

# 수변전설비용량 산정에 관한 국내외 설계기준 비교

김세동 <두원공과대학 교수, 공학박사/기술사>

## 1 개 요

일본 국토교통성은 국가기관의 건축물을 대상으로 건축물의 계획, 정비에 관한 설비 기술 기준의 정비를 추진해 오고 있으며, 2002년도에 개정된 '건축설비 설계기준(전기설비 및 기계설비 포함)'에 대하여 신기술의 도입 및 관련 관계와 연관되는 개정 사항을 반영하여 2006년 9월에 개정하였다. 이 기준에서는 관청시설에 필요한 품질과 성능을 확보하기 위해서 전기설비의 기본적인 성능 기준과의 관계 및 적용 범위 등을 기술하고, 각 설비 항목마다 실시 설계할 때의 표준적인 방법을 제시하며, 설계시 참고가 되는 계산식과 필요한 기술적 자료 등을 설계 자료로서 제공하고 있다.

일본 '건축설비 설계기준' 및 국내 건설교통부에서 2005년도에 개정된 '건축전기설비설계기준'에서 규정하고 있는 수변전설비 용량 산정 및 변압기설비를 중심으로 설계 기준 및 설계 자료를 비교 검토하고자 하며, 국내 규정과의 차이점, 기술 성격 및 개선 필요 사항 등을 검토하고자 한다.

일본과 우리나라는 배전 전압이 다르고, 저압측의 사용전압도 일본은 단상 210-105(V), 삼상 210, 420, 440(V)를 사용하기 때문에 수전설비용량 산정

방식도 차이점이 있다.

## 2. 일본 '수변전설비 설계기준' 개요

### 2.1 기본 사항

수변전설비는 신뢰성 향상 대책으로서 시설의 중요도, 업무 내용 등에 따라서 다회선 수전, 불연화를 고려한 기기 등을 채용한다.

### 2.2 수변전설비 용량

#### 1) 설계기준

시설에 필요한 전등, 동력설비 등의 부하에 대하여 적절한 수용률을 고려하여 결정한다.

#### 2) 설계자료

(1) 수변전설비용량은 집계한 부하용량을 토대로 결정한 변압기 용량과 고압전동기 용량의 합계로 한다. 변압기 1대에 접속 가능한 보정 부하용량의 계산식은 다음과 같다. 각 상의 불평형률을 30(%) 이하 또는 100(kVA) 이하로 억제한다. 또한 적절한 여유를 고려한다.

① 전등 보정부하용량  $T$ , [kVA]

특집 : 수변전설비 및 조명설비의 기준 개선사례

$$T_l = f_1 \sum L + f_2 \sum C + f_3 \sum FC + f_4 \sum OA \quad (1)$$

여기에서  $L$  : 각 분전반의 조명부하 합계용량(예비회분은 제외한다)(kVA)

$C$  : 각 분전반의 OA 부하 및 팬코일을 제외한 콘센트 부하 합계용량(예비회분은 제외한다)(kVA)

$FC$  : 각 분전반의 팬코일용 콘센트 부하 합계용량(kVA)

$OA$  : 각 분전반의 OA 부하(kVA)

$f_1$  :  $L$ 에 대한 보정계수(그림 1 참조)

$f_2$  :  $C$ 에 대한 보정계수(그림 1 참조)

$f_3$  :  $FC$ 에 대한 보정계수(그림 1 참조)

$f_4$  :  $OA$ 에 대한 보정계수(1로 하고, 실정에 따라 적정하게 고려한다.)

