



전기설비의 전기에너지 절약 운영기술 ⑥

자료제공 : 기술연구팀 ☎ 02)875-6524

제3절 수변전설비의 에너지 절약 운영

1. 수변전설비의 적정성

수변전설비는 전기설비 중에서 가장 중요한 것으로 보통 전력회사의 배전선으로부터 특고압으로 수전하는 경우와 공장구내의 2차변전설비로서 설치된 경우가 있다.

수변전설비의 계획이나 증설, 재배치 등에서는 적정한 위치선정, 수변전실의 넓이, 용량 등을 살려야 한다. 그리고 수변전설비의 변압기용량, 차단기용량 및 콘덴서용량 등에 대해서 용량의 적정화를 검토한다.

가. 수변전설비의 적정위치

(1) 환경을 고려한다.

- 폭발위험물, 가연성물질 등의 부근을 피한다.
- 증기 등에 의한 온습도가 높은 곳은 피한다. 또한 노의 근처 등 고온 발생장소를 피한다.
- 통풍, 환기가 잘 되는 장소를 택한다.
- 염해나 부식성가스, 먼지 등이 많은 장소는 피한다.
- 침수의 염려가 없는 곳을 택한다.
- 진동이 심한 곳도 피한다.
- 기기의 반출입이 편리한 곳
- 지반이 견고한 곳을 택한다.

(2) 부하설비와의 관계를 고려한다.

- 부하의 중심에 가깝고, 배전에 편리한 장소로 한다.
- 부하가 넓게 분산되어 있을 경우는, 변압기뱅크를 적당한 장소에 배치한다.
- 전원의 인입, 구내의 배전선의 인출에 편리한 곳
- 전력회사의 송배전선으로부터 멀리 떨어져 있지 않을 것
- 구내 배전선이 길어지지 않아야 하는 것이 중요하다.
- 장래의 증설, 확장에 대비한, 변전설비 용량의 증대 또는뱅크의 증가가 가능한 여유가 있는 곳

나. 수변전실의 적정넓이

수변전실의 넓이는 시설하려는 변압기, 배전반 등 주요기기의 설치, 그리고 감시 및 점검수리, 반·출입 등에 지장이 없는 정도의 넓이여야 한다.

수변전실의 필요면적의 일반적인 식은 다음과 같다.

$$\text{수변전실의 넓이}[\text{m}^2] = 3.3 \sqrt{\text{변압기 용량}[\text{kVA}] \times a}$$

여기서,

a: 건물면적이 6,000m² 미만에서 :2.66
 10,000m² 미만에서 :3.55



표 3.3.1 변전실의 최소넓이

최대사용 전력 (kVA)	변전실 최소넓이		최대사용 전력 (kVA)	변전실 최소넓이	
	m ²	평		m ²	평
50	23	7	600	79	24
75	309	700	86	26	
100	33	10	800	93	28
150	40	12	900	99	30
200	46	14	1,000	106	32
250	53	16	1,200	116	35
300	56	17	1,400	122	37
350	63	19	1,600	132	40
400	66	20	1,800	139	42
500	73	22	2,000	149	45

10,000m² 이상에서 :5.5
 형식에 구별이 없는 경우
 10,000m² 이상에서 :5.5

한편, 수변전실의 최소넓이는 다음 식을 사
 용하고 있다.

$$\text{수변전실의 최소넓이 [m}^2\text{]} = 3.3 \sqrt{\text{변압기 용량[kVA]}}$$

윗식에 따라 변전실의 최소넓이의 개략치는
 표 3.3.1과 같다.

수변전기에 대하여, 천장높이를 충분히 두
 어야한다.

- 고압의 경우 천장 높이는 보 아래 3.0m 이상
- 특고압의 경우 천장높이는 보 아래 4.5m 이상

다. 변압기의 적정용량 선정

변압기의 용량은, 각 부하의 설비용량, 수용
 률, 부동률과 장치의 증설을 고려하여 결정하
 며, 결정방법은 다음 식에 의하여 구할 수 있
 다.

$$\text{변압기용량} \geq \text{합성최대부하}$$

$$= \frac{\text{설치부하의 총합계} \times \text{수용률}}{\text{부동률}}$$

여기서 수용률, 부동률은 다음 식과 같다.

$$\text{수용률} = \frac{\text{수용가의 최대수요전력[kW]}}{\text{부하 설비의 정격용량의 합계[kW]}} \times 100[\%]$$

$$\text{부동률} = \frac{\text{각 부하의 최대수요전력의 합계[kW]}}{\text{각 부하를 종합하였을 때의 최대수요전력[kW]}} \times 100[\%]$$

식에서 보통, 수용률 < 1 이고, 또한 부동률 > 1 이다.

