

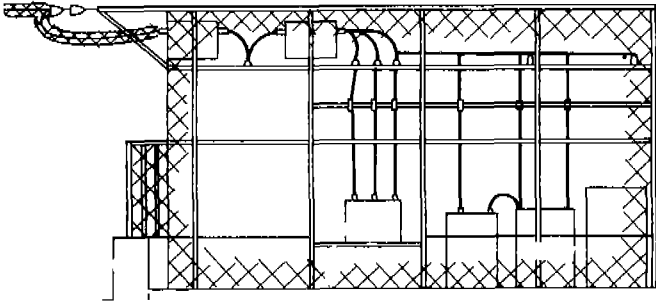
變電施設 容量設計를 위한

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



(3)

5·2 수요율 기준

5·2·1 수요율의 설정조건

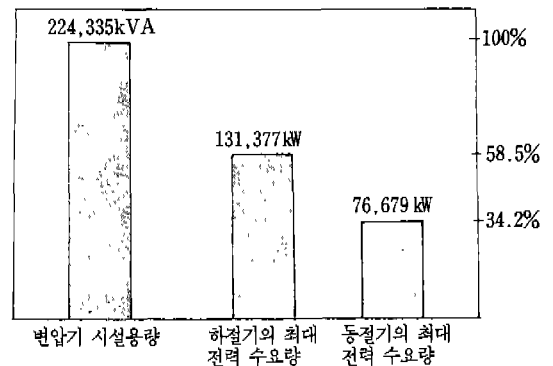
가. 부하의 특성

사무소 건물의 경우 전부하용량에 대하여 냉방부하가 차지하는 용량이 대단히 높고, 이에 따라 하절기의 최대부하와 동절기의 최대부하가 매우 큰 차이를 나타내고 있다. 또한 낮과 밤의 부하변동이 아주 심하다는 것이 빌딩부하의 특성이다. 따라서 부하 종류별, 계절별, 사용시간대에 따라 부하 특성인 부하율과 수요율의 변화폭이 크다.

그림 4는 표 7에서 1990년도 기준 하절기 중의 최대수요전력과 동절기 중의 최대수요전력을 비교하여 나타낸 것이며, 하절기의 최대부하는 변압기 시설용량에 대해 58.5%를 차지하고 있었고, 동절기의 최대부하는 변압기 시설용량에 대해 34.2%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.

그리고 동절기의 최대수요전력은 하절기의 최대수요전력에 대해 58.4%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 하절기의 냉방수요가 차지하는 비율이 약 30% 이상되는 것으로 판단된다.

따라서, 건물의 공조방식 및 냉동기의 형식 등 설비특성을 고려하여 냉방전력수요를 억제하기 위한 대책방안(예컨대, 터보 냉동기를 흡수식 냉동기로 대체, 빙축열 냉방기기의 도입, 냉동기 대수 제어 및 냉수공급온도 상향운전, 냉방기기 자동시간 조정, 자체 전력생산시설의 발전 시스템 가동 방법 등)을 마련하여야 할 것이며, '91년도부터 전기요금의 조정으로 연중 최대사용전력이 1년 내내 기본 요금에 적용되므로 여름철의 냉방 수요를 최대한 억제할 경우 기본요금의 절감효과는 물론 수요율을 낮출 수 있어 설비투자비도 크게 줄일 수 있을 것이다.



<그림 4> 조사건물의 변압기 시설용량과 동·하절기의 최대전력 비교

< 15 > 수요율 및 변압설비 과용량률의 적용실태

구 분	수요율 적용 실태[%]		최대전력의 증가여유율 (14%) 고려시 [%]		최대전력의 증가여유율 (35%) 고려시 [%]		변압설비 과용량률 적용실태 [%]
	수요율	변압기여유율	수요율	변압기여유율	수요율	변압기여유율	
전체건물의 평균값	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~'85년의 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 준공 이후 최고치를 기준으로 함.

2) 최대전력 증가여유율 14%는 실태 결과 5년간의 최대전력 증가율이고, 35%는 10년간의 최대전력 증가율임.

