

우편집중국 수변전 설비 수용률 산정을 위한 새로운 부하 계산법 개발

Development of a Novel Load Capacity Estimation Method for Demand Factor Calculation of a Mail Center

윤 순 만* 정 종 찬** 김 광 호***
Yoon, Soon-Mann Jeong, Jong-Chan Kim, Kwang-Ho

Abstract

Recently, There have been many attempts to optimize energy usage in buildings and houses using Information Technology(IT) and the typical implementation can be found in Intelligent Building and Zero Energy Building. These kinds of buildings need to forecast the building loads, estimate the capacity requirement for power supply, and decide the capacity of the main transformer of the building. Currently, the capacity of the main transformer has been decided just using typical load estimation method not considering the load characteristics and patterns. In this paper, we propose a new load estimation method considering the load characteristics and patterns of the building. The proposed method was applied to actual mail center and verified the feasibility of application to actual design of buildings.

키워드 : 부하율, 부하관리, 전력에너지 시스템

Keywords : load factor, load management, electrical power system

1. 서론

특고압 수용가의 수변전 설비를 계획하고 설계하는 과정에서 대단히 중요한 절차 중의 하나가 해당 수용가의 부하 용량에 적합한 변압기의 용량을 산정하는 것이다[1]. 변압기 용량을 수용가의 전체 설비용량과 비슷하게 산정한다면, 수변전 설비 투자비는 이에 따라 증가하게 되며, 경부하 운전시에는 변압기의 손실이 과도하게 늘어나는 결과를 초래하게 된다. 따라서 초기 시설투자나 이후 설비 운전시의 경제성을 고려할 때, 적절한 변압기 용량 산정은 필수적이며, 반드시 수용가별 부하특성을 고려한 수용률 계산이 이루어져야 한다[2].

본 연구에서 제안된 방법을 적용하게 될 우편집중국의 경우, 현재 전국적으로 22개 우편집중국 및 물류센터가 가동 중에 있으며 많은 전력을 소비하는 수용가임에도 불구하고, 부하특성에 맞는 수변전 설비용량 산정 기준이 제시되어 있지 않고 있는 실정이다[3]. 지금까지는 우편물 분류를 위한 동력부하 및 우편기계 등 우편집중국의 부하 특성을 감안하지 않고, 일반 전기설비 수용률을 적용하고 있어서 우편집중국 수변전 설비 용량이 과다 설계되어 운영되고 있는 문제점이 나타나고 있다. 앞서서도 언급하였듯이 과다한 수변전 설비 용량 선정은 국가 재정을 바탕으로 설치 운영되고 있는 우편 집중국의 초기 설비 투자비 증대뿐 아니라, 운영과정에 있어서, 수변전설비의 유지, 보수비용의 증가로 인해 이용 효율성이 저해되고, 전력 손실에 의한 에너지 소비도 증대되고 있다.

한 예로 원주 우편집중국의 부하는 크게 우편기계 및 동력설비와 나누어진다. 동력설비부하가 전

* 강원체신청 원주 우편집중국

** 강원대학교 전기전자공학부 박사과정

*** 강원대학교 전기전자공학부 교수, 교신저자

체부하의 31.25%를 차지하고 있으며, 냉·난방 설비 등은 일반 동력의 46.88%를 차지하고 있다. 1999년 광역시 및 도단위까지 집중국이 설치되면서 우편집중국 신설단계에서 수변전 설비에 수용률 산정 필요한 부하 자료가 전무한 상태였으므로, 우편집중국의 동력부하 및 작업 특수성을 감안하지 못한 상태에서 대부분의 우편집중국 수변전 설비 용량이 과다하게 설계되어 적용되었다. 따라서 본 논문에서는 강원도내의 2개 우편집중국과 전국 16개 집중국의 우편기계 및 동력설비의 부하 특수성을 파악하고, 우편집중국 이후 2007년 3월까지의 부하 자료를 분석한 후 새로운 부하법을 제시하여 우편집중국 특성에 맞는 변압기 용량을 선정하고자 한다.

