

중소기업에서의 전기사용 합리화 기법

글/대한전기기사협회 기술실

1. 최근의 에너지 정세와 중소기업에서의 전기사용 합리화 현황

최근의 에너지 정세를 보면 국제적으로는 원유가격이 비교적 저렴해지고 공급도 안정되고 있다. 이러한 실정이기 때문에 에너지절감 운동은 정체되거나 오히려 후퇴하고 있는 실정이다.

근래 중소기업에서는 제품의 료트가 적고 다품종화의 경향에 있기 때문에 생산공정의 자동화도 어려운 형편이고 아울러 인력확보를 위하여 고용조건이나 환경정비에 힘을 쏟아야 할 형편이다. 또 중소기업은 일반적으로 가격경쟁이 심하고 원가절감을 위하여 합리화에 투자가 앞서고 있어 에너지절감을 위한 투자는 원가절감에 큰 효과가 없을 때도 있기 때문에 경영자가 에너지사용합리화에 대한 관심은 있으나 실천상황은 저조한 형편이다.

그러나 원유가격도 중장기적으로 볼 때 수급의 불균형과 가격상승이 염려되며 지구온난화 대책 등도 포함하여 전체의 산업에서 에너지절감을 추진하는 것이 특히 자원빈국인 우리나라에서는 중요한 과제일 것이다.

2. 중소기업에서의 전기사용합리화 기법

중소기업에서는 전기사용합리화의 기초가 되는 에너지의 사용량을 숫자적으로 파악이 잘 안되는 경우가 많다.

전기사용합리화의 기본은 각 생산공정에서의 생산

량과 이에 소비된 에너지사용량을 올바르게 파악하여 이것의 정량적인 목표를 세워 관리함으로써 시작 된다고 할 수 있다(전력관리).

전기사용합리화의 궁극적인 목적은 전력원단위의 저감에 있으며 그러기 위하여는 각종 설비의 운용면, 설비면에서의 개선조치를 강구하는 것이 중요하다(각종 설비의 전기사용합리화 개선조치).

가. 전기사용합리화를 위한 전력관리

(1) 전력사용실태의 파악

(가) 사용전력량의 파악과 전력원단위의 산출

사용전력량을 파악하는 것은 전기사용합리화 추진의 첫거름이다. 매달 전력회사의 검침표로 총사용전력량이 파악된다. 가능하면 건물별, 부서별, 동력, 전동, 전열별로 나누어 사용전력량을 파악하는 것이 바람직하다. 이로 인하여 전력원단위 등의 지표를 구할 수 있고 전력관리의 데이터로서 활용이 된다.

다시 말하지만 전기사용합리화의 궁극적인 목표는 전력원단위의 저감이다. 전력원단위란 어느 단위생산량에 대하여 어느 만큼의 전력량을 사용하였는가를 표시하는 것으로 일반적으로 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$\text{전력원단위} = \frac{\text{사용전력량(kWh)}}{\text{생산량(t, kg, m}^3\text{개 등)}}$$

전력원단위를 산출하는 기간은 일반적으로 1개월 일때가 많고 또 생산량의 단위는 t(톤), kg, l, m³개 등이 있다. 사무용 빌딩이나, 호텔, 백화점 등의

업무용 일때는 m, 매상고 등을 이용할 때도 있다.

전력원단위는 하나의 사업장 단위에서 구하는 것보다, 작은 단위로 구하는 것이 생산효율을 조사하거나 개선조치를 강구하는 면에서 유효하다.

(나) 일부하·연부하곡선

① 일부하곡선의 작성

일부하곡선은 가로축에 시간, 세로축에 1시간의 소비전력의 평균치를 잡아 그린 그래프이다. 1시간마다의 소비전력량은 적산전력계를 한시간마다 기록하여 다음식으로 구하여진다.

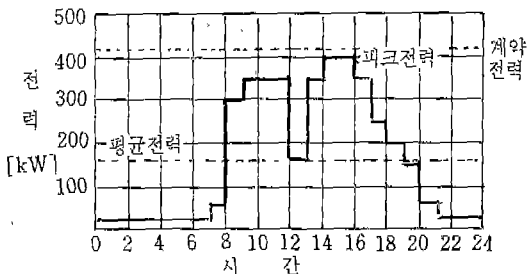
$$1\text{시간의 소비전력량} = ((\text{측정개시 1시간후의 지침}) - (\text{측정개시시의 지침})) \times (\text{승율}) [\text{kWh}]$$

<표 1>은 어느 수용가의 1시간마다의 전력량을 측정하여 그린 일부하곡선이다.

일부하곡선의 사용목적에는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

<표 1> 1시간마다의 전력량의 예

시 간	전 력 량 [kWh]	시 간	전 력 량 [kWh]	시 간	전 력 량 [kWh]
0~1	20	8~9	300	16~17	350
1~2	20	9~10	350	17~18	250
2~3	20	10~11	350	18~19	200
3~4	20	11~12	350	19~20	150
4~5	20	12~13	160	20~21	60
5~6	20	13~14	350	21~22	20
6~7	20	14~15	400	22~23	20
7~8	20	15~16	400	23~24	20



<그림 1> 일부하곡선의 예

㉠ 부하율의 개선

일부하율은 다음식으로 구하여진다.

$$\text{일부하율} = \frac{1\text{일의 평균전력}[\text{kW}]}{1\text{일의 최대전력}[\text{kW}] \times 100\%}$$

피크부하를 다른 시간대로 이동시키든가 혹은 전기사용합리화에 의하여 피크부하를 줄이는 등, 부하율을 개선하면 수배전설비용량에 여유가 생겨 용량을 줄일 수도 있다.