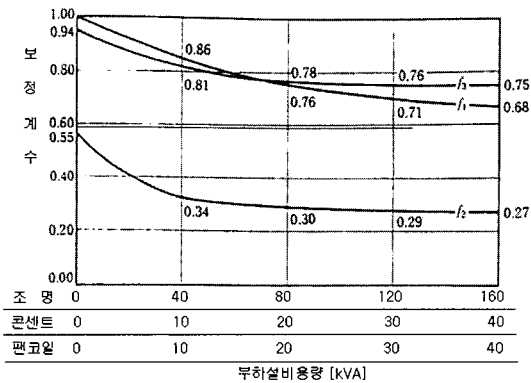


그림 1. 전등부하의 보정계수

② 동력 보정부하용량  $T_m$  (kVA)

$$T_m = f_5 \sum P_a + f_6 \sum P_b + f_7 \sum P_c \quad (1)$$

여기에서,  $P_a$  : 냉동기, 패키지형 공조기, 엘리베이터 부하용량(kVA)

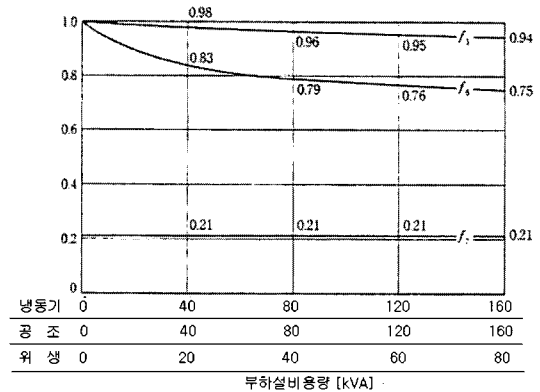
$P_b$  : 공조 및 환기 관계 부하(패키지형 공조기는 제외) 용량(kVA)

$P_c$  : 위생 관계 기타 부하용량(kVA)

$f_5$  :  $P_a$ 에 대한 보정계수(그림 2 참조)

$f_6$  :  $P_b$ 에 대한 보정계수(그림 2 참조)

$f_7$  :  $P_c$ 에 대한 보정계수(그림 2 참조)



비고 : 1대 변압기의 부하용량 중, 위생 기타 부하가 차지하는 비율이 큰 경우, 부하의 수용률을 충분히 검토하고  $f_7$  값을 적정하게 수정한다.

그림 2. 동력부하의 보정계수

(2) 수변전설비용량의 결정

수변전설비용량은 다음 식에 의해 결정한다.

$$E_s = T_L + T_M + P_M$$

여기에서,  $T_L$  : 단상 변압기의 정격용량(비상시만 사용하는 스코트결선 변압기의 용량을 제외한다)(kVA)

$T_M$  : 3상 변압기의 정격용량(kVA)

$P_M$  : 고압전동기의 입력용량 = 1.18 × 고압전동기의 정격출력(kW)(kVA)

2.3 수변전설비의 구성

1) 설계기준

(1) 수변전설비의 배전반 형식은 원칙적으로 큐비클식 배전반 또는 고압 스위치기어로 한다.

(2) 수변전설비에 사용하는 기기는 열적, 기계적 강도 및 내전압 등을 고려해야 하고, 종별, 정

격 등을 선정한다.

- (3) 수변전설비의 주 차단기 조작은 원칙적으로 수동으로 하고, 필요에 따라 자동 및 원방으로 제어를 행하는 것으로 한다.
- (4) 단락, 지락 사고 발생시에는 확실하게 주차단기, 퓨즈 등에 의해 자동적으로 사고점을 절체하고, 휘더, 모선, 부하 등을 보호하도록 한다. 또 다회선 수전, 모선의 이중화 등의 신뢰성 향상 대책을 행하는 경우 수동 또는 자동에 의해 절체조작이 확실하게 행하는 것으로 한다.

2) 변압기 관련 설계자료

- (1) 변압기의 단기 용량은 단상 300[kVA] 이하, 삼상 500[kVA] 이하로 한다.
- (2) 변압기의 정격 용량은 원칙적으로 집계한 보정 부하용량의 직근 상위로 하고, 표 1에 의한다.

표 1. 변압기의 정격용량

변압기의 정격용량 (kVA)	20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500
--------------------	--

- (3) 변압기의 정격전압은 표 2에 의한다.