본 논문에서 우편집중국의 수변전 설비 설계 시 매우 중요한 수용률을 분석하여 예비부하를 계산정하고 우편집중국의 적정한 수변전 설비 용량을 제시하고자 한다. 특별히 본 연구진은 공동저자가 근무하고 있는 강원체신청 원주우편집중국의 상황을 상세히 파악하여 이를 개선하고자 본 연구의 대상으로 원주우편집중국을 대상으로 제안한 방법을 적용하였다. 이는 향후 신설 되는 각 지역의 집중국 및 물류센터의 수전설비 계획 시 참고자료로 활용할 수 있을 것이며, 제시된 새로운 부하법을 우편집중국 수변전 설비 설계에 적용함으로써 초기 투자예산을 절감하고, 설비의 효율적인 이용 및 에너지 절약에 도움이 될 것으로 기대한다.

다음은 전국에 설치되어 현재 운영하고 있는 집중국의 변압기 용량 현황이다.

표 1. 전국우편집중국 수전용량 현황

순번	집중국명	수전용량(kw)	순번	집중국명	수전용량(kw)
1	강릉	1,000	10	순천	1,350
2	고양	1,900	11	안동	900
3	광주	1,950	12	원주	1,600
4	대구	3,100	13	의정부	3,250
5	부산	3,100	14	제주	1,200
6	부천	3,200	15	진주	900
7	서울	2,600	16	창원	1,900
8	성남	1,900	17	청주	1,450
9	수원	1,500	18	전주	1,450
합 계					34,250

2. 일반적인 수변전 설비 설계 기준

수변전 설비 설계시 부하량을 선정하여, 변압기 용량을 결정하는 중요한 요소로는 수용률이 있다.

수용률이란 최대수용전력과 부하설비의 정격용량의 합계와의 비를 말하며, 수용가의 수변전설비의 용량결정 즉 변압기 용량 및 한전의 배전설비 등을 설계, 건설하는데 있어서 최적의 정격용량을 선정하기 위한 매우 중요한 요소이다.

$$\text{수용률}[\%] = \frac{\text{최대수용전력}[kW]}{\text{총설비용량}[kW]} \times 100[\%]$$

수용가의 최대 수용전력은 전등/전열, 동력, 우편기계 등 전기부하의 합계의 총 설비용량[kW]보다 적다.

우편집중국의 경우, 일반적인 수용률의 기준은 냉난방 면적, 우편기계의 처리 시간대, 우편 작업과 관련된 기기 및 전등/전열의 운영에 따라 조건이 달라지기 때문에 일률적으로 적용하지는 않으나, 적절한 수용률 기준을 정립하는 것은 합리적인 수변전설비의 설계는 물론이고, 설비의 운영, 유지, 보수 및 에너지절약 측면 등에서도 매우 중요한 선결조건이라 할 수 있다. 더욱이 이것이 변압기 용량, 계약전력, 요금적용전력 등과 관련된 매우 중요한 지표로 평가되며, 부하조건에 알맞은 수용률을 적용하는 일은 합리적인 설비계획 설계를 위하여 매우 중요한 작업이라고 할 수 있다.

부하량에 따른 수전설비 용량은 단지 수요전력(kW)값뿐 아니라, 수전점(책임한계선)에서의 역률에 따라 전력요금에도 영향을 미치기 때문에 이 총합역률을 어느 정도로 정하는가가 용량 결정의 기본이 된다. 이상적으로는 총합 역률 100%가 바람직하나, 이를 위해서는 역률개선 설비가 증대하게 되므로 보통 총합역률은 90~95%를 표준으로 하는 것이 일반적이다. 수전설비 용량 결정이나 배전선, 실내 배선을 실시할 경우, 설치되어 있는 총 부하용량으로 설계 하면 과다한 시설 공사를 하게 되므로 수용률을 적용하여 설비용량으로부터 적절한 변압기 용량을 결정한다. 수용률 적용기준은 건물종별, 부하종별 등에 따라 종전의 설계 경험이나 지식 또는 각종 데이터 등을 참고해서 적용하는 것이 바람직하다.