㉡ 부하설비증설의 검토

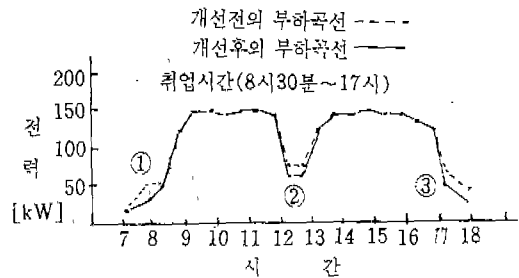
부하설비를 증설하고자할 때 일반적으로는 최대전력에 대한 변압기용량의 여유가 문제가 된다. 그러나 일부하곡선을 잘 검토하여 최대전력이 나타나는 시간대 이외에서 사용할 수 있으면 변압기를 바꾸지 않아도 부하설비의 증설이 가능하다.

㉢ 조업의 개선

조업이 적절하게 이루어지고 있는가, 또 조업이 끝난후 전력을 사용하고 있는 곳은 없는가 등을 조업시작할 때의 전력커브, 조업이 끝났을 때의 전력커브 등으로 검토하여 설비개선이나 작업공정의 변경 등을 고려하여 본다.

[개선사례]

<그림 2>는 어느 고무성형공장의 일부하곡선이다. 이 공장에서는 전력사용 상황을 보다 더 자세하게 파악하기 위하여 30분간격으로 일부하곡선을 작성하고 다음과 같은 개선책을 강구한 결과 실선과 같은 일부하곡선이 되어 몇 %의 사용전력량을 줄일 수 있었다.



<그림 2> 일부하곡선 개선 예

[기타 개선책]

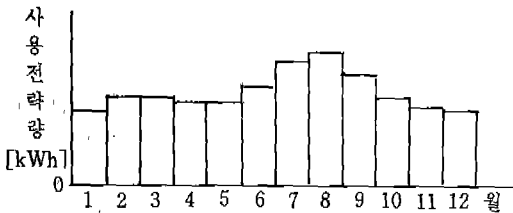
i) 종전에는 열프레스기의 히터를 취업전 1시간전에 넣고 있었다. 일부하곡선으로 보아 종업시의 15분정도 전에 설정된 온도치에 도달하고 종업시까지의 얼마간 냉각되는 손실을 발견하여 45분전에 히터를 넣도록 개선하였다. 이 시간은 계절에 따라 변경하고 있다.

ii) 점심시간에도 불필요한 전기를 소비하고 있는 것을 알아차려 불필요한 조명의 소등을 권장 실시하고 또 종전에 계속 들고 있던 유압용전동기를 정지시키도록 하였다. 유압쿠저가 있는 것은 냉각수도 아울러 정지시켰다.

iii) 작업종료후는 신속하게 자기가 담당하는 기계의 전원을 끄도록 현장작업원에게 주시시킨다.

② 연부하곡선의 작성

연부하곡선은 전력회사의 매월검침표를 바탕으로 가로축에 월, 세로축에 1개월의 사용전력량을 그린 그래프로 <그림 3>에 그 일례를 표시한다.



<그림 3> 연 부하곡선의 예

(가) 사용전력량의 증감이유를 검토하고 낭비가 있으면 개선책을 세운다.

(나) 최대전력이 나타나는 시간을 파악한다.

(다) 여름철 전력이 기타의 계절의 전력에 비교하여 현저하게 많을 때는 이를 억제하도록 검토한다.

(라) 최대전력·최대전류의 파악

연간을 통하여 최대전력·최대전류를 파악하는 것은 수변전설비용량이 적정인가를 판단하는데 매우 중요하다.

연부하곡선을 기초로 최대전력·최대전류가 흐르는 시간을 파악하도록 기록식 전력·전류계 등을 이용하

여 측정한다. 이 경우 변압기뱅크마다 측정하는 것이 바람직하다.

(라) 역률의 파악

부하설비는 일반적으로 지역율이다. 가장 많이 사용되고 있는 삼상유도전동기는 전부하시의 역률이 80% 정도이다. 역률이 낮으면 그만큼 여분의 전류가 흐르니까 변압기의 효율이 떨어지고 배전선손실도 많아진다.

고압측뿐만 아니라 저압측의 각부하설비의 역률도 파악하여 향상시키도록 하는 것이 중요하다.

[역률개선 효과]

① 변압기, 배선 등의 전력손실이 경감되어 이들의 설비용량에 여유가 생긴다.

② 전압강화, 전압변동이 감소하기 때문에 부하설비의 운전이 안정된다.

③ 전력회사와의 협정역률이 90% 이상이면 그분만큼 기본요금에 할인된다.

(2) 사용전력량의 목표치 설정과 관리

전년의 전력사용량 전력원단위 등의 실적으로 생산계획에 맞추어 사용전력량의 목표치를 설정하여 관리하는 것은 전기사용합리화의 의식고양과 그 실적을 평가하는데 중요한 일이다. 사용전력량은 가능한 한 공장별, 계통별, 공정별 등의 적은 단위로 목표관리를 하는 것이 바람직하다.

