

진상용 콘덴서 적용 실무



SAMWHA

Creative
Technology
Provider



www.samwha.com

- 특고압, 고압, 저압 진상용 콘덴서
- APFR (자동역률조절장치)
- 직렬 리액터
- 특고압, 고압, 저압 큐비클형 콘덴서 뱅크
- 특고압, 고압, 저압 가대형 콘덴서 뱅크
- 전력계통 진단, 대책수립

- 경기도 용인시 처인구 남사면 북리 124
- www.samwha.com
- www.samwha.co.kr/capacitor

- 영업 2 팀 : 견적, 판매, 기술상담 (Tel. 031-330-5814~7)
- 고객만족팀 : AS, BS, 기술상담 (Tel. 031-330-5841, 3)
- 기술 2 팀 : 기술상담 (Tel. 031-330-5838~9)
- Fax. (공통) 031-339-0413



삼화콘덴서공업주식회사

■ 콘덴서의 기능과 보호방식

1. 콘덴서의 경제적 효과

역률이 나쁘면 전기요금에 과징금이 부과되고 전원 품질이 악화되므로 부하의 능력이 제대로 발휘되지 못한다.

(참고) 한국전력공사 전기 공급 규정 제 44조 [역률에 따른 요금의 추가 또는 감액] 에서 발췌

- ① 고객의 역률이 90%에 미달하는 경우에는 매 1%에 대하여 기본요금의 1%씩을 추가한다.
- ② 무효전력량계를 설치한 고객의 역률이 90%를 초과하는 경우에는, 95%까지의 초과하는 매 1%에 대하여 기본요금의 1%씩을 감액한다.
- ③ 제1항 및 제 2항은 계약전력 4kW 이상의 일반용 전력, 교육용 전력, 산업용 전력, 농사용 전력, 심야전력(을) 및 임시전력 고객에게 적용한다.

2. 콘덴서 뱅크 구성품의 기능

• 진상용 콘덴서

- 역률 개선 : 전기요금 절감
- 변압기 손실(동손) 저감
- 변압기 용량 여유율 증가 : 설비 용량의 여유율 향상
- 전압강하 개선
- 선로에 흐르는 전류 감소 : 선로 손실의 감소

• 직렬 리액터

- 부하에서 발생하는 고조파가 콘덴서에 유입되는 것을 억제
- 전원 투입시 콘덴서에 유입되는 돌입전류 억제

• 방전코일

- 콘덴서 개방시 잔류 전하 급방전 (5초 이내 50V 이하)

3. 콘덴서 뱅크 보호방식

■ 저압 : MCCB, MC 등을 사용하여 구성

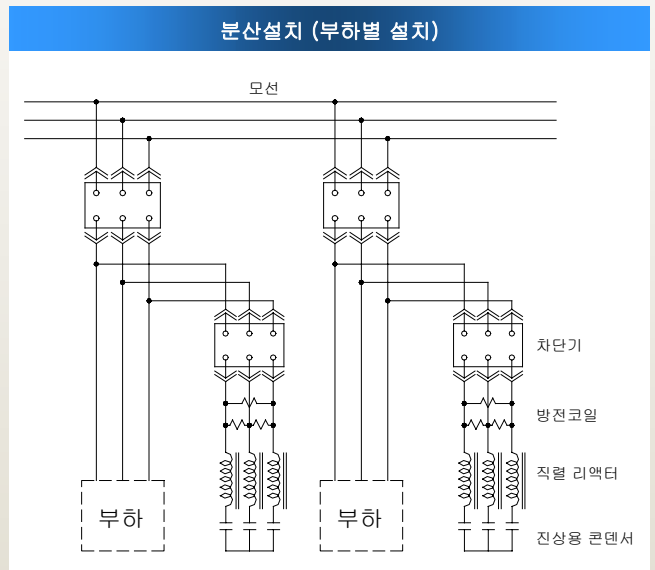
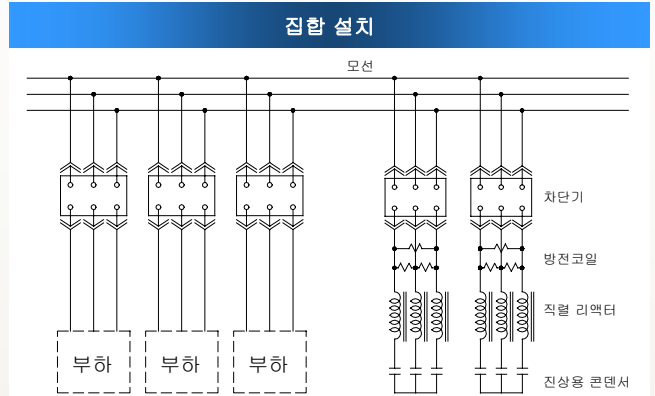
참고) 콘덴서용 MCCB(배선용 차단기) 및 MC(전자접촉기) 선정방법
 실인가 전압이 콘덴서의 정격 전압과 같다면, 콘덴서 명판상에 기재되어 있는 정격 전류 × 1.5 ~ 2.0 배로 선정 하십시오.
 단, 고조파 발생 부하를 사용하고 있는 경우에는 상기 값에 여유율을 고려하여야 합니다.