한편, 허용사용률이 낮은 저항용접기 또는
 시동전류가 큰 전동기 부하에 대해서는, 부하
 의 등가연속용량(kVA)에 대하여 규격에서 정
 해진 온도상승한도를 초과하지 않는 것으로
 하고, 도리어 부하의 허용되는 전압변동의 한
 도 내에 들어가도록 용량을 정하면 좋은 경우
 도 있다.

(1) 전등부하

전등부하의 경우 변압기용량은 다음 식으로 계산한다.

$$\begin{aligned} & \text{변압기용량[kVA]} \\ &= \sum \frac{\text{각 전등의 소비전력[W]}}{\text{역률}(\cos) \times 1,000} \end{aligned}$$

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

[산출 예]

어떤 사무실에서 전구 300W × 1,000EA, 형광등 40W 2연식 1,000EA를 사용하는 경우의 변압기용량은?

전구의 $\cos \phi = 1$, 형광등의 역률을 $\cos \phi = 0.8$ 그리고, 40W 형광램프용 안정기 손실을 10W라 하면,

$$\begin{aligned} & \text{변압기 용량} \\ &= \frac{300 \times 1,000}{1 \times 1,000} + \frac{(40+10) \times 2 \times 1,000}{0.8 \times 1,000} \\ &= 300+125 = 425[\text{kVA}] \end{aligned}$$

(2) 전동기부하

전동기의 용량을 알고 있더라도, 전원으로로서 필요한 변압기의 용량을 구하는 경우, 일반적으로 다음 식으로 계산한다.

$$\begin{aligned} & \text{변압기용량(kVA)} \\ &= \sum \frac{\text{각 전동기의 출력[kW]}}{\text{효율}[\%] \times \text{역률}(\cos)} \times 100 \\ & \text{즉 각 전동기의 출력[HP]} \end{aligned}$$

또한, 수대의 전동기가 동시에 기동하는 경우, 전동기 1대에 대하여 변압기 1대의 경우,

비교적 소출력의 전동기로 직입기동하는 경우에는 기동전류에 의한 전압강하 때문에, 전동기가 기동되지 않으므로, 이와 같은 경우에, 다음 식에 의하여 전압변동을 보상하여 미리 전원용량을 크게 잡을 필요가 있다.

$$\begin{aligned} & \text{변압기용량(kVA)} \\ &= \frac{\text{전동기의 출력[kW]}}{\text{효율} \times \text{역률}(\cos \phi)} \\ & \text{변압기의 전압강하} \\ &= \frac{\text{전동기의 기동출력[A]}}{\text{변압기의 2차 정격전류[A]}} \\ & \quad \times \text{변압기의 임피던스전압} \end{aligned}$$

[산출 예]

37kW, 4극 200V, 60Hz의 3상 유도전동기의 경우 전원변압기의 용량은? 단, 효율87%, 역률 0.82라 한다.

$$\begin{aligned} & \text{변압기용량(kVA)} \\ &= \frac{37}{0.87 \times 0.82} \times 100 = 51.9[\text{kVA}] \end{aligned}$$

변압기의 규격품의 용량은 50kVA, 75kVA 이므로 구하는 용량은 75kVA로 된다.

(3) 용접기 부하

(가) 교류아크 용접기의 경우

$$\begin{aligned} & \text{변압기용량(kVA)} \\ &= \sum \left(\frac{\text{각 용접기의 최대단락 1차입력[kVA]}}{1.1} \right. \\ & \quad \left. \times \frac{\text{변압기의 정격 2차전압}}{\text{용접기의 정격 1차전압}} \right) \end{aligned}$$

(나) 저항용접기의 경우

사용률이 10~50%의 경우

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

또한 \sqrt{n} 대의 동일정격의 용접기가 서로 인더록 되어서 동시 통전하는 경우는 변압기용량(kVA) = $\sqrt{n} \times \text{용접기의 정격용량(kVA)}$

표 3.3.2는 생산공장, 빌딩 등의 수용률, 부하율, 부동률의 한 예이다.