나. 수요율의 적용실태 결과

본 연구의 수요율 분석은 조사건물의 변압기뱅크별 최대수요전력에 대한 자료가 없는 관계로 조명 및 동력 부하 등의 부하종별 수요율을 분석하지 않고, 건물의 전체 시설부하에 대한 수요율 즉, 종합 수요율을 분석하였다.

표15는 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.

사무소 건물중에서는 상가 없는 건물의 수요율이 46.2%, 상가 있는 건물이 50.2%로 분석되었으며, 상가 있는 건물에서 특히 냉방부하가 높은 것으로 판단된다. 건물의 준공연도를 기준으로 하였을 때에는 '86년 이후에 준공한 건물의 수요율이 45.4%로 변압기 여유율이 가장 높았으며, 그 요인으로 건물설비의 자동 제어가 가능한 건물자동화 시스템의 도입으로 에너지 절약을 기하고 있고, 또한 하절기의 냉동기 운전방법을 개선하는 등 최대수요전력을 억제하고 있는 것으로 분석되었다.

표15에서 알 수 있는 바와 같이 평균적으로 변압기 여유율이 51.3%나 되는 것으로 분석되었고, 향후 설비증설 및 전력사용 증가 등을 고려하여 5년후의 최대전력 증가여유율을 14%,

10년후의 최대전력 증가여유율을 35%로 감안하더라도 변압기 여유율이 44.4%, 34.2%나 되는 것으로 나타났다.

이미 전술한 바와 같이 과용량 변압기가 설치된 근본 원인은 최초 설치시 수요율 및 여유율을 지나치게 높게 설정하였기 때문인 것으로 판단된다.

따라서, 각 건물에 적용된 수요율 값 즉, 부하설비용량에 따른 수요율 적용값이 건물용도에 따라 많은 차이가 나는 것으로 나타났다. 이러한 수요율 적용 값은 각 개개 건물의 특성을 고려하지 않은 평균적인 분석에 의한 것이기 때문에 어떤 특수성이 있는 일부 건물의 경우는 예외로 한다.

다. 관련 규정 및 연구기관의 수요율 기준 설정안

본 실태결과에서 산출된 수요율 값을 내선규정 및 관련 연구기관의 기준설정안을 비교하면 다음과 같다.

내선규정에서 규정하고 있는 수요율은 표16에서 보는 바와 같이 포괄적으로 정해져 있다. 그리고 1986년에 수행한 동력자원연구소의 보고서(KE 86-16)에 의하면 부하설비용량별로 수요율 적용값을 설정하였는데, 표17과 같이 수요율 적용값이 가장 크게 변화하는 1000[kW] 이하의 사무소용 건물과 1000[kW] 이상의 사무소용 건물로 구분하여 제시하였다.

<표16> 내선규정(205-10)의 수요율

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

<표17> 동력자원연구소(KE 86-16)의 수요율

부하설비용량	수요율 실태	수요율 기준안
1000 kW 이하	56.6	65
1000 kW 이상	48.2	55

5.2.2 수요율의 적정기준

이미 전술한 바와 같이 과용량 변압기가 설치된 근본 원인은 최초 설치시 수요율 및 여유율을 지나치게 높게 설정하였기 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 부하 특성, 운전방법 등과 밀접한 관련이 있으므로 설계시 충분한 검토가 요구된다.

실태조사결과 및 관련 기준을 감안, 사무소 건물의 설비특성을 고려한 수요율 기준은 표18과 같이 고려하는 것이 바람직하며, 5~10년의 최대전력 수요 증가여유율을 감안, 상가 없는 건물에서는 50~60%, 상가 있는 건물에서는 55~65%로 적용하는 것이 적합하다고 판단되어진다. 다만, 10층 이상의 사무소 건물 중에서 빌딩 자동화 시스템을 설치하고 냉동기의 최적인전 제어가 가능한 건물을 대상으로 한다.

5.3 변압기용량의 적정화시 기대효과

전절에서 제시한 변전용량 산정기준안과 수요율 기준안을 모델 건물(건물 연면적 30,000㎡)에 적용하였을 경우의 변압기시설 투자비와 전력손실량, 전기요금 등에 대하여 분석하면 다음과 같다.