표 2. 변압기의 정격전압

정격 1차 전압(V)	6,600	
정격 2차 전압 (V)	단 상	210-105
	삼 상	210, 420, 440

- (4) 동력 변압기의 부하측에서 자동역률조정을 행하고, 변압기의 부하용량의 저감이 가능한 경우는 동력 보정부하용량을 저감하여 변압기를 선정할 수 있다.
- (5) 정격 2차 전압이 단상에 있어서는 210-105

[V], 3상에 있어서는 210, 420, 440(V)의 변압기 종별은 원칙적으로 JIS C 4304 “배전용 6[kV] 유입변압기”로 한다.

또 불연화가 필요한 경우는 JIS C 4306 “배전용 6[kV] 몰드변압기”로 하고, 특기한다.

- (6) JIS C 4304 “배전용 6[kV] 유입변압기” 및 JIS C 4306 “배전용 6[kV] 몰드변압기”에 규정하는 에너지 소비 효율 이외의 변압기를 사용하는 경우는 에너지소비효율 값을 특기한다.

3. 국내 ‘수변전설비 설계기준’ 개요

3.1 적용범위

- (1) 건축물에서 154[kV]이하 전력 인입설비, 변전설비, 배전반 설계의 일반적인 사항에 관하여 적용한다.

3.2 수변전설비 용량

- 1) 수변전 기기의 용량 계산은 기본설계시의 계획 용량 계산과 실시설계시 부하용량 합계와 여유율을 감안한 용량 계산 방식으로 한다.
- 2) 부하 용량
  - (1) 부하용량은 부하설비(전동 및 전열부하, 동력 부하)별, 상시용 및 비상용을 구분하여 산출한다.
  - (2) 설계시 부하용량 계산은 다음을 참조한다.
    - (가) 백열등 : 용량[W] × 1.0[VA]
    - (나) 형광등은 용량[W]에 역률과 효율을 감안한 용량[VA]
    - (다) 콘센트 : 1개(2구형) × 150[VA]
    - (라) 콘센트가 어떤기기 전용인 것은 그 부하의 효율, 역률을 감안한 용량[VA]
    - (마) 전동기부하인 경우는 그 부하의 효율, 역률

특집 : 수변전설비 및 조명설비의 기준 개선사례

을 감안한 용량[VA]

(3) 부하용량을 집계한 후 미래의 증설에 대비한 여유율(Flexibility)을 10[%]정도 감안하는 것이 바람직하다.

(4) 부하용량의 추정방법

(가) 계획 또는 기본 설계시 부하용량을 추정하는 경우는 용도에 따른 유사건물 데이터를 참조한다(부록참조).

(나) 공동주택(APT)에서의 부하추정

공동주택 세대내 용량은 사용 기기가 후에 설정되기 때문에 대부분 다음 식으로 구한 추정용량으로 계산한다. 그러나 부하설치가 실제 설계로 예측 가능한 경우는 이것을 기준하여야 하지만 추정용량 값보다 작아서는 안 된다. 또한 공용부하의 부하산정은 별도로 산출하여 더하여야 한다.

압기에 수용된 부하가 여러 용도로 혼재된 경우는 부등률을 적용할 수도 있다.

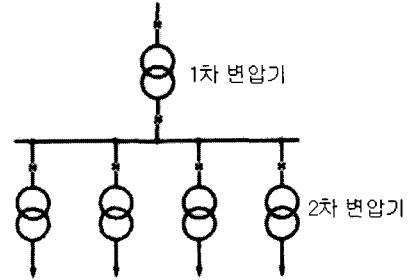


그림 3. 이단강하방식

(3) 직강하방식인 경우 용량계산

그림 4와 같은 직강하방식에서 변압기에 수용된 부하가 용도별로 구분된 수용률을 적용하고, 용도별 구분이 되지 않은 경우는 부등률까지 적용할 수 있다.