표 3.3.2 수용률 등의 참고값

○ 생산공장의 수용률[%]

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
제지펄프공업	60 ~ 75	조선소	30 ~ 45
화학공업	60 ~ 80	가스(제조)	10 ~ 60
제연	70 ~ 80	가스(공급)	70 ~ 90
석유정제	50 ~ 70	수도	55 ~ 80
고부	50 ~ 60		

○ 빌딩의 수용률[%]

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

○ 동력부하의 수용률[%]

부하의 종류	수용률의 범위	인입용량결정상의 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 가열기, 오븐	80 ~ 100	90

전기설비의 전기에너지 절약 운영기술 ⑥

○ 전등부하의 수용률[%]

수 요 별	전등부하의 수용률		
	최 소	최 대	평 균
주 택 (10등 이상)			10 ~ 30
상 점			40 ~ 100
사 무 소 · 은 행			57 ~ 87
레 스 토 랑			52 ~ 62
공 장			53 ~ 56
호 텔			28 ~ 55
학 교	54.40	84.30	68.62
역 사			75 ~ 95
극 장 회 관			49 ~ 80
상 업 지 역	79.90	95.00	87.76
공 업 지 역	69.90	95.00	73.26
주 택 지 역	23.80	96.60	56.94
병 원	38.14	70.00	51.26

○ 부하율[%]

업 증 별	수 용 률	업 종 별	수 용 률
광 산 제 편	60 ~ 75	철 강 업	40 ~ 65
석 탄	60 ~ 70	알 루 미 늄 제 조 업	90 ~ 95
식 품 공 업	50 ~ 65	금 속 공 업	55 ~ 75
선 유 공 업	55 ~ 85	기 계 공 업	30 ~ 50
제 지 펄 프 공 업	70 ~ 90	선 박	35 ~ 45
화 학 공 업	70 ~ 90	철 도	50 ~ 65
제 염	70 ~ 90	수 도	70 ~ 80
석 유 정 제	75 ~ 80	가 스	60 ~ 75
고 무	40 ~ 60	요 업	60 ~ 85

○ 부등률

구 분	부 등 률
전등변압기와 동력변압기간	1.10
동력변압기 상호간	1.36

라. 변압기 온도상승과 과부하 운전

(1) 변압기의 냉각 방식

일반적으로 변압기는 유입식이든 건식이든 자연식 냉각방식을 채택한다.

특히 2중 정격 용량으로 하려고 할 때는 송풍기를 설치하여 강제 송풍식 냉각 방식을 채택한다. 이때는 자연식 정격 용량의 약 30% 정도 용량을 증가하여 사용할 수 있다.

냉각 방식 및 그 기호는 표 3.3.3과 같다.

(2) 변압기의 온도 상승

표준 상태(주위 온도 최고 40℃, 표고 해발 1000m 이하)에서 변압기의 온도 상승은 다음에 의한다.

(가) 유입 변압기

유입 변압기의 온도는 권선 온도와 절연



표 3.3.3 변압기 냉각 방식과 기호

냉각방식	표시기호	권선 철심의 냉각 매체		주위의 냉각 매체	
		냉각매체	순환매체	종 류	순환방식
건식자냉식	AN	공 기	자 연	-	-
건식풍냉식	AF	공 기	강 제	-	-
유입자냉식	ONAN	절연유	자 연	공 기	자 연
유입풍냉식	ONAF	절연유	자 연	공 기	강 제
송유자냉식	OFAN	절연유	강 제	공 기	자 연
송유풍냉식	OFAF	절연유	강 제	공 기	강 제

표 3.3.4 변압기의 온도 상승 허용 한도

변 압 기 의 부 분	측 정 법	온도 상승 허용 한도(℃)
1. 권선 유입 자냉식, 유입 풍냉식 송유풍냉식	저 항 법 저 항 법	55 65
2. 유온 절연유 최상부 본체 탱크 내의 절연유가 외기와 접촉하지 않는 경우	온도계법	55
3. 철심 및 기타 부분 철심 및 기타 금속 부분의 절연면에 접 하는 표면	온도계법	근접 절연물을 손상하지 않는 온도

표 3.3.5 건식 변압기의 온도 상승 허용 한도(℃)

절 연 종 류	A	E	B	F	H	비 고
권선 온도 상승	50	75	80	100	125	
허용 최고 온도	105	120	130	155	185	

유의 온도를 각각 규정한다.