수변전 설비 설계시, 변압기 용량은 동시에 사용되는 각종 전기부하(kW)를 합계하여 이를 피상전력으로 환산한 것이다. 피상전력(kVA)은 부하전력(kW)을 부하역률로 나누어서 계산하게 된다. 일반적으로 부하의 총 역률은 콘텐서 설치 포함 90% 정도이므로 부하(kW)의 합계를 0.9로 나누고 이 값에다 10~20%의 여유를 보아 변압기 용량(kVA)을 정한다.

3. 표준부하법에 의한 우편집중국 산정부하

표준 부하법은 일반적인 부하산정에 사용되는

방법으로 단위 면적당 표준부하에 의한 것이며, 기본설계 시 건축물 용도나 건축물의 등급에 따라 부하산정 기준이 다르게 적용되어지고, 부하 종류별 부하밀도(VA/m²)를 기준으로 유사건축물을 분류하여 수용가 전체의 부하를 추정한다.

우편집중국의 경우, 전기설비 설계기준에 의해 설비 부하용량 산정은 건축물의 종류 및 부분에 해당하는 표준부하[VA/m²]에 바닥면적을 곱한 값에 합계와 별도로 가산된 부하량을 합계하여 산정한다.

표준 부하법에 의한 부하용량을 구하는 식을 표시하면 다음과 같다.

$$\text{설비부하용량} = PA + QB + C$$

여기서,

P : 표 2의 건축물의 종류별 바닥면적[m²]
(Q부분을 제외)

Q : 표 3의 건축물중 별도로계산할 부분의 바닥면적[m²]

A : P에 해당하는 표준부하[VA/m²]

B : Q에 표준부하[VA/m²]

C : 가산하여야 할 VA 수

표 2 건축물의 종류에 대응한 표준부하

건축물의 종류	표준부하 [VA/m ²]
공장, 공회당, 사원, 교회, 극장, 영화관, 연회장 등	10
기숙사, 여관, 호텔, 병원, 학교, 음식점, 대중목욕탕	20
주택, 아파트, 사무실, 은행, 상점, 이발소, 미용원	30

표 3 건축물(주택, 아파트를 제외)중 별도로계산이 필요한 표준부하

건축물의 부분	표준부하 [VA/m ²]
복도, 계단, 세면장, 창고	5
강당, 관람석	10

표준부하에 따라 산출한 수치에 가산하여야 할 전력(VA)은 주택, 아파트(1세대 미만)에 대하여는 500~1,000VA, 상점의 쇼 윈도우에 대하여는 폭 1m에 대하여 300VA, 옥외의 광고등, 전광사인, 네온사인 등의 소비전력, 무대조명 및 영화관 등의 특수전등부하의 소비전력의 총합이 된다.

4. 실부하법에 의한 우편집중국 산정부하

건축물의 정확한 부하를 산정하지 못할 경우에

는 건물의 설계과정에서 건축물 규모, 면적 및 용도, 설비의 기능을 대략 추정하여, 설치가 예상되는 부하의 종류를 정할 수 있고, 설치될 각종 부하설비의 소비전력을 파악한 다음 건물 전체의 부하용량을 추정한다.

우편집중국의 경우 기준에 부하 자료가 없으므로, 실부하법으로 수변전 설비를 설계하며, 동력 및 우편기계의 부하용량이 전체 부하량의 78.12%를 차지하므로 설비특성을 고려한 수용률을 적용하여 수변전 설비를 설치한다. 예를 들어, 실부하법에 의해 산정된 원주우편집중국의 변압기용량은 1,600(kw)이며, 이것이 한국전력공사의 전력요금 기준이 되는 계약전력이 된다.

아래의 그림 1은 원주우편집중국 2003년부터 2006년까지 연도별 최대수요전력 변화를 나타낸 것이다. 4년간의 평균수용률은 27%, 즉 변압기의 평균 이용률이 27%정도밖에 되지 않는다는 것을 잘 알 수 있다. 그림 2는 계약전력이 1,900kVA 이상인 우편집중국의 수용률을 나타낸 것으로 광주와 대구를 제외한 8곳의 수용률이 30%를 넘지 못하는 것을 알 수 있다.그림 3은 계약전력이 1,900[kW] 미만인 우편집중국의 수용률로 안동과 진주를 제외한 7곳의 수용률이 30%를 넘지 못하는 것을 알 수 있다.



