

에너지 절약을 위한 전기설비관리기술(Ⅱ)

글/지 철 근(공학박사, 전기응용기술사)

2. 전원설비

및 보수성에 영향을 미치므로 다음의 조건을 만족하는 곳을 선정하면 좋다.

2.1 수변전설비의 에너지 절약

(1) 수변전설비의 적정 입지선정

수변전설비의 위치는 전압강하, 전력손실, 건설비

① 부하의 중심점에 가깝고, 배전에 편리한 장소일 것이며, 부하가 많이 분산되어 있는 경우에는 변압기뱅크를 적당한 장소에 배치한다.

② 전력회사로부터의 전원인입과 구내 배전선의

<표 2-1> 전원위치와 전력손실과의 비교에

구성의 형태	배전형태	비교조건	전력손실 계산	전력손실 비교	비고
직사각형의 구내	①	(1)전선 1조의 저항:R[Ω] (2)부하전류:I[A] (3)전선 1조의 전력손실:W ₁ [W]	$W_1 = I^2 R$	$W_2 = \frac{1}{4} W_1$	②에서 전선의 굵기를 1/2로 하였을 때 전력손실의 비교는 $W_2 = (\frac{1}{2})^2 \frac{R}{2} \times 2 \times 2 = \frac{1}{2} I^2 R = \frac{1}{2} W_1$
	②	(1)전선 1조의 저항:R[Ω] (2)부하전류:I[A] (3)전선 1조의 전력손실:W ₂ [W]	$W_2 = (\frac{1}{2})^2 \frac{R}{2} \times 2 = \frac{1}{4} I^2 R$		
정사각형의 구내	③	(1)전선 1조의 저항:R[Ω]. 단, 전원에서 분기점까지의 전선은 타부분의 3배의 굵기로 한다. (2)부하전류: I[A] (3)전선 1조의 전력손실:W ₃	$W_3 = (3I)^2 \frac{R}{3} + 3I^2 R = 6I^2 R$	$W_4 = \frac{2}{3} W_3$	
	④	(1)전선 1조의 저항:R[Ω]. 단, 전구간 동일전선으로 한다 (2)부하전류: I[A] (3)전선 1조의 전력손실:W ₄ [W]	$W_4 = 4I^2 R$		

인출이 편리한 곳

- ③ 장치의 증설이나 확장의 여지가 있을 것
- ④ 수해나 염해의 염려가 없을 것
- ⑤ 고온다습이나 부식성가스, 먼지가 많은 곳은 피할 것

⑥ 진동이 없고, 지반이 경고한 장소일 것

등을 종합적으로 판단하여 결정할 필요가 있으나, 에너지 절감 측면에서는 실부하의 중심에 가깝고, 부하설비의 배전에 편리한 것이 중요하다.

그리고 실부하의 중심점은 부하설비의 총용량보다는 가동시간, 부하율 등의 가동상황을 잘 파악하고 결정할 필요가 있다. 전원의 위치와 손실과의 관계를 비교하면 표 2-1과 같다.

(2) 절전형 변압기의 선정

ㄱ) 절전형 유입변압기

재래식 유입형 변압기에서 철심구조를 종래의 적철심구조로부터 권철심구조로 하고 또한 저손실의 고자속밀도 방향성 규소강판을 채택한 것으로 무부하 손실이 28~50% 저감된다.

ㄴ) 몰드변압기

몰드변압기는 고압 및 저압권선 모두를 에폭시 수지로 몰드한 고절연방식을 채택한 것으로서 좋은 특징을 가지고 있으나 가격면에서 불리하다.

이 변압기는 권선의 전류밀도를 적게하여 권선내

의 발생열량을 감소하고 온도상승을 낮게 하도록 설계되어 유입형이나 건식형보다 손실이 낮고 효율이 높다.

이외에도 난연성이 우수하고, 소형 경량화되고, 내습성 절연내력 등이 좋다.

(3) 변압기의 손실과 효율

변압기는 전기기기 중에서 가장 효율이 높은 기기의 하나이지만, 수변전설비 중에서는 가장 손실이 큰 기기이기도 하다. 그리고 전원기기 이기 때문에 부하의 변동에 관계없이 연중 운전되는 것이 보통이며 약간의 효율향상으로도 전력손실을 줄이는 효과가 크므로 될 수 있는대로 고효율의 변압기를 선정한다. 효율은 변압기의 용량이 증대함에 따라 높아지는 경향이 있으며 동일 용량에서는 절연계급이 높을 수록 효율은 낮아진다.