ESB140(1994)에 규정된 온도 상승은 표 3.3.4와 같다.

과전압에 대하여는 2차 정격 전압의 105% 전압, 부하 역률 80%에서 표의 온도 상승 허용 한도를 초과하지 않고 연속 정격 출력으로 운전되어야 하며, 또한 무부하 상태에서 2차 정격 전압의 110%의 전압에서 표의 온도 상승 허용 한도를 넘지 않고 운전할 수 있어야 한다.

(나) 건식 몰드 변압기

몰드 변압기는 B, F, H 3종의 절연 종별이 있다. 각 종별 온도 상승 한도는 표

3.3.5와 같다(IEC 726).

(3) 변압기의 과부하 운전

변압기는 특정한 조건하에서 정격 부하를 초과하여 운전할 수 있다. 변압기의 수명에 큰 영향을 주지 않고 정격보다 초과할 수 있는 부하율은 표 3.3.6과 같다.

이 때의 변압기 특성은 다음과 같다.

(유자연 순환)

권선 최고점 온도 상승	70
주위 최고 온도	40
등손 대 철손 손실비	4:1
유온 변화의 시정수(H)	1.5, 2.5, 3.5

표 3.3.6 단시간 과부하 지침

냉각방식		정격 출력의 배수					
		자냉식 및 수냉식			송유식 및 송풍식		
과부하 전의 부하%		90	70	50	90	70	50
시간(H)	1/2	1.47	1.50	1.50	1.39	1.45	1.50
	1	1.33	1.39	1.45	1.26	1.30	1.32
	2	1.20	1.25	1.29	1.16	1.18	1.21
	4	1.10	1.14	1.15	1.08	1.10	1.12

(주) [1] 단시간 부하가 걸리기 전의 부하의 크기를 말한다. 이것은 2시간 평균 또는 24시간 평균(과부하 시간을 제외)을 구해 큰 쪽의 것을 선정한다.
 [2] 과부하의 한도를 150%로 한다.

표 3.3.7 주위 온도가 변압기 용량에 미치는 영향

최고 유온 상승(℃)		동손과 철손의 비()								
		2: 1			3: 1			5: 1		
		35	40	45	35	40	45	35	40	45
주위 온도	50	74	73	72	75	75	75	77	77	77
	40	88	87.5	87	89	89	89	89	89	88.5
	30	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20	111	111.5	112	110	110.5	111	110	110	110
	10	122	122.5	123	121	121.5	122	120	120.5	121
	0	132	133	134	130	131	132	129	129.5	130
	-10	141.5	142.5	143.5	138	139	140	138	138.5	139

(주) 숫자는 용량에 대한 비율임(%)

이 표는 하루 중 대부분의 시간을 일정 부하가 걸려있다가 하루 1회 어떤 일정시간 중 부하(피크 부하)가 걸린다고 하고 구한 것이다. 피크 부하가 하루 2회 걸리면 그 시간의 합계 시간이 하루 1회 걸린다고 생각하면 된다.

(4) 주위 온도에 따른 변압기 용량의 변화

이 항목은 ANSI에 준거한 설명이므로 주위의 표준 온도를 30℃로 설정하였다. 일반적으로 변압기의 출력은 권선의 최고 온도에 의하여 정해진다. 즉 허용 최고 온도에서 연속하여 걸 수 있는 최대 부하가 곧 정격 출력이다. 따라서 주위 온도가 변하면 연속 최대 부하도 변한다. 자냉식 변압기의 경우 주위 온도가 30℃이하이면 그 1℃마다 1%의 과부하가 가능하

고, 주위 온도가 30℃ 이상에서 1℃올라갈 때마다 부하를 이론상 1~1.5%씩 감소시켜야 하나 실제에 있어서는 2%를 줄이는 것이 안전하다.