그림 1 원주우편집중국 연도별 최대수요전력

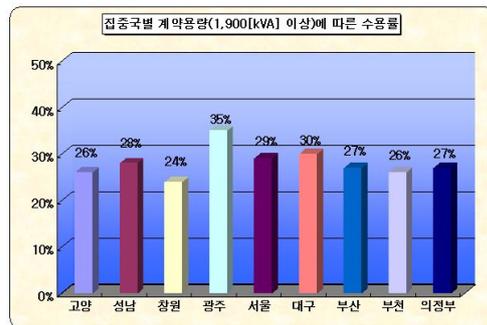


그림 2 계약전력(변압기용량)이 1,900[kVA] 이상우편집중국의 수용률

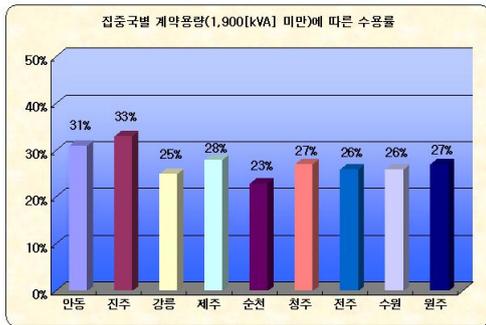


그림 3 계약전력(변압기용량)이 1,900[kW] 미만 우편집중국의 수용률

5. 기존 수용률 산정의 문제점

우편집중국 설계시 실부하법에 의해 부하량을 추정하여 수변전 설비를 설계, 설치한 현재까지의 실제 수용률 자료를 검토해보면, 산업자원부(현재 지식경제부)에서 지정한 업종별 최저 수용률 30% 이상을 유지해야 함에도 불구하고 많은 경우, 우편집중국의 최대부하가 계약전력 즉 변압기 용량의 30% 이하가 된다는 것은 수용률 및 부하량이 과다하게 계산되어 수변전설비가 설계, 설치되었다고 볼 수 있다. 그 결과 변압기의 효율 저하 및 불필요한 전력 손실이 발생하고 있으며, 초기 설치비 증가와 이에 따른 유지보수 비용 증가는 경제적 손실로 나타나고 있다고 평가된다. 우편 집중국의 수용률은 유사 업종의 평균 수용률(약 60~70%)과 비교하여도 30~40% 정도의 낮은 수용률을 보이고 있다. 물론 향후 설비 증가를 고려할 경우, 변압기 용량의 여유도가 충분하다는 것은 유리한 점으로도 볼 수 있으나, 현재 평가되는 경제적 손실은 마땅히 고려되어야 할 것이다.

표 4는 실부하법에 의하여 추정된 우편집중국의 부하 특성별 현황이다.

표 4. 실부하법에 의한 부하 특성별 현황
(단위 : kW)

구분	연속부하		순시부하		예비부하		기타부하	
	주간	야간	주간	야간	주간	야간	주간	야간
전등,전열	80	40	40	20	0	0	30	30
우편기계	80	60	40	20	50	50	20	20
동력	100	100	100	100	240	240	0	0
합계	260	200	180	140	290	290	50	50

실부하법을 적용한 원주우편집중국 수용률선정의 문제점만을 살펴보면, 각 부분별 설비부하 중 연속부하는 260[kW]정도이며 최대부하는 463[kW]

로 변압기용량 1,600[kW]에 대해 수용률은 28.9%로 계산되며, 특히 연속부하의 경우는 전체 수전설비용량의 16.25%인 아주 낮은 수용률 수치를 보인다. 또한, 연속부하 및 순시부하 지속시간 역시 일평균 6시간을 초과하지 않고 있다.