변압기의 손실은 무부하손과 무부하손으로 되며, 무부하손은 부하의 대소에 관계없이 전압의 인가만으로도 내부에 상시 발생하는 손실이다.

(4) 변압기의 적정용량 선정

통계에 따르면, 우리나라의 변압기용량은 최대사용전력의 수배로 크게 산정되어 있다. 이는 장치의 수요증가를 감안한 것이라고는 하지만 설비용량이 과다하게 선정되고 있다. 그리하여 설비의 과다투자를 초래하고 변압기의 무부하손실을 높일뿐 아니라 전기의 기본요금도 높아지게 된다.

이와 반대로 변압기용량을 과소하게 설정하면 과부하로 인하여 변압기가 소선하게 된다.

그러므로 변압기의 용량은 적정하게 선정되어야 한다.

변압기의 용량은 각 부하의 설비용량, 이들의 수요율, 부등률과 장치의 증설을 고려하여 결정하여야 한다.

변압기용량의 결정방법은 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

변압기용량 ≥ 합성최대부하 =

$$\frac{\text{설치부하의 총합계} \times \text{수요율}}{\text{부등률}}$$

여기서 수요율, 부등률은 다음과 같다.

<표 2-3> 각종 변압기의 설치 면적비

정 격	바닥 면 적 비			용 적 비		
	몰드	건식	유입	몰드	건식	유입
306kV 200kVA	75	100	100	52	82	100
306kV 500kVA	70	100	100	50	72	100
306kV 750kVA	37	55	100	33	40	100

<표 2-3> 각종 변압기의 손실비교(306Hz6.6V/210V 500KAV Y-Δ)

변압기 항목	유 입 자 냉 식		H 중 건 식		몰드·건식
	표준형	에너지절약형	표준형	에너지절약형	
무부하손(W)	2,100	1,100	2,900	1,800	1,750
부하손(W)	6,350	6,300	6,700	6,500	5,900
전손실(W)	8,450	7,400	9,600	8,300	7,650

$$\text{수요율} = \frac{\text{수용가의 최대수요전력(kW)}}{\text{부하설비의 정격용량의 합계(kW)}} \times 100$$

[%]

위식에서 일반적으로 수요율 < 1, 또한 부동률 > 1로 된다.

한편 허용사용률이 낮은 저항용접기 또는 시동전류가 큰 전동기 부하에 대해서는 부하의 등가연속용량(kVA)에 대하여 규격에서 정해진 온도상승한도를 초과하지 않는 것으로 하고 도리어 부하의 허용되는 전압변동의 한도내에 들어가도록 용량을 정하면 좋은 경우도 있다.

변압기용량의 적정한 산정은 부하의 종류에 따라 다음과 같이 하고 있다.

ㄱ) 전등부하

전등부하의 경우 변압기용량은 다음식으로 계산한다.

$$\text{변압기용량(kVA)} = \frac{\sum \text{각 전등의 소비전력(W)}}{\text{역률}(\cos\phi) \times 1,000}$$

백열전구의 역률은 보통 $\cos\phi = 1$ 이지만, 형광등 방전등의 경우는 역률 $\cos\phi$ 는 1보다 적어진다.

ㄴ) 전동기 부하

전동기의 용량을 알고 있더라도 전원으로 필요 한 변압기의 용량을 구하는 경우, 일반적으로 다음 식으로 계산한다.

$$\text{변압기용량(kVA)} = \sum \frac{\text{각 전동기의 출력(kW)}}{\text{효율}(\%) \times \text{역률}(\cos)} \times 100$$

≒ 각 전동기의 출력(HP)

ㄷ) 용접기 부하

① 교류아크 용접기의 경우

변압기 용량(kVA) =

$$\sum \frac{\text{각 용접기의 최대단락 1차입력(kVA)}}{1.1}$$

$$\times \frac{\text{변압기의 정격2차전압}}{\text{용접기의 정격1차전압}}$$

② 저항용접기의 경우

사용률이 10~50%의 경우

$$\text{변압기용량(kVA)} = \text{각 용접기의 정격용량(kVA)}$$

또한 n대의 동일정격의 용접기가 서로 인터록되어서 동시 통전하는 경우는

변압기용량(kVA) = n × 용접기의 정격 용량(kVA)
 표 2-4 는 생산공장, 빌딩 등의 수요율과 부동률의 한 예이다.

