는 앞에서 언급한 방법으로 부하용량을 추정하지만 건물의 규모, 용도, 설비 시스템의 구성방식 등을 어느 정도 파악할 수 있을 때는 실제로 설비되는 부하의 종류를 정할 수 있고, 각종 전기설비의 기기용량을 가능한 한 정확히 파악한 다음 부하용량을 산정한다. 그리고 장래의 부하 증가에 대비해서 5~10년 정도 예견하여 설계에 반영하는 것이 바람직하다.

3. 변압기용량 산정과 수요율 고찰

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

변압기용량은 일단 결정되어 설치가 완료되면 그 변경이 용이하지 않을 뿐 아니라 건물 변전설비 중에서 변압기의 가격은 시설투자비의 약

20~30% 정도를 차지하게 되므로 변압기용량을 신중하게 검토하여 산출하지 않으면 안된다.

3.1 변압기용량의 산정방법

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 변압기용량은 다음과 같이 산정한다.

(1) 조명, 전열, 동력, 냉동기부하 등의 부하용량이 산정되면 부하종별 설비용량을 결정한다.

(2) 부하설비용량으로부터 적정 수요율을 곱하여 최대수요전력을 예측하고 역률, 전압변동률을 고려하여 장래의 수요 여유를 감안한 후, 각 부하종별 변압기의 용량[kVA]을 결정한다.

변압기용량=부하설비용량×수요율/부동률 [kVA]

이러한 변압기용량 산출방법에 있어서 기본적으로 산출식은 동일하지만 문헌 또는 설계자마다 부하종류, 즉 전등 전열부하인가 전력부하인가에 따라 적용되는 수요율, 부동률, 역률, 효율 따위의 자료들이 조금씩 차이를 보이고 있다. 특히 수요율의 경우에는 어떤 값으로 적용할 것인지에 따라 실제로 변압기용량에서는 상당한 차이가 생길 수 있다.

3.2 수요율의 정의와 적용

가. 수요율의 정의

건물의 전기설비는 일부만 가동되는 경우가

많으며, 최대용량으로 가동된다고 하더라도 최대 부하시간은 시시각각으로 변화되며 최대 부하는 총 부하설비용량에 비해 적은 것이 일반적이다. 이처럼 수요율은 전력수요 정도를 나타내기 위하여 사용되는 것으로서 건물용도, 부하의 종류, 운전기간 등에 따라 다르게 나타난다.

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 간선캡기 등을 결정하는데 필요한 지표이다.

$$\text{수요율} = \frac{\text{최대 수요전력}}{\text{총 부하설비용량}} \times 100[\%]$$

나. 부하설비별 수요율 적용

수요율은 건물용도, 부하종류, 부하용량, 운전기간별 부하기기군의 특성 등 여러 가지 조건에 따라 달라지기 때문에 일률적으로 정해서 적용하기는 용이하지 않다. 따라서 건물이나 부하종별, 부하곡선과 같은 여러 가지 조건에 따라 상당한 차이가 있기 때문에 실제로 계획, 설계할 때는 대상건물 및 부하에 대한 사용조건이나 여러 특성 따위를 충분히 검토하여 그 부하설비에 알맞는 수요율을 적용해야 한다.

더욱이 이것은 변압기용량, 간선캡기를 계산하는데 필요한 지표가 되므로 부하조건에 알맞는 수요율을 적용하는 일은 합리적인 설비계획, 설계를 위하여 매우 중요하다.

여기서는 각 부하설비별로 수요율의 성격을 살펴 보고자 한다.

(1) 조명설비

조명설비, 즉 전등 전열부하의 수요율은 건물용도, 각 실의 사용용도, 사용률 등에 따라 크게 달라진다. 표 2는 내선규정에 규정되어 있는 건물의 종류별 조명부하간선의 수요율을 나타낸 것이며, 표 3은 외국의 전등 및 콘센트 부하의 수요율을 나타낸 것이다.

<표 2> 조명부하간선의 수요율(내선규정 205-10)

건 물 의 종 류	수 요 율(%)
주택, 기숙사, 호텔, 여관, 병원, 사무소, 은행	10kVA 초과 50 10kVA 초과 70

<표 3> 외국의 전등 및 전열부하의 수요율

구 분	미 국 (NEC)	영 국 (전기공사규정)	일 본 내선규정	전설공업 ('85.11)	
	전 등	전 등	전 열	전 등	전 열
사무실	20 kW 미만 100% 20 kW 초과 70%	90%	최대 콘센트 의 100%+기타 콘센트 의 75%	10kVA 미 만 100% 10kVA 초 과 70%	80% 30%
상 점	100%	90%	최대 콘센트 의 100%+기타 콘센트 의 75%	-	90% 40%

표에서 알 수 있는 바와 같이 우리나라의 내선규정에 규정된 수요율은 미국, 영국의 경우보다 포괄적으로 정해져 있음을 알 수 있다.