■ 고압 : 각 전압 등급에 맞는 보호회로로 구성

	22.9kV초과	22.9kV 11kV	3.3kV 6.6kV
중성점 전류 검출	◎	○	○
전압차동	○	◎	○
Open-delta	x	◎	○
NVS	x	x	◎
NCS	x	x	◎

◎ 주로사용, ○ 사용가능, x : 사용 불가

4. 콘덴서의 설치 위치



■ 콘덴서의 정격 선정 및 계산 공식

1. 콘덴서 사용시 유용한 공식

• 공식1) 콘덴서 용량 선정법

추가 설치해야 할 콘덴서의 용량 [kvar]

$$= \text{부하용량 [kW]} \times (\tan(\cos^{-1} \text{현재역률}) - \tan(\cos^{-1} \text{목표역률}))$$

$$= \text{부하용량 [kW]} \times \left[\sqrt{\frac{1}{(\text{현재역률})^2} - 1} - \sqrt{\frac{1}{(\text{목표역률})^2} - 1} \right]$$

(예) 440V, 78%의 역률을 가진 1000kW 부하에 콘덴서를 설치하려고 한다. 목표역률이 96%일때 필요한 콘덴서 용량은 얼마인가?

필요한 콘덴서 용량 [kvar] =

$$1000[\text{kW}] \times \left[\sqrt{\frac{1}{(0.78)^2} - 1} - \sqrt{\frac{1}{(0.96)^2} - 1} \right] = 510[\text{kvar}]$$

이 자료를 가지고 삼화콘덴서 카다로그를 참조하여 440V 100kvar 5대를 설치하기로 하였다.

• 공식2) 정전용량[μF]와 정격용량[kvar]간 환산법

$$\text{정전용량 } [\mu\text{F}] = \frac{\text{정격용량}[\text{kvar}] \times 10^9}{2\pi \times 60 \times \text{정격전압}^2[\text{V}]}$$

$$\text{정격용량 } [\text{kvar}] = 2\pi \times 60 \times C[\mu\text{F}] \times \text{정격전압}^2[\text{V}] \times 10^{-9}$$

(예) 380V 3상 100kvar 제품의 정전용량[μF]은?

$$\text{정전용량 } [\mu\text{F}] = \frac{100 \times 10^9}{2\pi \times 60 \times 380^2} = 1837[\mu\text{F}]$$

• 공식3) 콘덴서의 정격전류 산출방법

- [μF] 제품 사용시 : $I [\text{A}] = 2\pi \times 60 \times C[\mu\text{F}] \times 10^{-6} \times V$

- 단상 [kvar] 제품 사용시 : $I [\text{A}] = Q[\text{kvar}] \times 10^3 \div V$

- 삼상 [kvar] 제품 사용시 : $I [\text{A}] = Q[\text{kvar}] \times 10^3 \div V \div \sqrt{3}$

• 공식4) 인가전압과 제품전압이 다른 경우의 용량 계산

실제용량 Q' [kvar]

$$= \text{정격용량 } Q[\text{kvar}] \times \left(\frac{\text{실인가전압}[\text{V}]}{\text{콘덴서 정격전압}[\text{V}]} \right)^2$$

$$= 2\pi \times 60 \times C[\mu\text{F}] \times 10^{-6} \times \text{실인가전압}^2[\text{V}] \quad ([\mu\text{F}] \text{ 제품 사용시})$$

(예) 480V 3상 100kvar 제품을 440V 회로에 적용하는 경우 실제용량[kvar]은?

$$Q'[\text{kvar}] = 100[\text{kvar}] \times \left(\frac{440}{480} \right)^2 = 84[\text{kvar}]$$

주의) 단, 콘덴서 정격(제품)전압은 실인가(회로) 전압보다 높게 선정하여야 합니다.