가. 변압기시설 투자비 분석

건물 연면적 30,000㎡인 사무소용 건물(상가 없음)을 대상으로 전기설비용량을 산정한다고 할 때 기존 건물의 조사결과 분석의 평균치를 적용한 경우와 기준설정안을 적용한 경우의 변압기시설 투자비를 비교 분석하면 표19와 같다.

표에서 알 수 있는 바와 같이 전체 변압기용량(표준용량 채택시)을 비교하여 보면 기준 설정안을 적용하였을 경우에 종전보다 400kVA의 변압기 용량을 축소할 수 있을 것으로 나타났다.

그리고, 이것을 변압기(전력용 특고압 몰드형 일 경우)의 자재비로 비교해 보면 전체적으로 7,800,000원 정도가 절감되는 것으로 분석되었다.

나. 전력손실량 분석

변압기의 손실은 동손(부하손)과 철손(무부하손)으로 나눌 수 있으며, 이 철손과 동손이 같을 때 변압기 효율이 가장 좋다. 따라서, 철손을 전 변압기 손실의 1/2로 계산할 수 있다고 보면 연간 손실전력량 W는 다음 식과 같이 산출할 수 있다.

<표18> 수요율 기준(안)

구분	수요율 기준		비고
	최대전력증가 여유율 14% 고려시	최대전력증가 여유율 35% 고려시	
상가 없는 건물	50	60	10층 이상의 사무소 건물 중에서 빌딩 자동화 시스템을 설치하고 냉동기의 최적인전 제어가 가능한 건물을 대상으로 한다.
상가 있는 건물	55	65	

주) 최대전력 증가여유율 14%와 35%는 실태결과 5년 및 10년간의 최대전력 증가여유율을 나타냄.

<표19> 변압기시설용량 및 투자비 비교

(a) 현 실태결과 적용시					
부 하 종 별	건물 연면적[m ²]	변전시설밀도[VA/m ²]	변압기용량[kVA]	표준용량 채택시	자재비(천원)
조 명 용	30,000	23.8	714	750	14,750
O A 용		15.0	450	500	11,470
일반동력용		29.6	888	1,000	21,480
냉 동 기 용		31.7	951	1,000	21,700
계			3,003kVA	3,250kVA	69,400

(b) 기준설정안 적용시					
부 하 종 별	건물 연면적[m ²]	변전시설밀도[VA/m ²]	변압기용량[kVA]	표준용량 채택시	자재비(천원)
조 명 용	30,000	20.8	600	600	13,690
O A 용		15.0	450	500	11,470
일반동력용		25.0	750	750	14,750
냉 동 기 용		30.0	900	1,000	21,700
계			2,700kVA	2,850kVA	61,600

주) 1: 변압기는 전력용 특고압 몰드형을 채택
 2: 냉동기는 22.9/3.3kV 변압기임.
 3: 자재비는 거래가격('91. 12월 p.748)을 적용하였음.

$$W = kVA(1 - \sigma) \times 1/2 \times 365 \times 24 [kWh]$$

여기서 W: 연간 손실전력량
 kVA: 변압기 용량
 σ : 변압기 효율

이 식에 의해서 30,000 m² 인 사무소용 건물의 총 변압기시설 용량에 현 실태결과 적용시와 기준설정안 적용시의 연간 전력손실량을 산출한 결과는 표20과 같다.

표에서 알 수 있는 바와 같이 기준설정안 적용시 연간 약 12.3%의 전력 손실을 절감할 수 있을 것으로 분석되었다.

다. 전기요금 절약

전기요금은 '91. 6. 1부터 기본요금 부과방법이 개선되었으며, 12개월중 최대수요전력에 따라 부과되는 기본요금[원/kW]과 사용전력량에 따라 부과되는 전력량요금[원/kWh]으로 구성되어 있다.

