

변전설비 용량기준의 합리화 방안 및 대책에 관한 연구

유 현 재*, 하복남, 남궁도, 박상만, 조남훈
한전 전력연구원

A Study on the Reasonable Design Standard and Countermeasures of the Demand Factor

H.J. Yoo*, B.N. Ha, K.D. Nam, S.M. Pak, N.H. Cho
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - In this paper, we proposed the reasonable design standard and countermeasures of Demand Factor for large office buildings, that was made by the statistical way considering actual conditions, such as investigated electric equipment capacity, electric power consumption, etc.

So as to save electric equipment investment, the decrease of power loss, the improvement of facilities utilization and the decrease of electric rates, we can be contributed by the application of the design standard.

The result of saving effect is showed to confirm the practical use of the proposed Demand Factor, and also, it is believed that this proposed Demand Factor will be useful in electric equipment operation and planning.

1. 서 론

도시의 발달등이 고층화, 대형화 다기능화 됨에 따라 변전설비 및 배전선로가 과다하게 시설되어 복잡할 뿐만 아니라 막대한 시설무자가 소요되어 변전손실증가의 원인이 되고 있다.

이러한 현상은 우리나라의 전력사용 실정 및 부하특성에 맞는 합리적인 수용율(Demand Factor)기준이 없는 것이 주원인이며 때로는 설계비와 공사비에 관련시켜서 높게 기준을 적용하는 경우도 있다.⁽¹⁾⁽²⁾

변전설비에 높은 수용율의 적용은 이들의 용량이 과대하게 시설되어 막대한 설비무자가 요구되며 변압기의 무부하손실증가에 의한 전력손실을 초래하게 되며 반면, 낮은 수용율의 적용은 이들 설비에 과부하가 걸리게 되어 손실될 염려가 있다. 그러므로 합리적인 변전설비 설계기준의 설정 및 대책이 시급히 요구된다.

이에따라 본 연구에서는 전력을 다량소비하는 대형건축물을 사무실, 아파트, 학교, 병원, 호텔로 구분하여 변전설비현황 및 전력사용실태⁽³⁾에 대해 조사함으로써 이 자료를 기본으로하여 다각적으로 분석하여 변전설비용량 기준 및 대책을 제시하였다.

2. 수전용변압기의 손실과 기본이론

건물에 설치된 수전변압기가 정격효율로 운전될 경우 변전손실을 표시해보면 다음과 같다.⁽³⁾

전부하시 총손실 P_t [KW]는

$$P_t = Q(1-\eta/100) \quad (1)$$

단, $P_t = P_1 + P_c$ (철손+동손)

철손 P_1 [KW]는

$$P_1 = \frac{P_t}{1+\alpha} = \frac{Q(1-\eta/100)}{1+\alpha} \quad (2)$$

전부하동손 P_c [KW]는

$$P_c = P_1 \cdot \alpha = \frac{\alpha \cdot Q(1-\eta/100)}{1+\alpha} \quad (3)$$

가 된다. 단, Q =수전변압기 용량[KVA]

η =정격효율[%]

α =손실비(L.R., Loss Ratio) (P_c/P_1)

이때 설비용율 x 는

$$x = \frac{W}{Q} \quad (4)$$

단, W =평균부하[KW]

따라서 설비용율 x 에서의 변압기손실 P_x [KW]는

$$P_x = P_1 + x^2 \cdot P_c = \frac{Q(1-\eta/100)}{(1+\alpha)} + \frac{\alpha(1-\eta/100)}{(1+\alpha)} \times \frac{W^2}{Q} \quad (5)$$

이때 전부하효율은 변압기 상수이므로

$$K = \frac{(1-\eta/100)}{(1+\alpha)} \quad (6)$$

라 하면

$$P_x = KQ + K\alpha \frac{W^2}{Q} = K(Q + \alpha \frac{W^2}{Q}) \quad (7)$$

이 된다. 위 식에서 보는바와 같이 평균부하량이 일정하다고 보면 변압기의 철손은 변압기 용량이 증가할수록 커지고, 동손비는 변압기용량이 증가할수록 감소되는 것을 알 수 있다.