<표 2-4> 수요율 등의 참고값

(a) 생산공장의 수요율[%]

업종별	수용률	업종별	수용률
광산제련	50~60	요업	65~75
석탄	50~60	철강업	40~60
건설업	45~60	알루미늄제조업	50~60
식품공업	50~65	금속공업	35~50
섬유공업	55~75	기계공업	30~50
제지·펄프공업	60~75	조선소	30~45
화학공업	60~80	가스(제조)	40~60
제염	70~80	가스(공급)	70~90
석유정제	50~70	수도	55~80
고무	50~60		

(b) 빌딩의 수요율[%]

구분	건물의 종류	
	백화점, 대점포	사무실빌딩
전동부하수용률	74.1~100.0	43.2~78.4
동력부하수용률	38.0~63.3	41.0~53.8
냉방부하수용률	44.7~57.7	56.3~80.2
총합수용률	47.9~62.7	41.4~55.1

(c) 동력부하의 수용률[%]

부하의 종류	수용률의 범위	인입용량 결정상의 수용률
펌프, 컴프레서, 엘리베이터, 송풍기	20 ~ 60	40
각종 공장에서 반 연속운전하는 전동기	50 ~ 80	60
직물공장처럼 연속운전하는 전동기	70 ~ 100	90
아크로	80 ~ 100	100
유도로	80 ~ 100	80
아크용접기	30 ~ 60	40
저항용접기	10 ~ 40	30
저항식 사열기, 오븐	80 ~ 100	90

(d) 전등부하의 수용률[%]

수요별	전등부하의 수용률		
	최소	최대	평균
주택 (10등이상)			10 ~ 30
상점			40 ~ 100
사무소 · 은행			57 ~ 87
레스토랑			52 ~ 62
공장			53 ~ 56
호텔			28 ~ 55
학교	54.40	84.30	68.62
역사			75 ~ 95
극장 · 회관			49 ~ 80
상업지역	79.90	95.00	87.76
공업지역	69.90	95.00	73.36
주택지역	23.80	96.60	56.94
병원	38.14	70.00	51.21

(e) 부동률

구분	부동률
전등변압기와 동력변압기간	1.10
동력변압기 상호간	1.36

(5) 변압기의 절전운용방식

1) 운전대수제어

전력부하곡선을 보면 부하가 걸리는 것은 업종이나 건물용도에 따라 차이가 있으나 기계공업 등의 제조업은 주간에만 부하가 걸리고 야간이나 휴일은 보안전력만의 경우가 많다.

그러나 화학공업이나 철강업에서는 24시간 조업으로 주야간의 부하변동이 적다. 사무실용빌딩이나 백화점 등에서는 주간에 부하가 걸리고 시각에 따라 다소 변동이 있다.

변압기의 운전대수 제어설비계획은 복수의 변압기를 병렬로 설치하여 부하의 변동에 맞춰서 가장 효율이 좋게 되는 변압기의 조합을 선정하고 나머지 변압기를 회로로부터 떼어 내도록 하는 것이다.

2) 소용량 변압기로 교체

대소용량의 변압기를 2대 설치하여 놓고, 부하상태에 따라서 변압기를 교체하여 철손을 적게 하는 방법이다. 이 외로 하루의 부하가 주간은 동력부하,

야간은 전등부하가 주인 경우에는 동력, 전등의 전용변압기를 설치하지 않고 동력, 전등 공용변압기의 사용이나 용량이 다른 V결선에 의해 공급할 수 있도록 시행한다.

(6) 수전전압의 강압방식의 선정

보편적인 규모의 공장이나 건물의 경우 22.9kV-y 계통으로 수전하는 것이 일반적이다.

22.9kV를 변전소 1차전압으로 할 경우, 2차전압을 고압인 6.6kV 또는 3.3kV로 강압하고, 수용가 내부에 현장변전실을 두어 고압을 1차전압으로 하고 저압을 2차전압으로 하는 2단식 강압방식으로 할 것인가, 22.9kV에서 직접 저압으로 변성하는 1단식 직강압방식으로 할 것인가 하는 것은 변전실 설계에서 매우 중요한 과제이다.