우편 집중국의 우편물 이동을 위한 수평 및 경사 벨트는 우편물 도착장 및 발착장에 각각 설치되어 있지만, 실제 운영율은 50%를 넘지 못하며 평균 운영율은 30% 이하이다.

동력설비의 예비부하를 살펴보면 냉·온수기, 보일러, 순환펌프, 급수펌프, 오수펌프 등 약 240[kW]로 산정되며, 우편기계의 예비부하는 공기압축기가 50[kW]이므로 집중국 설비부하 중 예비부하는 290[kW]로 산정할 수 있다. 전체 설비용량에 대한 백분율로 환산하면 18.12% 정도를 차지하고 있으며 예비부하를 연속부하와 같이 가동하는 경우는 집중국 7년간의 운영 결과 공기압축기 및 냉·온수기, 보일러 단 3가지 설비뿐이었으며, 또한 3가지 설비를 예비부하를 포함하여 동시에 가동하는 경우는 단 한번도 없었다.

따라서 본 논문에서는 새로운 부하법을 제시함으로써 해서 현 우편집중국의 수변전 설비에 수용률의 문제점을 해결하여 변압기의 경부하 운전으로 인하여 발생하는 에너지 낭비 방지하고, 우편집중국의 신설 및 수변전 설비 교체 시 초기 투자자본과 유지보수비용을 감소시키고자 한다.

6. 새로운 부하법의 시설별 수용률 적용

새로운 부하법에 의한 부하 산정은 기존 표준 부하법에 의한 면적과 실부하법에 의한 전등/전열, 우편기계, 동력부하를 산정하여 일반적인 전기설비 설계 기준을 토대로 작성하고, 각 부분별로 예비부하를 새로운 부하법에 의하여 계산하게 된다.

표 5에서 제안한 방법에서는, 연속부하로서의 부하는 100% 전체 부하설비로, 동력 및 우편기계(특수부하) 설비 중 예비부하(1) 및 예비부하(2)에 해당하는 동일한 기기 2대 이상일 경우, 미가동 설비 및 고장 시 교체 가동하기 위한 설비는 일정부분의 부하용량만을 산정에 포함시킴으로써 과다한 설비용량 산정을 막고자 하였다.

적용대상이 되는 우편집중국은 부하 데이터 수급이 용이한 원주 우편국으로 선정하였으며, 표 6은 원주 우편집중국을 대상으로 새로운 부하법을 적용하여 계산한 부하량으로 총부하 522[kW] 중 인정부하는 332[kW]로 총부하의 63.6% 만을 변압기 용량산정에 고려할 부하량으로 인정하게 된다.

위와 같이 새로운 부하법으로 계산하여 총부하 중 63.6%만 인정하여 변압기 용량을 산출하더라도 운영상의 문제점은 나타나지 않는다. 새로운 부하법에 의하면 동력부하 (750[kVA])의 변압기 용량

중 170[kW]의 동력부하가 불필요하게 추가 설치되었다고 판단되며, 예비부하는 단지 예비부하의 역할로써의 기능이 필요할 뿐 일반 부하로 인정 하기는 어렵다는 점이다.

표 5. 새로운 부하법 적용 방법
(단위 : kW)

예비 부하 (대수)	용량 합계	부하 인정	비고
1	10미만	100 %	- 예비부하(2) 일 경우 부하의 50% 만 인정
	10~50	100 %	
	100~300	100 %	
	300이상	100 %	
2~3	10미만	100 %	- 설비 1대의 용량이 50% 이상 일 경우 용량에 상관없이 100% 산입 - 예비부하(2) 일 경우 부하의 50% 만 인정
	10~50	80 %	
	100~300	60 %	
	300이상	50 %	
4 이상	10미만	100 %	- 설비 1대의 용량이 50% 이상일 경우 용량에 상관없이 미인정 부하의 50% 추가 가산 - 예비부하(2) 일 경우 부하의 50% 만 인정
	10~50	70 %	
	100~300	50 %	
	300이상	30 %	

표 6. 새로운 부하법에 의한 부하 재 산정
(예비부하를 포함한 부하)