(2) 공조동력설비

공조설비는 열원방식(터보 냉동기, 흡수식 냉동기, 허트펌프 방식)과 열원반송 시스템(오픈 시스템, 크로스 시스템) 및 패키지 방식 등 공조시스템에 따라 설비용량과 수요율이 다르다. 공조설비의 수요율에 대해서는 부하율과 동시가동률이란 두 가지 측면에서 검토할 수 있는데, 부하율에 의해 검토될 수 있는 기기는 공조기, 즉 송풍기, 급배풍기처럼 운전 패턴이 결정되어 있는 기기이고, 후자의 열원기기는 정유량으로 운전되는 냉온수 펌프류이다.

이와 같은 설비기기는 동시가동률이 공조시간대에는 항상 100[%]에 가까우며, 전동기 정격출력에 대한 부하율을 고려하더라도 수요율이 높아진다.

사무소용 건물에 있어서 동절기에는 보일러

<표 4> 공조동력의 수요율

기 기 명	수 요 율(%)
냉동기	80
패키지 에어컨 팬	100
패키지 에어컨 컴프레서	80
소형 에어컨	85
냉온수, 냉각수 펌프	100
냉각탑	100
냉각수 보급 펌프	10
보일러 및 온수순환 펌프류	0

*자료 : 전설공업, 1985.

및 난방, 급탕 펌프류 등 난방동력설비가 거의 동시에 가동되기 때문에 사용전력이 최대로 되는 경우가 생기게 되며, 하절기의 경우에는 냉동기 및 냉방, 냉각수 펌프류 등 냉방동력설비가 거의 동시에 가동되기 때문에 사용전력이 최대로 되는 경우가 생기게 된다. 대체적으로 냉방기간이 난방기간보다 최대수요전력이 매우 높게 나타나고 있으며 이것은 냉방기간 중에 수요율이 높다는 것을 의미한다. 표 4는 공조동력설비의 수요율을 참고로 나타낸 것이다.

(3) 엘리베이터 동력설비

엘리베이터 동력의 수요율은 여러 대의 엘리베이터군에 전원을 공급하는 간선 및 변압기용량을 산출하는 데 필요한 계수로서 엘리베이터 설비의 경우에는 이것을 부동률로 나타내고 있다. 이 부동률은 엘리베이터의 종류, 설치대수, 교통량, 속도에 따라 달라지는 관계로 동일한 간선이나 변압기에서 규격이 상이한 엘리베이터에 전원을 공급할 때는 적합한 부동률을 적용해야 전압강하에 의한 영향을 줄일 수 있다. 표 5는 엘리베이터의 수요율을 나타낸 것이다.

<표 5> 엘리베이터의 수요율

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

*자료 : 대한주택공사(연구 89-13)

<표 6> 위생동력의 수요율

기 기 명	수 요 율(%)
양수, 배수, 급배수 펌프	30
오수 펌프	30
급탕 보일러, 급탕 펌프	30
정화조	30
정화조 송풍기	100
용수 펌프	0

*자료 : 전설공업, 1985.

(4) 위생동력설비

급배수 펌프, 양수 펌프는 보통 두 대 이상 설치하여 한 대는 예비기기로 사용하는 경우가 많으며, 수중처리장치의 펌프류도 실제로 동시 가동하는 기기는 적다. 그리고 이러한 펌프류는 대개 수조에 설치된 전극봉에 의해 자동적으로 운전되기 때문에 동시 운전하는 것은 강제 스케줄 운전 이외는 거의 없다고 할 수 있다. 따라서 이 동력설비의 수요율에 대하여는 동시가동률이란 관점에서 볼 때 매우 낮아서 30~35[%] 정도에 불과하다. 표 6은 참고로 위생동력설비의 수요율을 나타낸 것이다.

(5) 방재설비

일반적으로 소규모 건물에서는 소화 펌프, 스프링클러 펌프 등의 방재동력용 전원은 다른 일반부하와 동일한 변압기에서 상용전원을 공급하도록 시설하고 있다. 변압기용량을 계산하는 데 있어서 일반부하에 화재가 났을 때에 대비한 운영방법과 소화전 펌프의 운전가능시간을 감안, 변압기의 단시간 과부하정도를 고려하여 적절한 수요율을 결정해야 한다.

반면에 중·대규모 건물에서는 방재설비를 비상동력에 포함시키고 있으며, 소화수 펌프, 스프링클러 펌프와 비상 콘센트 부하 등이 있다. 현재는 이를 각각의 부하별로 수요율을 적용하여 변압기의 용량을 산정하고 있으며, 화재시의 운전상황을 예상하여 부하 중에서 최대용량을 기준으로 비상전원용량을 산정하는 것이 바람직하다.

☞ 다음 호에 계속