사용전력량, 전력원단위는 물론이고 설비의 설치 및 개수 폐지, 전기사용합리화대책 등에 대하여 기록하여 전력관리의 데이터로 한다<표 2> 참조.

<표 2> 전력관리표의 예

년월	항목	제 공장 계통			
		가동일수 [일]	사용전력량 [kWh]	전력원단위 [kWh/L]	부하설비의 증감

나. 각종설비의 전기사용합리화 기법

(1) 고압수전설비의 전기사용합리화 기법

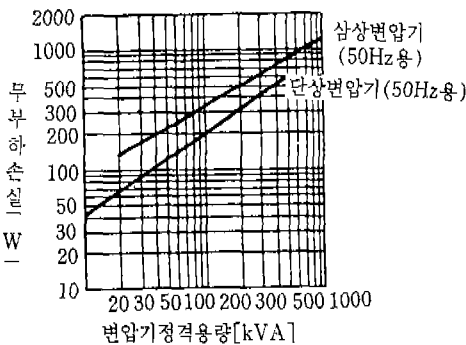
(가) 변압기용량의 적정화

변압기용량은 일반적으로 사용전력에 알맞은 정격용량을 선정하는 것이 유리하다. 고압수용가와 전력회사와의 계약방식은 전력회사의 공급규정에 정하여져 있다.

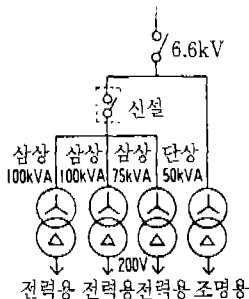
(나) 변압기의 무부하운전의 방지

변압기는 전기기기를 전혀 사용하지 않아도 통전되고 있을 때가 많다. 공휴일이나 야간 등 변압기가 전로에 접속되어 있는 것뿐으로도 무부하손이 있게 마련이다. 무부하손은 <그림 4>에 표시하는 바와 같이 에너지절약형이라도 3상변압기 300kVA 일때 650W, 단상변압기 100kVA 일때는 250W 정도로 되어있다.

이때 <그림 5>와 같이 변압기의 전원칙에 개폐기를 설치하여 이를 절단하면 전력손실을 줄일 수 있다. 이때 원격조작 등에 의하여 개폐가 안전하게 조작할 수 있도록 할 수도 있다. 또 보안용 회로와 일반용 회로를 구분하여야 할 필요가 있을 때도 있다.



<그림 4> 절전형 변압기의 무부하손의 예



<그림 5> 변압기 1차 개폐기 설치 예

(다) 변압기의 대수제어

기존설비를 용량증가할 때 등 복수대의 변압기를 병렬운전시킬 때가 있다. 이러한 경우 경부하시에는 일부의 변압기를 끄는 편이 유리하게 된다. 총부하 P1 [kVA]에 대하여 같은 특성인 변압기 P/2 [kVA]를 그대로 병렬운전하고 있다. 이 사이 1대를 휴지시켜 변압기의 전력손실을 경감하려면 정격용량에 대한 부하의 비율 (P1/P)이 어떠한 값 이하이면 효과가 있나는 다음식으로 산출이 된다.

$$\frac{P1}{P} \leq \frac{1}{\sqrt{2a}}$$

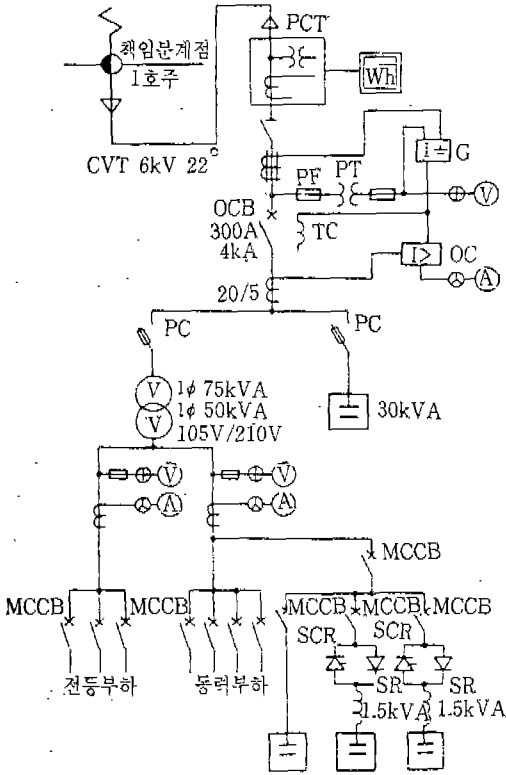
단, 손실비 $a = (\text{정격부하시의 동손 } We) / (\text{철손 } Wc)$
일반적으로 a 는 변압기철심이 성층철심일때 3~4, 권철심일때 4~6이다. 따라서 이때 2대의 변압기 정격용량의 30~40% 부하가 되면 1대로 운전하는 것이 유리하다.

(라) 전동, 동력 공용의 다른 용량변압기의 V결선방식의 이용

고압수전설비에서 정격용량이 다른 2대의 단상변압기를 V결선한 것을 이용량(異容量) V결선이라고 하고 동일 탱크에서 단상부하 및 3상부하에 공급될 수 있는 특징이 있다.