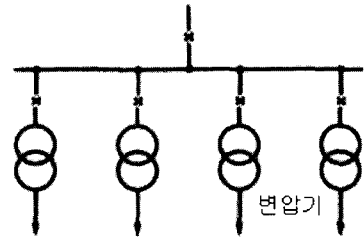


그림 4. 직접강하방식

- P1 = 3,000[W]
  - P2 = 3,000 + 60[m<sup>2</sup>]를 넘는 10[m<sup>2</sup>]마다 500[W]씩 가산
- 여기서, P<sub>1</sub> : 단위세대전용면적 60[m<sup>2</sup>] 이하의 경우 부하용량[W]  
 P<sub>2</sub> : 단위세대전용면적 60[m<sup>2</sup>]초과의 경우 부하용량[W]

3) 전력용 변압기

(1) 수전설비용량은 특고압/고압/저압(이단강하) 변압방식인 경우 1차변압기 합계 용량을 말하고, 특고압/저압(직강하) 변압방식인 경우는 변압기용량(또는 합계 용량)과 같다.

(2) 다단 강하방식인 경우 용량계산

그림 3과 같은 이단 강하방식에서 2차 변압기는 일반적으로 부하가 용도별로 구분되므로 부하용량 합계에 수용률만을 적용한다. 다만 변

(4) 수용률(Demand Factor)

(가) 수용률은 최대수용전력(Demand Load)을 구하기 위한 것으로 최대수용전력의 총 부하용량에 대한 비율이다.

$$\text{수용률}[\%] = \frac{\text{최대수용전력}[\text{kVA}]}{\text{변압기 수용부하 용량 합계}[\text{kVA}]} \times 100 \quad (3)$$

(나) 건축물에서 수용률은 용도에 따른 유사건물

데이터를 참조한다.

(5) 부동률(Diversity factor)

(가) 부동률은 합성 최대수용전력을 구하는 계수로서 부하종별 최대수용전력이 생기는 시간차에 의한 값이므로 최대수용전력의 합계는 항상 합성최대수용전력 값보다 크다.

$$\text{부동률}(\geq 1) = \frac{\text{각 부하의 최대수용전력의 합계 [kVA]}}{\text{부하를 종합하였을때의 합성최대수용전력 [kVA]}} \quad (4)$$

(나) 부동률은 용도에 따른 유사건물 데이터를 참조한다.

(6) 계획설계시 변압기용량 추정방법

(가) 조명용 변압기 용량은 그림 5의 특성 표를 참조한다.

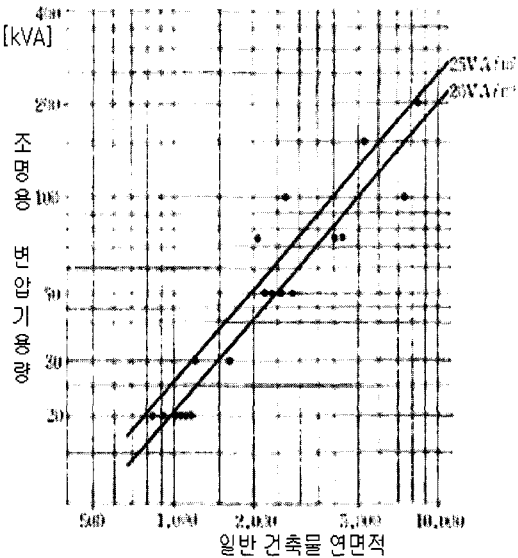
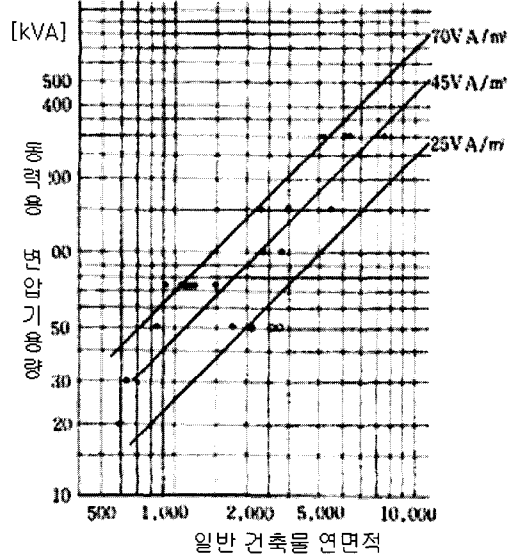