이때 변압기의 전부하효율을 97.5[%] (용량15[KVA], 정격전압 3.3[KV]의 경우), 손실비를 1.5, 평균부하를 100[KW]라 할 경우 식(6)에 의해서

$$K = \frac{(1-0.975)}{2.5} = \frac{1}{100}$$

이 되므로 식(7)에 의해서

$$P_x = \frac{1}{100}(Q + 1.5 \frac{10,000}{Q}) = \frac{Q}{100} + \frac{150}{Q}$$

이다. 이때 손실 P_x [KW]를 최소로 하는 변압기용량 Q [KVA]는

$$\frac{dP_x}{dQ} = \frac{1}{100} - \frac{150}{Q^2} = 0$$

∴ Q = 122.5[KVA]

위의해에서 변압기용량이 122.5[KVA]일 경우 손실이 최소가 됨을 알 수 있다.

3. 수변전설비현황 및 전력사용 실태조사

3.1 실태조사 대상 및 내용

대형건축물의 합리적인 수용용기준 설정을 위한 용도별 수변전설비현황 및 전력사용실태를 조사⁽²⁾⁽⁴⁾하였으며 조사내용은 다음과 같다.

- 1) 건축물용도
- 2) 조사개소
- 3) 건평
- 4) 부하설비용량
- 5) 변전설비용량
- 6) 최대부하전력
- 7) 연간소비전력량
- 8) 평균소비전력

여기에 사용된 건축물규모는 사무실, 학교, 병원, 호텔의 경우는 총건평을 기준으로 하고 아파트의 경우 평형별 세대수를 적용했다. 부하설비용량 및 변전설비용량, 최대부하전력은 현재 시설된 변전설비수용용 및 최대부하를 기준으로한 수용용의 비교분석 및 과용량상태를 분석하기 위해 선정하였으며, 연간 소비전력량은 변전설비의 부하율, 설비이용율, 변전효율 등을 분석하기 위해 선정하였다. 조사대상 지역은 6대도시 및 수도권지역 등 전국에 걸쳐서 선정하였으며 조사방법은 조명·전기설비학회지('89년 3월, '90년 3월, '91년 9월)등의 자료를 참조하였다.⁽²⁾⁽⁵⁾

3.2 전기설비 및 전력사용 실태

각 조사대상 건축물의 용도별 평균 전기설비 및 전력사용실태를 조사하여 표 1에 나타내었다.

표 1 건축물용도별 평균전기시설 및 전력사용 현황

건축물용도	조사개소	건평 [평]	부하설비용량 [KW]	변전설비용량 [KVA]	최대부하전력 [KW]	연간소비전력 [MWH]	평균소비전력 [KW]
사무실	73	8,082	2,836	2,206	1,235	2,634	300.72
아파트	24	8,084	2,982	1,603	865	3,011	343.72
대학교	34	31,169	3,405	1,868	1,021	2,912	332.45
병원	31	11,541	2,453	2,014	1,098	2,706	308.95
호텔	41	4,750	1,966	1,535	991	2,988	341.11
평균	203	12,728	2,728	1,845	1,042	2,850	325.39

4. 실태조사결과 및 분석

4.1 전력사용 실태

표 1과 같이 조사된 203개 건축물의 전력설비현황에 대한 조사내용을 기초로 표 2와 같이 비교해 보았다. 그림 1은 건축물 용도에 따른 설비이용율, 부하율을 보인 것이다.

표 2 평당 설비현황과 전력사용량 비교

건축물용도	변전설비용량 [VA]	부하설비 [W]	평균소비전력 [W]	최대부하 [W]
사무실	273.0	350.9	37.1	152.8
아파트	198.3	368.9	42.4	107.0
대학교	59.9	109.2	10.6	32.8
병원	174.5	212.5	26.7	95.0
호텔	323.2	413.9	71.8	208.6

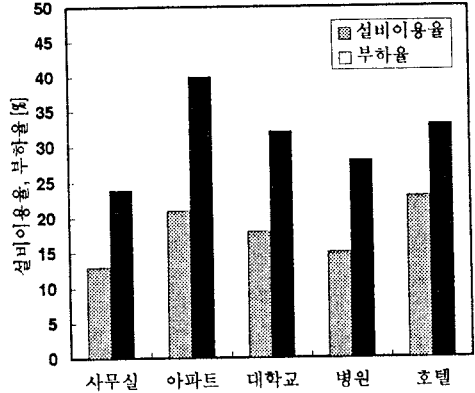


그림 1. 설비이용율과 부하율의 비교

4.2 수용용 실태

각 조사대상 건축물별로 조사된 전기설비용량과 최대부하에 의해 구한 수용용의 평균치 및 평균편차를 표 3에 나타내었다.