따라서, 업무용전력의 기본요금은 4,045[원/kW]('91.12 현재)이므로 연간 전기요금 P[원]는 다음과 같이 계산한다.

$$P = 4,045 [원/kW] \times \text{최대수요전력} [kW] \times 12 (\text{개월}) \times 1.1 (\text{부가세})$$

이 식에 의해서 30,000 m² 인 사무소용 건물의 총 변압기시설 용량에 현 실태결과 적용시와 기준설정안 적용시의 연간 전기요금(기본요금) 산출결과는 표21과 같다.

표에서 알 수 있는 바와 같이 기준설정안 적용시 연간 약 26,804,000원의 전기요금 절감효과를 기대할 수 있을 것으로 분석되었다.

6. 결 론

우리나라는 경제사회의 발전에 따라 에너지 다소비형의 사회로 변모해 가고 있고, 사무소 건물에 있어서도 빌딩 기능이 점차 다양해짐에 따라 전기소비가 매년 급격히 증가하고 있다.

<표20> 연간 전력손실량 비교

구 분	현실태결과 적용시	기준설정안 적용시	증 감
연간 전력손실량[kWh]	284,700	249,660	-35,040 (-12.3%)

주) 변압기효율(σ)은 98%로 가정하여 산출하였음.

<표21> 연간 전기요금 비교

구 분	변압기시설용량[kVA]	최대수요전력[kW]	기본요금 산출내역(원)
현실태 결과 적용	3250	1927(표15참조)	$1927 \times 4045 \times 12 \times 1.1 = 102,890,000$
기준설정안 적용	2850	1425(표18참조 50% 적용)	$1425 \times 4045 \times 12 \times 1.1 = 76,086,000$
전기요금 절감액			26,804,000

이와 같이 사무소 건물과 같은 전력다소비 건물에서는 전력의 효율적 이용에 의한 에너지 절감은 물론 설계단계에서의 합리적인 전기설비설계가 요청되고 있다.

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

(1) 건물 준공당시보다 변압기 시설용량을 증가(22개소) 또는 축소(26개소) 한 건물이 48개소로 조사되었으며, 변압기시설용량을 축소한 건물중 '80~'85년 사이의 건물이 14개소로 가장 높게 나타났고, 축소 요인으로는 변압기를 분리 축소한 곳이 3개소, 조명 및 동력용 변압기를 축소한 곳이 2개소, 냉동기부하 축소 또는 냉동기 교체(터보식→흡수식)로 변압기를 축소한 곳이 5개소, 기타 과다설계로 축소한 곳이 16개소로 분석되어 설계단계에서의 정확한 부하계산이 이루어지지 못하고 있음이 지적된다.

(2) 실태결과 수요율 적용값(건물 준공 이후 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 원인으로 빌딩자동화 시스템을 도입하고 냉동기의 운전방법을 개선하는 등 전기 에너지 사용에 효율화를 도모하고 있는 것으로 판단된다.

그리고 상가 있는 건물에서 상가 없는 건물보다 수요율이 높게 나타났으며, 하절기의 냉방부하로 전기소비가 많은 것으로 지적된다.

본 조사에서는 변압기뱅크별 최대수요전력

에 대한 자료가 없는 관계로 부하중별 수요율을 분석하지 않고 전체 시설부하에 대한 수요율 즉, 종합수요율을 분석하였다.

(3) 변압기 용량의 과용량 상태를 나타내는 변압설비 과용량률(건물 준공 이후 최대전력을 기준)은 평균 168.7%로 조사 분석되었으며, 과용량률이 168.7%가 넘는 건물이 58개소나 되었고, 또는 과용량률이 200%가 넘는 건물이 23개소로 조사되었다. 1986년 이후에 신축된 건물에서 과용량률이 191%로 가장 높게 나타났고, 상가 없는 건물에서 상가 있는 건물보다 과용량률이 20%나 더 높게 조사되었다.

이와 같이 전기설비 설계시 용량이 과다하게 적용되어 전기설비의 과잉 시설투자는 물론 변전손실 증가로 불필요한 전기 에너지 낭비, 설비이용률 저하 등의 문제점이 지적되었다.