2. 변압기의 에너지 절약운영

변전기기, 특히 대형변압기는 전력기기에 비하여, 회전부분도 없고, 기계적 에너지가 관여하지 않으므로, 고효율기기이지만, 변압기를 통과하는 전력량이 매우 크므로, 약간의 손실을 개선으로도 큰 에너지절감을 실시할 수 있다.

가. 고효율 운전

변압기의 고효율운전이란, 변압기의 전력



표 3.3.8 유입변압기 특성

용 량 [kVA]	효 율 [%]	전손실 [kW]	무부하손과 부하손의 비
3,000	98.75	38.0	1: 3.6 ~ 1: 4.9
4,500	98.89	50.6	
5,000	98.93	54.1	
6,000	99.98	61.8	
7,500	99.07	70.4	
10,000	99.16	84.8	
15,000	99.21	119.5	
20,000	99.29	143.0	

손실을 최소로 하여 사용하는 것이다.

지금, 변압기의 정격용량을 $P[kVA]$ 라 하고, 부하의 정격용량에 대한 비율을 n 과 부하역률 \cos 로부터 효율 η 를 구하면

$$\eta = \frac{nP \cos \phi}{nP \cos \phi + W_F + n^2 W_k} \times 100[\%]$$

여기서 W_F : 무부하손실

W_k : 부하손실

따라서, 효율 η 는 n 에 따라 변화하고

$\sqrt{n} = W_F / W_k$ 가 최대효율로 되며, 부하 전력의 변동이 적은 부하에서는 윗식의 조건을 만족하는 변압기용량을 정하여 전력손실을 적게 할 수 있다.

그러나, 빌딩이나 공장의 전기설비의 부하와 같이 항상 변동하고 있는 부하형태에서 고효율운전을 하기 위하여는 변압기의 탭크수를 많게 하여 부하의 변동에 대응되는 기기구성을 할 필요가 있다.

또한 변압기가 최대효율로 되기 위해서는, 철손과 동손이 같아지는 부하전력일 때이며, 현재 제작되고 있는 일반변압기가 최대효율로 되는 부하전력은 정격용량의 50~65%로 비교적 경부하이므로 고효율운전을 위하여 변압기 용량을 정하면 용량은 커진다.

표 3.3.8은 3상, 50Hz, 정격전압, 1차 60kV, 2차 6.6kV의 유입변압기의 특성을 일반적으로 상정한 것이다.

효율은 용량이 커질수록 커진다.

이것은, 변압기의 손실은, 철심의 자속밀도 및 권선의 전류밀도가 일정하다면, 중량에 비례하고, 중량은 용량의 약 3/4곱에 비례하므로, 효율은 거의 「1-(정수)×(용량)^{-1/4}」로 되어 용량과 더불어 향상되기 때문이다.

나. 무부하손실의 경감방법

(1) 무부하 변압기의 정지

이것은 부하의 종류, 용도로부터, 그의 사용시간대 별로 각각의 변압기를 설치하여 놓고, 사용시간외는 변압기를 떼어 놓아서 철손에 의한 손실을 적게 하는 방법이다.

(2) 변압기의 운전대수 제어

부하곡선을 보면, 부하가 걸리는 방법은, 업중이나 건물용도에 따라 다르다.

일반적으로 기계공업 등의 제조업은 그림 3.3.1(b)와 같이 주간에만 부하가 걸리고, 야간, 휴일은 보안전력만의 경우가 많다. 그러나 화학공업이나 철강업에서는 그림 3.3.1(a)에서와 같이 24시간 조업으로 주야간의 부하 변동이 적다. 사무소빌딩이나 백화점 등에서는 그림 3.3.1(b)와 유사한 부하곡선이 많다.

변압기의 운전대수제어는, 그림 3.3.1(b)와 같은 부하곡선에 적용되는 방법이다.

이 방식은, 복수의 변압기를 병렬로 설치하고, 부하의 변동에 맞추어서 가장 효율이

좋아지는 변압기의 조립을 선정하고 나머지 변압기를 떼어놓는 방식이다.