<그림 6>과 같이 단상 75kVA의 변압기는 단상·3상부하에 전력을 공급하고 있으니 공용변압기, 단상 50kVA의 변압기는 3상부하만의 전력을 공급하고 있으니 전용변압기라 칭하고 있다. 이 방법은 특히 단상부하(점등부하)와 3상부하(동력부하)와의 부동률이 클때에 공용변압기의 정격용량을 줄일 수 있는 효과가 있다. 다시 저압측에 정격용량이 큰 진상콘덴서를 시설하면 한층 더 효과가 있다.

① 전동, 동력 공용 이용량 V결선방식에서의 단상부하의 효과적인 접속 전동, 동력 공용 이용량 V결선방식은 일반적으로 <그림 7>에 표시하는 바와 같이 상회전에 대한 단상부하의 접속방법에 의하여 “진접속(進接續)”과 “지접속(遲接續)”이 있다. 3상부하역률과 단상부하역률이 같을 때는 어떤 접속이라도 같으나 3상부하역률에 대하여 단상부하역률이 낮을때 “진접속”, 높을때는 “지접속”으로 하는



<그림 6> 고압수전설비의 이용량 V결선방식의 단선결선도 예

방식이 공용변압기의 정격용량이 적어도 되고 유리하다.

[그림 7의 적용 예]

$P_1=20\text{kVA}$ $\cos\theta_2=1$ $P_3=50\text{kVA}$ $\cos\theta_3=0.85$
일 때 “진접속”, “지접속”의 각 경우의 변압기용량을 구하면 다음과 같이 된다.

㉠ 진접속

$$T_a = \sqrt{20^2 + \frac{50^2}{3} + \frac{2}{\sqrt{3}} \times 20 \times 50 \times \cos(30^\circ - 0 + 30^\circ)}$$

$$= 42.6\text{kVA}$$

$$T_b = \frac{50}{\sqrt{3}} = 28.9\text{kVA}$$

단 $\cos^{-1} 0.85 \approx 30^\circ$ 로 하였다.

㉡ 지접속

$$T_a = \sqrt{20^2 + \frac{50^2}{3} + \frac{2}{\sqrt{3}} \times 20 \times 50 \times \cos(30^\circ + 0 - 30^\circ)}$$

$$= 48.9\text{kVA}$$

$$T_b = \frac{50}{\sqrt{3}} = 28.9\text{kVA}$$

이 계산에서 “진접속”으로 하면 “지접속”으로 하는 것 보다 공용변압기의 정격용량을 약 13% 정도 적게 할 수 있다.

㉡ 전동, 동력 공용 이용량 V결선방식의 변압기 정격용량에 대하여 허용되는 부하설비용량

	결 선 도	변압기정격용량과 부하설비용량(피상전력)과의 관계식
진접속방식	<p>P_1가 a상-b상간에 들어 있을 때</p>	$T_a = \sqrt{P_1^2 + \frac{P_3^2}{3} + \frac{2}{\sqrt{3}} P_1 P_3 \cos(30^\circ + \theta_3 - \theta_1)} \text{ (kVA)}$ $T_b = \frac{P_3}{\sqrt{3}} \text{ (kVA)}$
지접속방식	<p>P_1가 b상-c상간에 들어 있을 때</p>	$T_a = \sqrt{P_1^2 + \frac{P_3^2}{3} + \frac{2}{\sqrt{3}} P_1 P_3 \cos(30^\circ + \theta_1 - \theta_3)} \text{ (kVA)}$ $T_b = \frac{P_3}{\sqrt{3}} \text{ (kVA)}$