표 3에 나타난 바와같이 적정 수용용 기준은 각 건축물을 용도별로 구분하여 설정하는 것이 합리적이라고 할 수 있다.

표 3 건축물의 용도별 수용용 현황

건축물용도	조사개소	수용용 [%]
사무실	73	43.5 ± 15.5
아파트	24	29.0 ± 12.7
대학교	34	30.0 ± 18.3
병원	31	44.8 ± 19.7
호텔	41	50.4 ± 17.4

4.3 과용량 실태

각종 대형건축물의 변전설비 과용량실태를 분석하기 위해 다음과 같은 용어를 정의하여 백분율로 표시하였다.

$$\text{설비이용율} = \frac{\text{평균부하전력}}{\text{변압기설비용량}} \times 100[\%]$$

$$\text{과용량을} = \frac{\text{변압기설비용량}}{\text{최대부하전력}} \times 100[\%]$$

$$\text{설비수용율} = \frac{\text{변압기설비용량}}{\text{총부하설비용량}} \times 100[\%]$$

$$\text{최대부하수용율} = \frac{\text{최대부하전력}}{\text{총부하설비용량}} \times 100[\%]$$

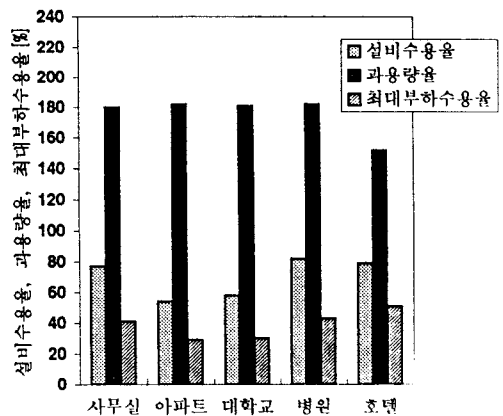


그림 2. 과용량율, 설비 및 최대부하수용율 비교

그림 2는 건축물용도별 과용량율, 설비수요율, 최대부하수용율에 대한 평균값을 나타낸 것이다.

5. 수용율기준안 설정

표 3에 의해 건축물의 분류된 범위내의 최대부하수용율에 건축물종류별 편차(10~20[%]), 장래부하증가와 안전여유율(10[%])을 고려하여 20~20[%] 정도 여유를 주어 표 4와 같은 기준안⁽¹⁾⁽²⁾을 제시하였다.

표 4 수용율기준안

건축물용도	최대부하기준수용율[%]	여유율[%]	기준율[%]
사무실	59.0 (43.5±15.5)	14.9	50
아파트	41.7 (29.0±12.7)	20.7	35
대학교	48.3 (30.0±18.3)	33.3	40
병원	64.5 (44.8±19.7)	22.8	55
호텔	67.8 (50.5±17.4)	19.0	60

위와 같은 적정 수용율의 기준설정에 필요한 것은 현재의 각 건축물용도별 총부하설비용량에 대한 최대부하의 비인 현재의 수용율과 장래 전력수요 및 수용율 등을 예측하는 것이다. 장래 전력수요 및 수용율증가 예측은 과거의 전력수요 및 수용율 증가를 고려하여 이루어진다.