구분	총 부하	인정 부하	퍼센트
일반 부하	242[kW]	242[kW]	100 %
예비부하(1)	180[kW]	90[kW]	50 %
예비부하(2)	100[kW]	0[kW]	0%
총 부하	522[kW]	332[kW]	63.6 %

일반적인 동력부하의 역률을 0.9로 본다면 188[kVA]만큼의 변압기 용량이 축소될 수 있다. 새로운 부하법에서 동력부하는 550[kVA]로 부하용

량을 선정하였고, 실제 7년간의 운영 중 동력부하의 최대수요전력이 250~300[kW]인 점을 감안한다면 동력부하의 수용률은 33~40%에서 45~55% 정도만 상승한다.

원주 우편집중국의 경우 새로운 부하법 방법 적용으로 인한 변압기 용량은 그림 4과 같이 1,600 [kVA]에서 200[kVA](8.75%) 감소한 1,400[kVA]으로, 수용률은 기존 28.94%에서 4.13% 정도만 증가한 33.07%로 수준을 나타내고 있다.

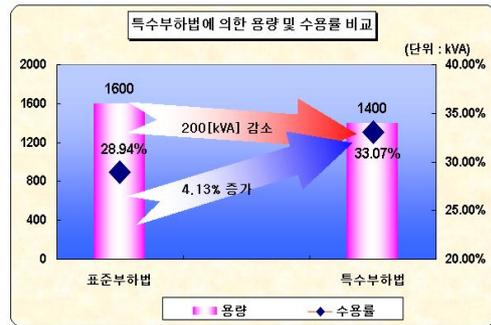


그림 4. 새로운 부하법에 의한 용량 및 수용률 비교

7. 결론

수변전 설비에서 설계 및 설치시 대단히 중요한 절차의 하나가 변압기 용량을 산정하는 것이다. 기존의 변압기 용량 산정방법인 실부하법이 적용된 우편집중국의 변압기 수용률 통계에서 볼 수 있었듯이, 전국 우편집중국의 수용률은 타 업종에 비해 현저하게 낮게 분포되어 있다. 수용률이 현저하게 낮게 적용된 것은 우편집중국 설계 시 집중국의 수전설비용량을 과도하게 설계되었기 때문이며, 그에 따라 설비 투자비의 증가, 전력손실에 의한 에너지 낭비 및 유지 보수비용의 증가로 나타나고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 우편집중국의 부분별 부하특성을 실테이터를 이용, 분석하여 동력 및 우편기계 부하의 예비부하에 대해 새로운 부하법을 적용하여 산정함으로써 기존에 과다하고, 일률적으로 정해지던 우편집중국의 변압기 용량을 적정하게 산정하고자 하였다.

본 논문에서 제시한 새로운 부하법을 우편집중국의 수변전 설비 설계시 참고하여 활용한다면 향후 새로 신설되는 우편집중국 및 물류센터의 변압기 용량을 합리적으로 결정할 수 있을 것으로 기대되며, 운영상의 불필요한 에너지 손실을 최소화하고, 초기 투자비 및 유지, 보수비용을 감소시키는 경제적 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 건설교통부 편, 건축전기설비 설계기준, 건설교통부, 기다리, 2005.
- [2] 성안당 편집부 편, 전기설비의 설계 및 시공 실무, 성안당, 1999.
- [3] 산업자원부 편, 전기설비기술기준, 산업자원부, 2006.
- [4] 대한전기협회 편, 내선규정, 대한전기협회, 2006.
- [5] 한국전력공사 편, 기본공급약관(공급약관세칙), 한국전력공사, 2007.
- [6] 김세동, “전력다소비건축물의 부하사용특성 분석”, 1997년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 1997.
- [7] 박광현 외, 변압기 기술백과, 1992.
- [8] 이순형, 수변전설비의 계획화 설계, 기다리, 2007.
- [9] 지철근, 전기설비설계 공사감리 시공가이드 북, 기다리, 2006.
- [10] 성안당 편집부 편, 빌딩 공장 에너지 절약기술 활용 독본, 성안당, 2001.