이 방법은, 변압기의 단기용량을 적게 하여, 복수대로 하는 관계로 종합 철손은, 단기용량의 합계용량으로 한 대용량 1대보다 커지므로, 운영에서는 대수제어의 득실을 검토할 필요가 있다.

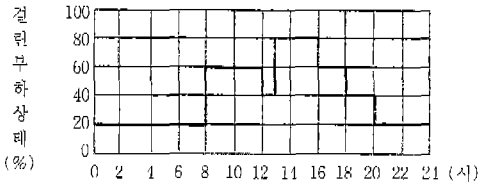
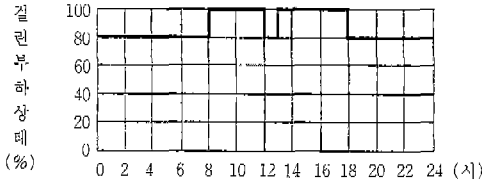


그림 3.3.1 부하곡선

그러면, 실제의 수치를 사용하여, 변압기 운전대수를 생각해 보기로 한다.

표 3.3.8 중에서 변압기용량이 5,000kVA, 7,500kVA, 15,000kVA의 수치를 사용하여 변압기를 3뱅크, 2뱅크, 1뱅크의 구성의 경우를 비교하여 보기로 한다.

(가) 15,000 kVA 변압기 1대를 사용할 경우

표 3.3.8로부터 15,000kVA 변압기의 전손실은 119.5kW이며, 무부하손과 부하손의 비가 1:4이므로, 무부하손=23.9kW, 부하손=95.6kW로 된다. 1일의 손실전력량 W_1 는 그림 3.3.1의 부하곡선으로부터 다음과 같이 된다.

$$W_1 = 23.9 \times 24 + 95.6(0.8^2 \times 6 + 0.6^2 \times 1 + 0.4^2 \times 3 + 0.2^2 \times 14) = 1,074[\text{kWh}]$$

(나) 7,500kVA 변압기 2대를 사용할 경우

표 3.3.8로부터 7,500kVA 변압기의 전손실은 70.4kW로 되므로 무부하손=14.1kW,

부하손=56.3kW로 된다. 그림 3.3.1의 부하곡선으로부터 7,500kVA 변압기 1대를 사용할 경우의 손실전력량 W_2 는

$$W_2 = 14.1 \times 24 + 56.3(0.8^2 \times 6 + 0.6^2 \times 1 + 0.4^2 \times 3 + 0.2^2 \times 14) = 633[\text{kWh}]$$

그러므로 7,500kVA 변압기 2대의 손실전력량은

$$633[\text{kWh}] \times 2 = 1,266[\text{kWh}]$$

그러나 2대의 변압기를 상시 병렬운전하지 않고, 부하의 크기에 따라 변압기 1대를 운전정지한 경우를 생각해본다.

그림 3.3.1의 부하곡선에서, 부하율 20% 이하일 때는 변압기 1대를 운전정지하고, 다른 경우에 변압기 2대를 병렬 운전한다고 한다. 0~8시, 18~24시의 14시간은 1대 운전, 8~18시의 10시간은 변압기 2대 운전하여, 1일의 손실전력량 W_{21} 을 계산하면

$$W_{21} = 14.1 \times (24 + 10) + 56.3 \times (0.8^2 \times 6 \times 2 + 0.6^2 \times 1 \times 2 + 0.4^2 \times 3 \times 2 + 0.2^2 \times 14) = 1,038[\text{kWh}]$$

7,500kVA 변압기를 2대 상시 병렬 운전한 경우에 비하여 $633 \times 2 - 1,038 = 228[\text{kWh}]$ 만큼 1일의 전력손실량은 적다.

(다) 5,000kVA 변압기 3대를 사용하는 경우

5,000kVA 변압기의 전손실은 54.1kW로서, 무부하손, 부하손은 각각 10.8kW, 43.3kW로 된다.