<그림 7> 이용량 V결선에서의 단상부하가 3상부하의 역률이 다를 때의 변압기 정격용량과 부하설비용량과의 관계

<표 3> 이용량에서의 허용부하설비용량 계산 예

												Ta(kVA)	Tb(kVA)
P ₁ =2.7 (13) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =5.4 (26) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =10.5 (50) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =15.5 (74) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =20.5 (98) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =25.5 (122) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =30.5 (146) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =35.5 (170) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =40.5 (194) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =45.5 (218) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =50.5 (242) P ₃ =8.7 (24)	P ₁ =55.5 (266) P ₃ =8.7 (24)	5	
	P ₁ =2.8 (13) P ₃ =13 (36)	P ₁ =8.0 (38) P ₃ =13 (36)	P ₁ =13.2 (63) P ₃ =13 (36)	P ₁ =18.4 (88) P ₃ =13 (36)	P ₁ =23.6 (113) P ₃ =13 (36)	P ₁ =28.8 (138) P ₃ =13 (36)	P ₁ =34.0 (163) P ₃ =13 (36)	P ₁ =39.2 (188) P ₃ =13 (36)	P ₁ =44.4 (213) P ₃ =13 (36)	P ₁ =49.6 (238) P ₃ =13 (36)	P ₁ =54.8 (263) P ₃ =13 (36)	7.5	
		P ₁ =5.5 (26) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =10.7 (51) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =15.9 (76) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =21.1 (101) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =26.3 (126) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =31.5 (151) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =36.7 (176) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =41.9 (201) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =47.1 (226) P ₃ =17.3 (48)	P ₁ =52.3 (251) P ₃ =17.3 (48)	10	
			P ₁ =5.6 (27) P ₃ =26 (71)	P ₁ =16.1 (77) P ₃ =26 (71)	P ₁ =26.6 (127) P ₃ =26 (71)	P ₁ =37.1 (177) P ₃ =26 (71)	P ₁ =47.6 (227) P ₃ =26 (71)	P ₁ =58.1 (277) P ₃ =26 (71)	P ₁ =68.6 (327) P ₃ =26 (71)	P ₁ =79.1 (377) P ₃ =26 (71)	P ₁ =89.6 (427) P ₃ =26 (71)	15	
				P ₁ =11.0 (52) P ₃ =34.6 (95)	P ₁ =21.5 (102) P ₃ =34.6 (95)	P ₁ =32.0 (152) P ₃ =34.6 (95)	P ₁ =42.5 (202) P ₃ =34.6 (95)	P ₁ =53.0 (252) P ₃ =34.6 (95)	P ₁ =63.5 (302) P ₃ =34.6 (95)	P ₁ =74.0 (352) P ₃ =34.6 (95)	P ₁ =84.5 (402) P ₃ =34.6 (95)	20	
					P ₁ =21.7 (103) P ₃ =52 (143)	P ₁ =41.4 (206) P ₃ =52 (143)	P ₁ =61.1 (309) P ₃ =52 (143)	P ₁ =80.8 (412) P ₃ =52 (143)	P ₁ =100.5 (515) P ₃ =52 (143)	P ₁ =120.2 (618) P ₃ =52 (143)	P ₁ =139.9 (721) P ₃ =52 (143)	30	
						P ₁ =27.4 (130) P ₃ =85.6 (238)	P ₁ =54.8 (260) P ₃ =85.6 (238)	P ₁ =82.2 (385) P ₃ =85.6 (238)	P ₁ =109.6 (510) P ₃ =85.6 (238)	P ₁ =137.0 (635) P ₃ =85.6 (238)	P ₁ =164.4 (740) P ₃ =85.6 (238)	50	
							P ₁ =27.8 (132) P ₃ =129.9 (357)	P ₁ =55.6 (264) P ₃ =129.9 (357)	P ₁ =83.4 (396) P ₃ =129.9 (357)	P ₁ =111.2 (507) P ₃ =129.9 (357)	P ₁ =139.0 (619) P ₃ =129.9 (357)	75	
								P ₁ =54.8 (261) P ₃ =173.2 (476)	P ₁ =109.6 (510) P ₃ =173.2 (476)	P ₁ =164.4 (740) P ₃ =173.2 (476)	P ₁ =219.2 (959) P ₃ =173.2 (476)	100	
									P ₁ =55.5 (264) P ₃ =259.8 (714)	P ₁ =111.0 (517) P ₃ =259.8 (714)	P ₁ =166.5 (754) P ₃ =259.8 (714)	150	
										P ₁ =55.9 (266) P ₃ =346.4 (952)	P ₁ =111.8 (517) P ₃ =346.4 (952)	200	
											P ₁ =56.2 (268) P ₃ =433 (1190)	250	

- [주] 1. 위표에서 3상부하(P₃)는 허용한도까지 담당한다고 볼때의 P₁, P₃[kVA]의 값을 표시하고 있다.
2. P₁P₃란의 하단 괄호내의 값은 전류치 P₁×10³/210, P₃×10³/√3·210[A]를 표시하고 있다.

<그림 7>에서 공용변압기 T_a, 전용변압기 T_b가 주어져 단상부하 P₁과 3상부하 P₃과의 역률이 같을 때 허용되는 부하설비용량을 계산하면 다음과 같이 된다.

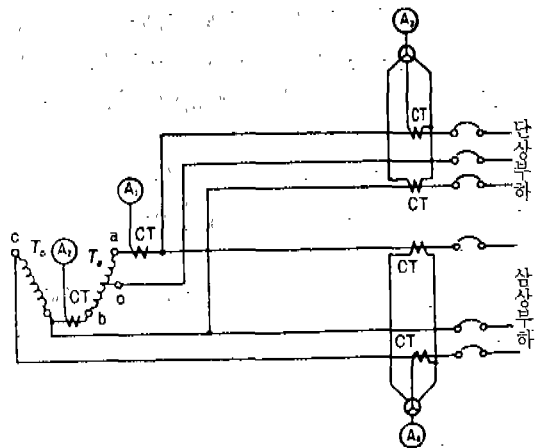
$$P_1 = \frac{1}{2}(-\sqrt{3}T_b + \sqrt{4T_a^2 - T_b^2})[kVA]$$

$$P_3 = \sqrt{3}T_b[kVA] \quad \text{단 } T_b < T_a$$

이 식에서 T_a, T_b가 300kVA 이하의 변압기 정격 용량에 대한 P₁, P₃를 계산하면 <표 3>과 같이 된다. <표 3>의 가로란에 공용변압기의 정격용량 T_a[kVA], 세로란에 전용변압기의 정격용량 T_b[kVA]를 들어 그 교차하는 개소의 란을 보면 상단에 단상부하 P₁[kVA], 하단에 3상부하 P₃[kVA]의 설비용량의 허용치가 구하여 진다.