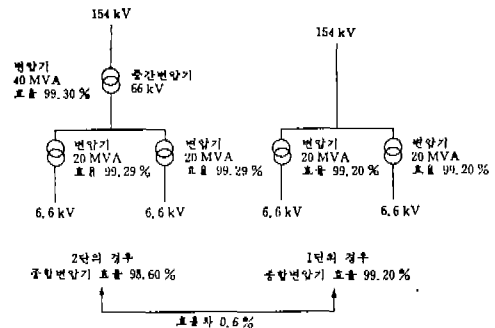
여기서 검토하여야 할 문제는 배전선로에서의 손실과 변압기에서 발생하는 손실을 비교 검토하여야 하는 것이다.

1) 2단 강압방식

일반적으로 대규모 공장이나 대형건물, 대단위 주거단지 등에서는 특고에서 고압으로 변성하여 부하 중심에 위치하는 2차변전소로 배전하는 2단 강압방식이 유리하다.

그러나 1단 강압방식에 비하여 일반적으로,

- 전력손실이 많다.
- 시설비가 많이 든다
- 보호시설인 차단기 용량이 증가된다. 사고시 파



<그림 2-1> 2단강압과 1단강압의 효율비교

급효과가 크다

- 시설의 소요면적이 크다.

바로 저압으로 변성하여 변압기에서 발생하는 손실의 증첩을 막아야 한다.

가능한 한 부하전압으로 직강압하는 것이 좋다. 또한 대용량의 특수부하가 있는 경우에는 배전전압을 고압으로 하여 부하에 공급하는 것이 유리하다.

2.2 비상용 발전설비

일반 빌딩이나 공장에서 사용전원이 비상정전인 경우 조명, 엘리베이터, 급배수, 공조 등의 정지로 인하여 재해사고를 일으킬 염려가 있다.

이러한 사고를 방지하기 위하여 건물자위상 최소한의 보안전력을 확보할 예비전원을 설비할 필요가 있다. 또한 각 나라마다 방재상, 소방법, 건축법 등을 통하여 예비전원의 설비를 규제하는 실정이다.

소규모의 것은 축전지 설치로 어느 정도의 시간을 지탱할 수 있으나, 오랜시간 또는 용량이 큰 것에는 비상용 자가발전설비의 설치가 요망되고 있다.

비상용 발전기는 연료로 가솔린을 사용하는 중용량의 가솔린엔진발전기와 중유, 경유만을 사용하는 대용량의 디젤엔진발전기, 그리고 중유, 경유, 등유 및 가스연료를 사용하는 가스터빈 발전기 등이 있으나 방화와 연료의 경제성 등으로 디젤엔진발전기가 주로 사용된다.

(1) 비상용 발전기의 부하결정

ㄱ) 예비전원이 필요한 장소

- 은행, 사무용빌딩: 컴퓨터실, 손님대기실, 금고둘레, 현금취급장소, 엘리베이터, 텔레타이프, 팩시밀리
- 백화점: 금전출납기, 매장조명, 장창조명, 냉동설비
- 병원: 수술실 기기 및 조명, 병실 복도, 주방
- 극장: 복도, 관람실, 스피커회로
- 공장: 정전에 의하여 생산품의 품질, 또는 생산설비에 중대한 영향을 미치는 공장
- 무선수신소 및 중계소, 방송국, 신문사
- 지역적으로 상용전원의 공급을 받을 수 없는 장소

- 피크부하 때의 보조발전용으로 사용할 경우

ㄴ) 설비부하의 결정

① 동력 및 전력장치의 부하

- 소화펌프 및 자동화제정보기용 전원
- 오수펌프, 배수펌프, 양수펌프는 필요 최소한의 대수

- 엘리베이터도 필요 최소한의 대수
- 지하 및 필요한 방의 환기팬
- 조작용 및 진화용 축전지의 충전기

② 전등부하

- 계단 및 복도, 비상구 등의 보안등
- 지하실 무창방등 필요개소
- 변전소 관계방, 자가용 발전기실, 옥외 변전소 구내의 전등
- 전화교환실, 통신기실 전등 및 콘센트
- 각 사무실의 전부 또는 일부전등

(2) 비상용 발전기의 적정용량 산정

발전기 용량은 다음의 ㄱ), ㄴ) 중에서 값이 큰 것을 택한다.

ㄱ) 발전기에 걸리는 부하의 합계로부터 계산하는 방법

발전기 용량 [kVA] = 부하의 입력합계 × 수용률
여기서 수용률은 다음의 값을 사용한다.