1일의 손실전력량 W_3 는

$$W_3 = 10.8 \times 24 + 43.3 \times (0.8^2 \times 6 + 0.6^2 + 0.4^2 \times 3 + 0.2^2 \times 14) = 486[\text{kWh}]$$

그러므로 변압기 3대의 손실 전력량은

$$486 \times 3 = 1,458[\text{kWh}]$$

그런데, 부하율 60% 이상의 경우는 3대 병렬운전, 40%일 때 2대 병렬운전, 20%일 때는 1대만 운전한다면, 1일의 손실전력량을 계산하면 다음과 같이 된다.

그림 3.3.1에서부터 0~8시, 18~24시의 14시간은 1대를 운전, 8~9시, 12~13시, 17~18시의 3시간은 2대 병렬운전, 9~17시의 8시간은 3대 병렬운전으로 되며 1일의 손실 전력량 W_{31} 은

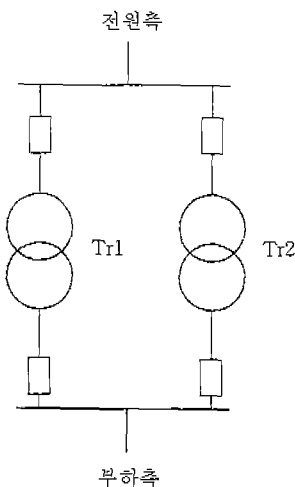
$$W_{31} = 108 \times (24+10+8) + 43.3 \times (0.8^2 \times 6 \times 3 + 0.6^2 \times 1 \times 3 + 0.4^2 \times 3 \times 2 + 0.2^2 \times 14 \times 1) = 1,065$$

로 되며, 3대 상시 병렬운전의 경우에 비하여, 1일의 손실전력량은 $486 \times 3 - 1,065 = 393$ [kWh]만큼 적어진다.

이상과 같이, 복수뱅크로 구성될 경우, 1일의 부하의 변동이 클 때에는 부하변동에 맞추어서 운전대수를 변화함으로써, 손실전력량의 절감을 기대할 수 있다.

(3) 소용량 변압기로의 교체

이 방법은 그림 3.3.2에서 나타내는 바와 같이 대소용량의 변압기를 2대 설치하여 놓고, 부하상태에 따라 변압기를 바꾸어서, 철손을 적게하지만, 바꿀 때 변압기의 과부하 운전으로 되는 염려가 있으므로 주의할 필요가 있다.



[조건] 변압기용량 $Tr1 > Tr2$

그림 3.3.2 소용량 변압기로의 교체

그외로, 1일의 부하가 주간에는 동력부하, 야간에는 전동부하가 주로 걸리는 경우에는 동력, 전동이 각각 전용의 변압기를 설치하지 않고도 동력전동 공용 변압기의 사용이나 또는 다른 용량의 V결선으로 공급할 수 있다.

(4) 변압기실의 통풍

변압기실은 옥내에 설치하는 경우가 많으며, 이때는 변압기 손실로 인하여 발생하는 열을 배기하지 않으면 안된다.

변압기실 통풍량은 흡입공기 온도와 배기 온도차가 12°C 이하일때 통풍량은 대략 변압기 1kW, 손실당 $4\sim 5\text{m}^3/\text{분}$ 의 공기를 순환하는데 해당된다.

통풍량은, 흡기구와 배기구와의 공기온도의 차를 10°C 로 하면, 다음 식의 정도를 필요로 한다.

$$\text{풍량 } V = 0.1W \text{ (m}^3/\text{S)}$$

여기서, W: 실내의 변압기의 총손실 [kW]

3. 부하 밸런스 개선에 의한 에너지 절약

전부하설비의 에너지 밸런스를 재검토하여 어디에 손실이 있나를 파악한다.

노설비, 송풍설비, 펌프설비 등은 그의 제원을 비교적 잡기 쉬우나, 기계구동설비는 우선 그의 정격에서의 전동기의 입력과 정격용량과 비교하여 본다.

그리고 현재는 여러 가지 사정으로 반드시 전부 가동생산하지 않는 경우도 있으므로, 그 상태에서의 손실을 구하여 본다.

그결과, 시스템전체로서 고려되어야 하며, 구형설비는 이외로 손실이 많은 것은 최근의 동종의 설비와 비교하여 볼 필요가 있으며, 과감하게 경신하지 않으면 매우 큰 손실을 거듭하게 된다.