③ 전동, 동력 공용 이용량 V결선의 전류계의 취부위치

이용량 V결선방식에서도 변압기 각권선의 전류, 부하설비에 흐르는 전류를 정확하게 파악하는 것이 중

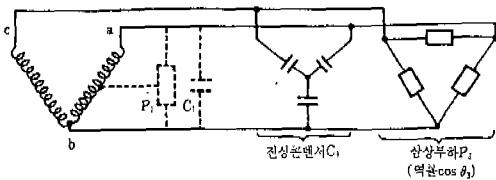


<그림 8> 이용량 V결선방식의 전류계의 취부위치

요하다. 그러기 위하여는 전류계의 취부위치에 대하여 <그림 8>에 표시하는 바와 같이 변압기권선 a-o간, o-b간의 전류를 A_1, A_2 로 측정하여 부하설비의 단상부하전류, 3상부하전류를 각기 A_3, A_4 로 측정되도록 전류계를 시설하는 것이 바람직하다.

④ 저압콘덴서를 설치하였을 경우의 개폐제어

일반적으로 부하의 용량(피상전력) 및 역률은 시간과 함께 변화할 때가 많다. 전동 동력 공용 이용량 V결선방식의 경우 콘덴서를 설치하였을 경우에는 특히 부하의 변동에 따라 콘덴서를 자동 개폐하여 정전용량을 변경하여 줌으로써 역률의 조정이 필요하게 된다. 이를 하지 않으면 경부하시에 상당히 많은 진전류가 흘러 전압이 상승하거나 여러가지 장애가 발생할 우려가 있다<그림 9참조>.



<그림 9> 이용량 V결선방식에서의 역률조정의 예

(마) 역률의 개선

① 역률개선에 의한 기본요금의 할인역률이 오르면 배전선의 전력손실이 줄어져 배전용 변전소의 변압기효율이 좋아지니까 기본요금을 할인하는 제도가 있다.

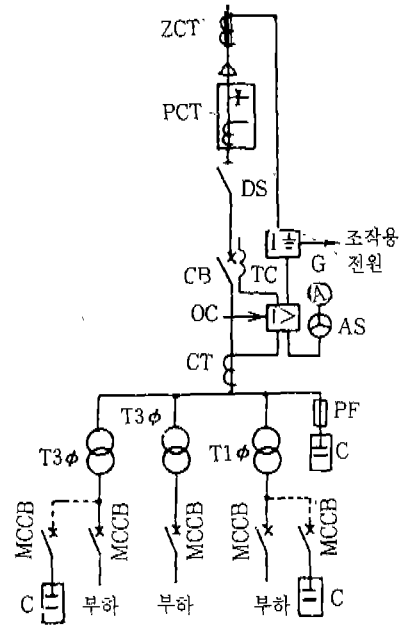
역률 90(%)를 기준으로 하여 1%역률이 향상할 때마다 1(%)기본요금이 싸진다. 반대로 역률이 낮아지면 그에 따라 비싸진다.

따라서 될 수 있는 한 역률은 올리는 것이 바람직하다.

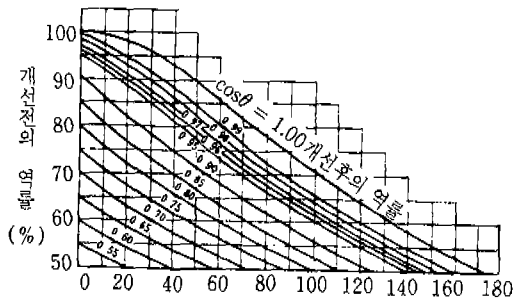
② 역률개선과 콘덴서 용량의 산출

역률개선을 위하여 콘덴서의 용량은 다음과 같이 구할 수 있다<그림 10참조>.

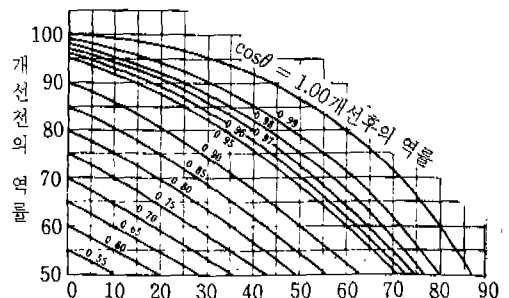
① 부하의 유효전력을 기준으로 하였을 때의 콘덴



<그림 10> 고압수전설비의 고압측·저압측에 진상콘덴서를 설치한 예



<그림 11> 콘덴서용량과 개선전후의 역률관계



<그림 12> 콘덴서용량과 개선전후의 역률관계

서 용량 계산법

$$Q = \left\{ \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_0} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1} \right\} \times P$$

단 Q[kVA] : 콘덴서 용량

P[kW] : 부하용량

$\cos \theta_0$: 개선전의 역률

$\cos \theta$: 개선후의 역률

위식을 그래프로 그리면 <그림 12>와 같다.

⑱ 부하의 피상전력을 기준으로 하는 콘덴서 용량

계산법

콘덴서 용량

$$Q = \left\{ \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_2} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1} \right\} \times K \cos \theta_2$$

단 Q=[kVA] : 콘덴서용량

K=[kVA] : 부하용량

$\cos \theta_0$: 개선전의 역률

$\cos \theta$: 개선후의 역률

위에 기술한 식을 그래프로 그리면 <그림 12>

와 같다.

⑳ 콘덴서 취부개소에 따른 효과를 표시하면 <표 4>와 같다.