표 4에서 최대부하기준 수용율을 산정하는데 필요한 표준편차 σ 는 다음과 같이 표시된다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (8)$$

단, n : 표본수
 X_i : 표본치
 \bar{X} : 평균치

6. 변전손실 절감효과

본 연구에서 표시한 기준안의 타당성을 입증하기 위해서 역률 0.8, 설비이용율 x 에서의 변전효율 η_x ⁽³⁾⁽¹⁰⁾를 구해보면

$$\begin{aligned} \eta_x &= \frac{\text{평균부하전력}}{\text{출력+철손+전부하동손}} \times 100[\%] \\ &= \frac{x \cdot Q \cdot \cos\theta_2}{x \cdot Q \cdot \cos\theta_2 + P_1 + (x^2 \cdot P_c)} \times 100[\%] \\ &= \frac{Q \cdot \cos\theta_2}{Q \cdot \cos\theta_2 + P_1/x + x \cdot P_c} \times 100[\%] \end{aligned} \quad (9)$$

와 같이 표시할 수 있다.

식(9)에서 보는 바와 같이 효율은 설비이용율 x 에 의해서 좌우됨을 알 수 있다. 따라서 현재의 설비이용율과 기준안 적용시의 설비이용율에서의 효율을 비교하여 변전손실절감율을 구할 수 있다.

표 5는 현실태 및 기준안 적용시 설비이용율을 비교한 것이며 표 6은 각각의 변전효율과 손실절감율을 구한 것이다.

표 5 현실태 및 기준안적용시 설비이용율 비교

건축물용도	현 실 태			기준안 적용시	
	과용량율 [%]	부하율 [%]	설비이용율 [%]	과용량율 [%]	설비이용율 [%]
사무실	178.7	24.3	13.6	155.5	15.6
아파트	185.3	39.6	21.4	153.5	25.8
대학교	182.6	32.3	17.7	137.0	23.6
병원	183.7	28.1	15.3	149.6	18.8
호텔	154.9	34.4	22.2	130.1	26.4

표 6 변전효율 및 손실절감율

건축물용도	현실태 변전효율[%]	기준안적용시 변전효율[%]	변전손실 절감율[%]
사무실	94.82	95.42	19.5
아파트	96.62	97.12	14.5
대학교	95.31	97.03	51.5
병원	95.58	96.35	17.4
호텔	96.02	97.18	28.6

7. 결 론

본 연구에서 고찰한 바와 같이 국내 대형 건축물은 일반적으로 매우높은 과용량 상태임을 알 수 있다. 현재 내선규정 205-10조(간선의 전선규격)⁽⁸⁾에 규정되어 있는 수용율기준이 적용상 비합리적이라 생각되므로 그 대책방안으로서 건축물 종류별 및 부하특성별로 세분하여 적용하는 것이 타당하리라 생각되며 계절별로 구분 적용하는 것도 고려해 볼직하다. 그러므로 본 논문에서 제시한 수용율안을 적용할 경우 변전설비 및 투자비절감, 변전손실감소, 전기요금감소, 변전설비이용율의 개선책 적용효과가 매우 크므로 수용율 설정안을 적극적으로 활용하고 홍보하여 변전손실을 감소(25[%]정도)하도록 하고, 에너지 절감 및 경제적 이익에 대한 인식을 갖도록 해야겠다.

참 고 문 헌

- 1) 송연빈, "합리적인 건축자동화시스템의 설계요점", 조명·전기설비학회지, Vol.3, No.1, pp.11~22, 1989.
- 2) 정지열의 3명, "아파트 동력부하의 전력수요실태", 조명·전기설비학회지, Vol.3, No.3, pp.25~32, 1989.
- 3) 전승구의 3명, "전기기계(II)", 대한출판사, pp.94~99, 1972.
- 4) 김재규의 3명, "공동주택 단지내의 판매시설에 대한 전력수요실태", 조명·전기설비학회지, Vol.5, No.3, pp.33~40, 1992.
- 5) 장병철의 3명, "중층아파트의 가전기기보유 및 사용형태에 관한 조사연구", 조명·전기설비학회지, Vol.6, No.1, pp.15~24, 1992.
- 6) 박영문, "새로운 에너지 관리전략으로서의 전력부하관리(상)", 대한전기학회지기술해석
- 7) 원중수, "최신전기설비(상, 하)", 교문사, 1980.
- 8) 대한전기협회, "내선규정", 1984.
- 9) 대한전기학회(준계학술발표회), "전원개발계획의 방법론", pp.5~21, 1988.4