특히 노설비에서의 단열의 2중화, 물건 취급구의 단열커튼, 노문개폐의 2중화 등 적은 비용으로 효과를 올릴 수 있다.

그리고, 꼭 전기가열을 하여야 하는가를 에너지의 유효이용 측면에서 재고할 필요가 있다.

또한 배전계통의 변압기의 용량과다, 그리고 구형변압기의 사용으로 인한 철손의 차등은 구형과 신형에서의 차이가 크다.

회전기는 변압기에 비하여, 용량이 큰것이 경부하로 사용될 경우, 철손보다도 동손이 크므로 손실은 그리 크지 않으나 송풍기, 펌프가량의 가감을 위하여 조절하여 사용할 경우는 큰 손실로 된다.

또한 에너지의 전송경로의 손실도 무시할 수 없는 요소이다. 설비속의 전송로에서 이외의 손실이 생기는 것도 있다. 물, 압축공기, 기타 유체수송에서의 배관손실은 생산설비의 증감의 비율로는 증감되지 않는 예가 있다.

전선로에서도 적정사이즈인가 또는 단상부하의 경우의 불평형이 생기고 있는가를 점검할 필요가 있다.

4. 진상콘덴서에 의한 역률 개선관리

수변전설비에는 대체로 역률개선을 위한 진상용콘덴서가 설치되어 있다. 이것은 다음과 같은 효과가 있기 때문이다.

- 역률개선에 의한 선로 및 변압기내의 전력손실의 경감을 도모할 수 있다.
 - 선로 및 변압기내의 전압강하의 경감을 기할 수 있다.
 - 변압기, 발전기 등 송배전설비의 전류용량의 여유의 증가를 기할 수 있다.
 - 전기요금의 절감
- 일반적으로 공장의 수전역률은 95%이상 100%가 되도록 개선되고 있는 것이 보통이며, 콘덴서는 선로선실을 적게 하는 뜻에서, 될 수 있는대로 말단에 설치하는 것이 바람직하지만,
- 저압콘덴서가 고가이고
 - 저압콘덴서는 구조가 크고, 설치 공간의 문제가 있다.
 - 수전단에 설치한 고압콘덴서로 역률을

개선하면, 기본전력요금의 역률할인만으로도 조기에 자금회수를 할 수 있다.

이러한 이유로, 일반적으로 수전소에 콘덴서가 설치된다. 그러나, 이와 같이 한 수전역률의 개선에서는, 공장구내의 저항 등에 의한 손실은 전혀 경감되지 않고, 오로지 배전선로, 송전선로 등의 손실감소에 기여한다.

5. 수변전설비에서의 에너지 절약 요령

- (1) 수변전설비는 부하의 중심점 근처에 설치하는 것이 배전손실과 전압강하가 적고 경제적이다.
- (2) 수변전설비의 적정위치는 폭발위험성이나 가연성있는 장소나, 습기, 먼지 등이 많은 장소를 피한다.
- (3) 수변전선의 넓이는, 변압기, 배전반 등 중요기기의 감시, 점검수리 및 반출입 등에 지장이 없는 정도의 넓이여야 한다.
- (4) 변압기의 운영관리에서 특히 온도상승 한도를 유의하여야 한다.
- (5) 변압기의 적정용량 산정에서는 부하의 설비용량, 수용률과 부동률과 장차의 증설을 고려한다.
- (6) 변압기의 에너지절감 운전에서는 고효율 운전과 무부하손실의 경감 방법을 적극 활용한다.
- (7) 전부하설비의 에너지밸런스를 재검토한다.
- (8) 변압기는 전력소모가 적은 몰드형을 사용한다.
- (9) 변압기의 무부하손실 경감방법에서는 대소용량의 변압기 2대를 설치하여 부하상태에 따라서 변압기를 교체하여 철손을 적게 한다.
- (10) 야간 및 휴일 또는 동력을 사용하지 않을 때는 변압기를 회로에서 차단한다.
- (11) 무부하시, 경부하시에는 콘덴서를 조정하여 앞선 역률을 방지한다. 2.5.3

● 다음호에 계속 됩니다