<표 4>에서 알 수 있듯이 일반적으로는 고압측에 콘덴서를 시설하나 대형전동기나 아크용접기의 저역률부하가 있고 또 변압기 정격용량에 여유가 적

<표 4> 진상용콘덴서 취부장소에 따른 효과

콘덴서취부장소	전력요급효과	변압기에대한효과	배선에대한효과	비용의 다소
고압측에 취부한다		전력회사의 배전용변압기 손실이 감소하고 변압기용량에 여유가 생긴다	고압귀전선의	기준
수전용변압기의 2차측에 취부한다	역률개선분만 요금할인	상기의 수전용 변압기의 손실이 감소하고 변압기용량에 여유가 생긴다	전류가 감소하고 배전손실이 감소한다	콘덴서의 정전 용량은 전압의 2승에 역비례하여 커지고 비용이 많이 든다
각부하에 취부한다			상기의 저압전선의 전류가 감소하고 배전 손실이 감소한다. 또 부하와 함께 개폐되거나 야간에 전역율이 된다	가장 비싸게 든다

을 때는 저압측에 콘덴서를 취부하는 것이 좋다. <저압측의 역률개선으로 변압기에 어느 만큼 여유가 생긴다.>

정격용량 P[kVA]의 변압기에 부하용량 P[kVA], 역률 $\cos \theta_2$ 의 부하가 걸려 있다. 이 부하에 진상콘

조 건	회 로 도	콘덴서용량[kVA]	역률개선에 의한 변압기용량 여유의 효과
① 동일역률의 부하를 증가시킬때		$Q_1 = \left(\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_0} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1} \right) P \cos \theta$	부하의 증가율 [%] $\alpha = \left(\frac{\cos \theta}{\cos \theta_0} - 1 \right) \times 100$
② 변압기용량을 줄일때		$Q_2 = \left(\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_0} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1} \right) P \cos \theta$	변압기의 감용량률 [%] $\beta = \left(1 - \frac{\cos \theta_0}{\cos \theta} \right) \times 100$

<그림 13> 저압측 역률개선에 의한 변압기용량 여유의 효과

면서 Q[kVA]를 설치하여 합성역률 $\cos\theta$ 로 개선하고 변압기에 전부하를 걸었을때 $\cos\theta_0$ 의 부하를 몇%정도 증가시킬 수 있으나, 또 진상콘덴서 Q_c [kVA]를 시설하고 부하는 전혀 절체하지 않고 합성역률 $\cos\theta$ 로 개선할 때 변압기는 몇%정도 용량감소가 되나 이들 두가지 경우의 계산식을 표시하면 <그림 13>과 같이 된다.

[표 5의 적용예]

변압기 정격용량 P=100[kVA], 부하용량 P=100[kVA], 역률 $\cos\theta_0=80\%$ 의 경우에 이 역률을 $\cos\theta=95\%$ 로 개선한다.

㉠ 동일역률의 부하를 몇% 증가할 수 있으나, 이때에 필요한 콘덴서 용량은 얼마인가, 부하의 증가율 α [%], 필요한 콘덴서용량 Q[kVA]라 한다.

<표 5> 3상교류 200V회로의 전압불평형계산 예

삼상교류의선간전압			전압불평형률 ($\frac{V_2}{V_1} \times 100$)[%]
V_{ab} [V]	V_{bc} [V]	V_{ca} [V]	
200	220	220	6.16
200	215	215	4.71
200	210	210	3.20
200	205	205	1.63
200	200	200	0
200	195	195	1.70
200	190	190	3.48
200	185	185	5.34
200	180	180	7.29

[주] [전압불평형률의 계산법]

3상교류회로의 선간전압 V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} [V]라 하고, 정상전압 V_1 [V], 역상전압 V_2 [V]라 할 때,

$$\text{전압불평형률} = \frac{V_2}{V_1} \times 100[\%]$$

$$\text{단, } V_1 = \sqrt{\frac{1}{6}(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)} *$$