그림 5. 조명용 변압기용량 추정 특성

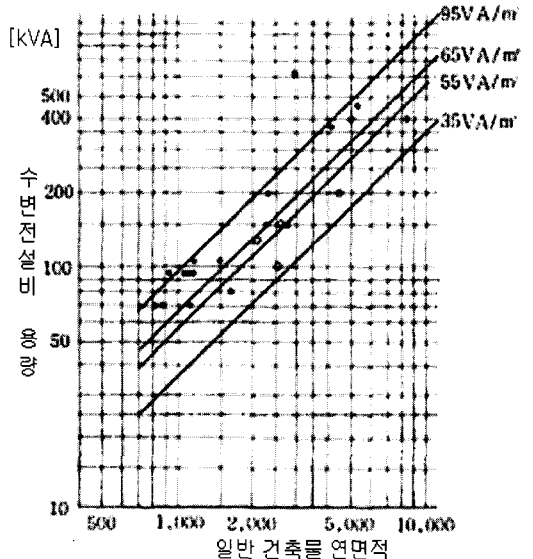
(나) 동력용 변압기 용량은 그림 6의 특성 표를 참조한다.

(다) 수변전설비 용량은 그림 7의 특성 표를 참조한다.



주) ● : 왕복동식 냉동기 사용의 경우  
○ : 흡수식 냉동기 사용의 경우

그림 6. 동력용 변압기용량 추정 특성



주) ● : 왕복동식 냉동기 사용의 경우  
○ : 흡수식 냉동기 사용의 경우

그림 7. 수변전설비 용량 추정 특성

### 3.3 수변전설비의 구성

#### 1) 일반 사항

- (1) 수전 방식, 수전 전압, 변전 방식(뱅크 구분, 변압기 모선방식 등), 보호 방식(수전회로 보호, 전력간선 보호, 수전변압기 보호, 보호 협조) 등의 결정 방법 및 기준을 정하고 있다.
- (2) 고압 및 특고압 차단기는 그곳을 통과하는 최대 단락전류를 차단하는 능력이 있어야 한다.
- (3) 저압 차단기는 그곳을 통과하는 최대 단락전류를 차단하는 능력이 있는 것을 사용하거나 캐스케이드 보호방식으로서 통과하는 단락전류가 10[kA]이상인 경우 10[kA]이상의 차단 능력을 갖는 차단기를 설치하고, 그곳보다 전 원측 전로에 그 차단기를 지나는 최대 단락전류를 차단하는 능력을 갖고 그 차단기보다 빠르거나 동시에 차단하는 능력을 갖는 과전류 차단기를 설치한다.

#### 2) 변압기 관련 자료

##### 가) 일반사항

- (1) 수변전 기기의 절연용 재료는 자연에서 얻어지는 공기와 절연능력과 냉각능력이 뛰어난 절연유가 많이 사용되어 왔지만, 절연유(광유)의 주성분이 탄화수소 이므로 가연성, 폭발성에 단점이 있다. 그러므로 건축물에 설치되는 수변전기기설계는 특히 방재 측면을 고려한다.
- (2) 변압기는 가스절연 변압기, 몰드 변압기 등을 사용하여 난연화 한다.

##### 나) 변압기 관련 기준

- (1) 변압기는 사용장소, 경제성, 전기적 특성을 고려하여 선정하되, 건축물 내부에 설치시에는 저손실형 변압기를 사용토록 한다.
- (2) 전압에 따른 변압기의 적용시 표 3을 참조한다.