- 동력의 경우

최대입력의 것으로 또한 최소 1대에 대해서 100%, 기타입력에 대해서 80%

- 전등의 경우

발전기 회로에 접속되는 모든 부하 100%

ㄴ) 부하중에서 가장 큰 유도전동기 시동시의 용량으로부터 구하는 방법

$$\text{발전기 정격(kVA)} \left(\frac{1}{\text{허용전압강하}} - 1 \right) \times X_d \times \text{시동(kVA)}$$

여기서 X_d : 발전기의 과도리액턴스로 23~30% 임
허용전압강하: 2대 이상이 동시에 시동할 경우, 2대의 기동력 [kVA]을 더한 값과 1대의 기동 [kVA]의 경우와 비교하여 큰 값을 취한다.

2.3 축전지설비

축전지는 유도등과 같이 법적인 것과 서비스 업무나 보안상 필요한 최저 조도용인 비상용 전원이 될 뿐만 아니라 변전기기 및 제어기기의 조작용 릴레이, 감시반 등의 전원으로 사용되고 전화교환장치나 통신, 신호 등의 전원 비상방송, 전기시계, 화재경보 장치의 전원으로 사용된다.

축전지로는 연속전지와 알칼리축전지가 있으며, 연속전지가 압도적으로 많이 사용되어 왔으나 근래에는 알칼리축전지가 급격히 보급되어 가고 있는 것이 세계적인 추세이다.

알칼리축전지는 연속전지에 비하여 과방전, 과전류에 대해 강하고, 고출방전특성이 좋으며 기대수명도 길다.

그리고 저온특성이 좋고 부식성의 가스가 발생하지 않는 등의 장점이 많다. 그러나 Ah당의 단가가 높은 결점이 있다.

(1) 축전지의 적정용량 선정

축전지의 용량이 Ah의 산출은 다음식을 사용한다.

$$Ah = K_1/60 + K_2T(I_2 + I_3)$$

여기서 I_1 : 유입차단기 1대의 투입전류중 최대의 것
 I_2 : 정전시에 교류로부터 변환되는 부하전류
 I_3 : 연속부하전류
 T: 정전시간
 Ah: 10h 환상용량

표 2-5는 K_1 계수와 K_2 계수를 표시한다.

<표 2-5> K_1 계수표

형식	연	알칼리	
		포켓	소결
K_1	40	18	9

<표 2-6> K_2 계수표

시간	연			알칼리	
	뮤들	클래드	페이스트	포켓	소결
	K_2	K_2	K_2	K_2	K_2
10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	1.19	1.18	1.22	1.02	1.01
3	1.39	1.33	1.43	1.04	1.03
1	1.85	1.82	2.00	1.15	1.04
0.5(30분)	2.50	2.50	2.64	1.28	1.14
0.25(15분)	3.57	3.51	3.62	1.43	1.17

<다음호에 계속.....>

음식이 곧 감기약이 되는 식품

식품이 치료약이 된다는 것을 식약일체(食藥一體)라고 하는데 아무런 부작용이 없어서 이상적인 약이라고 할 수 있겠다.

1) 생강탕

생강을 강판으로 갈아서 설탕이나 꿀을 섞어 뜨거운 물을 부어 자기 전에 마시면 가벼운 감기는 곧 효과를 볼 수 있다.

2) 마늘의 꿀조림

마늘 1kg을 껍질을 잘 벗겨 찹통에 넣고 찐다. 이것을 냄비에 담고 꿀 450g을 가하여 휘저으면서 또 다시 졸인다. 이렇게 만든 조림을 병에 담아두었다가 감기 기운이 있을때 하루에 1~3회씩 1~2쪽을 꺼내서 먹는다.

3) 금감(金柑)설탕조림

금감은 알귤이라고도 하며 대추 크기만한 귤의 한 종류이다. 속을 까서 먹는 것이 아니라 통째로 찢어 먹는 귤이다. 생것으로도 좋고 설탕을 넣어 끓여서 즙을 만들어 먹어도 감기약이 된다.

4) 마늘 된장국

마늘을 찧거나 으깨어 짜지 않은 된장과 섞어서 찹에 넣고 뜨거운 열탕을 부어서 국을 만들어 뜨거운 것을 불면서 마신다. 된장과 마늘의 양은 마시기 좋도록 적당히 조절한다. 마늘 대신 파를 넣어도 좋다.

5) 마늘 무즙

무즙을 끓이면서 마늘을 강판에 간것을 섞어 마시면 재치기·콧물 감기에 효과가 있다.