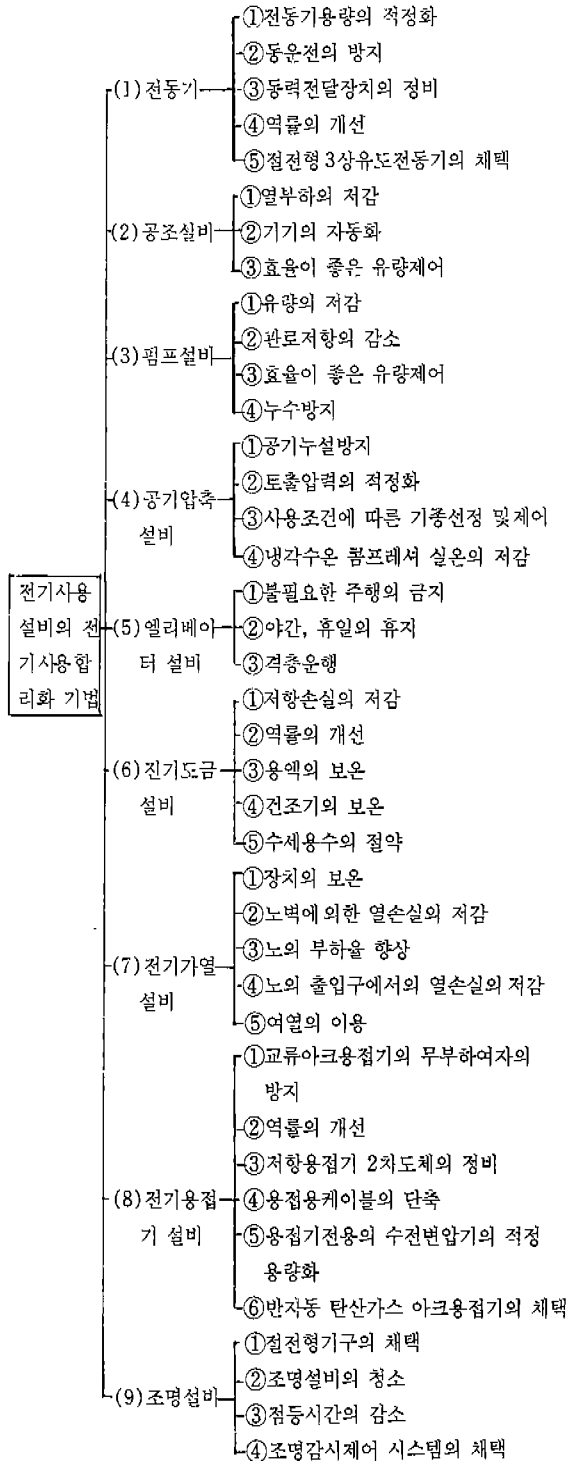
$$* + \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{V_s(V_s - V_{ab})(V_s - V_{bc})(V_s - V_{ca})}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{1}{6}(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)} *$$

$$* - \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{V_s(V_s - V_{ab})(V_s - V_{bc})(V_s - V_{ca})}$$

$$V_s = \frac{1}{2}(V_{ab} + V_{bc} + V_{ca})$$

<표 6> 전기사용합리화기법



$$\alpha = \left(\frac{0.95}{0.80} - 1 \right) \times 100 = 18.8 [\%]$$

$$Q = \left(\sqrt{\frac{1}{0.8^2} - 1} - \sqrt{\frac{1}{0.95^2} - 1} \right) \times 100 \times 0.95 = 41 [\text{kVA}]$$

㉠ 변압기용량을 줄일때 몇[%]저감할 수 있나, 이때에 필요한 콘덴서 용량은 얼마인가.

변압기의 감용량을 β [%], 필요한 콘덴서 용량 Q_c [kVA]라 한다.

$$\beta = \left(1 - \frac{0.80}{0.95} \right) \times 100 = 15.8 [\%]$$

$$Q_c = \left(\sqrt{\frac{1}{0.8^2} - 1} - \sqrt{\frac{1}{0.95^2} - 1} \right) \times 100 \times 0.8 = 34 [\text{kVA}]$$

○ 3상교류전압의 불평형방지

공급전압이 불평형하여지면 삼상유도전동기에 나쁜 영향을 끼칠 우려가 있으니 주의할 필요가 있다. 3상교류 200V회로의 한 예에 대하여 전압불평형을 계산하면 <표 5>와 같다. 전압불평형은 3% 이하로 억제하는 것이 바람직하다.

○ 전기사용설비의 전기사용합리화기법

전기사용설비에 대하여 설비운영면, 간단한 설비 개선면 등에서 전기사용합리화기법을 정리하면 <표 6>과 같다.



웃으며 삼시다



※ 파계(破戒)

어느 귀인이 절에 들러 주지스님께 물었다.

『스님께선 생선같은 것을 접수십니까?』

『아니... 뭐... 별로 먹지 않습니다만, 술을 마실 때 약간씩...』

『옛? 술도 드십니까?』

『아니... 뭐... 별로 마시지 않소만, 장인이 오시게 되면 반주로 약간씩...』

『옛? 장인이라고요? 그럼 아내를 얻으셨든가요? 이젠 말도 안되는 소리! 내일 당장 지사에게 알려 승려의 면허장을 압수해버려야 되겠소!』

귀인이 분연히 자리를 박차자, 스님은 태연히 이렇게 뇌까렸다.

『아니... 뭐... 면허증은 벌써 없어진지 오래요. 제 작년에 도적질을 하다 발각이나 그때 뺏겨버렸는 걸요 뭐...』

※ 습성

망스피드로 고속도로를 질주하는 차를 추적한 경

찰차의 경찰관이 상사에게 보고를 했다.

「저 앞의 육교 있는 데서 따라붙어 차를 정차시켰습니다. 운전자는 여배우인 부록 실조였습니다. 그녀는 내가 수첩을 꺼내자, 그걸 낚아채고서는 자기 이름을 사인해 주고 그냥 또 달려갔습니다.」

※ 충격

75살이나 되는 노인이 경마에서 6만5천 달러나 맞혔다. 노인은 심장이 나빠, 만일 6만5천 달러나 맞힌 것을 들고 감격한 나머지 쇼크사하지 않을까 하여 가족은 걱정했다. 그래서 목사에게 와달라고 하여 목사의 입으로 던지시 전해주기로 하였다.

「할아버지, 만일 당신이 6만5천 달러나 맞혔다면 어떻게 하시겠어요?」

노인은 대답했다.

「그렇군. 우선 당신에게 반, 나머지 반은 교회에 기부할까?」

그 말을 듣고서 목사는 감격한 나머지 쇼크사하고 말았다.