- (3) 몰드변압기의 용량별 규격은 제작자의 사양을 참조하여 정한다.
- (4) 부하 특성, 부하 종류, 계절 부하 등을 고려하여 변압기의 운전대수제어가 가능하도록 뱅크를 구성한다.

표 3. 전압 구분에 따른 변압기 선정

구 분 \ 전 압	저압	고 압 (3.3/6.6(kV))	특고압 (11~33(kV))	특고압 (154(kV))
건식 변압기	◎	○	-	-
몰드 변압기	◎	◎	◎	-
가스절연 변압기	-	○	○	◎
유입 변압기	◎	◎	◎	◎

주 : 1) ◎ : 사용실적이 많다. ○ : 사용한다.

2) 유입 변압기는 과거실적이므로 건축물 내 사용시 주의한다.

## 4. 맺음말

일본과 우리나라와의 수변전설비 설계기준의 핵심 특성은 신뢰성 향상 대책, 적정성, 안전성, 에너지절약성 등을 고려하여 정하고 있음을 알 수 있다. 그러나 수변전설비 용량 산정에 있어서는 일본 설계자료에는 부하종류별로 보정계수를 고려하여 변압기 용량을 산정하도록 제공하고 있다. 예를 들면 전등부하용 변압기 용량 산정시에 전등용과 콘센트용, 팬코일용, OA용별로 각각의 집계한 부하용량에 보정계수를 곱하여 산정하도록 하고 있다. 또한 각 상의 불평형을 및 불평형 기준용량을 제공하여 최대한 적절한 기기 선정이 이루어질 수 있도록 자료를 제공하고 있다.

국내에서도 수변전설비 용량 산정시 적정성을 최대한 고려하기 위해서는 부하종류별로 사용 특성을 고려한 보정계수(수용률과 부등률 등) 및 관련 설계기준 해설을 위한 설계 보완자료에 대하여 지속적인 연구가 필요하다.

설계기준은 국가에서 관리하는 기준이며, 중앙건설기술심의 대상이다. 그리고 하위기술기준으로는 지침(설계, 감리 및 시공관리 등에 필요한 기술적인 사항들에 대하여 특별히 시설물별로 적절히 응용함으로써 건설공사에 도움이 될 수 있게 세부적인 사항을 관리할 수 있는 기준을 지침으로 정하여 시행하도록 만든 도서), 요령, 편람, 기술지도서, 표준도가 있으며, 각 학·협회 및 발주기관에서 자율적으로 정비하도록 하고 있다.

따라서 설계기준은 최소 한계기준으로서의 역할을 수행할 수 있도록 하고, 설계기준에 대한 해설집 등을 보다 강화하여 최소 기준인 설계기준 사용자들의 적용 및 이해를 돕는 것이 필요하다.

### 참고자료

- [1] 일본 국토교통성, 건축설비설계기준, 일본공공건축협회, pp.87-107, 2007.
- [2] 건설교통부, 건축전기설비설계기준, 2005.
- [3] 구재동 외, 성능중심의 건설기준 표준화 기획위원회 자료, 한국건설기술연구원, 2006.12.
- [4] 구재동, 건설공사기준 발전방안, 건설기술정보, Vol.218, No.1, pp.23-28, 2002.

### ◇ 저 자 소 개 ◇



**김세동(金世東)**

1956년 3월 3일생. 1980년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1986년 동대학원 졸업. 2000년 서울시립대 전기전자공학부 대학원 졸업(박사). 한국전력공사(1979~1984년) 근무. 한국건설기술연구원(1984~1997년 2월) 수석연구원 역임. 현재 두원공과대학 전기공학과 교수. 전기설비기술사. 본 학회 학술이사, 편수위원. 관심분야 : 전력설비 진단 및 DSP. 전기설비 최적설계.