(4) 본 연구에서는 부하설비 용량에 대한 자료의 정확성이 부족하여 부하밀도를 분석하지 않고 변압기시설용량을 기준으로 하여 변전시설 밀도를 분석하였다. 그 결과 종합 평균 변전시설 밀도는 87.8VA/m² 이고, 조명용 변전시설 밀도는 23.8VA/m², 동력용 변전시설 밀도는 61.3VA/m², 냉동기용 변전시설 밀도는 31.7VA/m², 사무자동화용 변전시설 밀도는 15VA/m²로 나타났다.

(5) 동절기와 하절기중의 최대전력수요를 비교한 결과 동절기중 최대전력이 하절기중 최대전력의 58.4% 정도를 차지하는 것으로 분석되었으며, 대부분의 건물들이 냉방부하용으로 전력을 많이 소비하는 것으로 지적되어 이에 따른 하절기 냉방부하에 대한 적극적인 대책이 강구되어야 하겠다.

사무소 건물의 계절별 부하특성을 고려해서

<표22> 부하종류별 변전용량 상정량

구 분	변 전 용 량 상 정 량		비 고
조명용 변전시설밀도	상가 없는 건물	20VA/m ²	건물연면적 기준
	상가 있는 건물	20~25VA/m ²	
사무자동화용 변전시설밀도	건물의 사무자동화 정도를 고려하여 15VA/m ² 이상 반영하는 것이 바람직하다.		건물연면적 기준
동력용(냉동기 포함) 변전시설 밀도	터보식냉동기 채용시	50~60 VA/m ²	건물연면적 기준, 비상동력은 제외
	흡수식냉동기 채용시	25~30 VA/m ²	

<표23> 부하종류별 수요율 기준안

구 분	수 요 율		비 고
	최대전력증가 여유율 14% 고려시	최대전력증가 여유율 35% 고려시	
상가 없는 건물	50	60	10층 이상의 사무소 건물 중에서 빌딩 자동화 시스템을 설치하고 냉동기의 최적운전 제어가 가능한 건물을 대상으로 한다.
상가 있는 건물	55	65	

하절기의 최대전력수요 억제를 위해 냉방기기 가동시간의 조정, 냉방기기 교체(터보식→흡수식), 빙축열 냉방기기의 도입, 냉동기 대수 제어 및 냉방공급온도 상향운전, 자체 전력생산 시설의 발전 시스템 가동 등과 같은 방법을 강구할 경우 최대전력을 현재보다 대폭 줄일 수 있어 전기요금의 절감효과 및 변전용량을 축소할 수 있을 것으로 판단된다.

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

(7) 상기의 실태결과 및 관련기준을 종합분석하여 부하종류별 변전용량 상정량과 수요율 기준안을 표22, 표23과 같이 설정하였다.

(8) 앞에서 제시한 설계단계에서의 변전용량 산정기준안과 수요율 기준안을 샘플 건물(건물연면적 30,000 m²)에 적용하였을 경우의 기대효과를 살펴볼 때, 기존건물의 조사결과분석의 평

균치를 적용한 경우와 비교하면 전체 변압기용량을 400kVA정도 축소할 수 있을 것으로 나타났다. 연간전력손실량은 35,040 kWh 정도 감소시킬 수 있을 것으로 분석되었다. 그리고, 전기요금 부과방법이 '91. 6. 1부터 개선되었는데 최대전력을 현 실태결과 적용시와 기준설정안 적용시의 연간 전기요금을 비교하면 기준설정안 적용시 연간 26,814,000원 정도 절감할 수 있을 것으로 분석되었다.

본 연구는 사무소 건물의 변압기시설용량을 산정하는데 필수적 지표인 수요율과 부하설비가 미확정인 상태에서 변압기시설용량을 산정하는데 필요한 변전시설밀도에 대하여 현재 국내 사무소 건물의 특성에 적합한 기준치를 설정하는데 중점을 두어 진행하였다. 그러나 이러한 연구성과는 일과성이 아니고 조사대상을 확대하여 관련전문가의 참여하에 시행하고 수정보완해 나감으로써 결과적으로 우리 실정에 적합하면서도 신뢰성 높은 설계 기준을 정립할 수 있다고 생각되어지며, 향후 전문전기설비의 설계자료로 활용이 기대된다.

<연재 끝>