• 공식5) 인가전압과 제품전압이 다른 경우의 전류 계산

실제 전류 I' [A]

$$= \text{정격전류 } I[\text{A}] \times \frac{\text{실인가전압}[\text{V}]}{\text{제품 정격전압}[\text{V}]}$$

$$= 2\pi \times 60 \times C[\mu\text{F}] \times \text{실인가전압}[\text{V}] \times 10^{-6} \quad ([\mu\text{F}] \text{ 제품 사용시})$$

2. 콘덴서 선정시 알아야 할 요소들

• 부하의 용량[kW]

kW 단위의 유효전력을 알아야 함.

• 현재역률(cosθ₁)

콘덴서를 설치하려는 지점의 현재 역률을 알아야 함.

• 목표역률(cosθ₂)

콘덴서를 적용할 경우 목표하는 역률값을 정해야 함.

3. 리액터 사용시 콘덴서와 리액터의 정격 결정

리액터 사용시 콘덴서와 리액터의 정격 결정은 아래 표1을 참조하십시오. (표에서 8% 리액터에 대한 계산공식은 13% 표에서 0.13을 0.08로 변경하시면 됩니다.)

표1. 임피던스에 따른 콘덴서 및 리액터 정격 계산

구분		6% 리액터 사용시		13% (8%) 리액터 사용시	
		단상 콘덴서	삼상 콘덴서	단상 콘덴서	삼상 콘덴서
콘덴서	정격전압 [V]	회로전압 × $\frac{1}{\sqrt{3}}$	회로전압	회로전압 × $\frac{1}{\sqrt{3} \times (1-0.13)}$	회로전압 × $\frac{1}{1-0.13}$
	정격용량 [kvar]	진상용량 ÷ 3 (단상용량)	진상용량 (3상용량)	진상용량 × $\frac{1}{1-0.13}$	
리액터	정격전압 [V]	회로전압 × $\frac{0.06}{\sqrt{3}}$		회로전압 × $\frac{0.13}{\sqrt{3} \times (1-0.13)}$	
	정격용량 [kvar]	진상용량 × 0.06		진상용량 × $\frac{0.13}{1-0.13}$	

■ 부하조건 및 설치조건에 따른 검토사항

대부분의 전기기기와는 달리 진상용 콘덴서는 전부하에서 연속적으로 운전됩니다. 콘덴서 운전시 과도한 스트레스나 과열은 콘덴서의 수명을 현저하게 단축시키는 원인으로 작용합니다. 따라서 콘덴서의 정격 선정시 운전조건(온도, 전압, 전류, 기기의 자기 여자, 개폐에 따른 과전압)을 검토하시는 것이 중요합니다.

1. 정격전압

- 콘덴서의 정격 전압은 공칭전압이 아닌 실제로 인가되는 전압을 기준으로 하여 선정되어야 합니다.
- 과진상 운전하면 전력계통의 전압 상승을 유발합니다.
- 리액터를 콘덴서와 직렬로 사용하면 콘덴서에 인가되는 단자 전압이 상승하므로 콘덴서 정격전압에 재검토 해야 합니다.
- 경부하시 콘덴서 단자간 인가되는 전압이 커지므로 이 때에는 콘덴서가 차단되어야 합니다.

주) 경부하시 콘덴서에 의해 전압이 상승하면 변압기의 권심이 포화되어 비정상적인 고조파가 발생할 수 있으며, 이 고조파가 콘덴서와 공진되는 경우 고조파가 증대되어 콘덴서의 수명에 영향을 미칩니다.

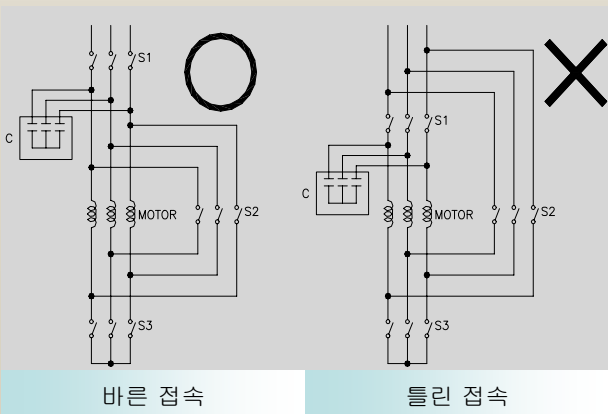
2. 주위 사용 온도

- 주위온도는 콘덴서 수명에 막대한 영향을 줍니다.
- 주위 사용 온도는 콘덴서를 둘러싼 큐비클 내부의 온도입니다.(전기실 내부온도(= 큐비클 외부온도)가 아닙니다.)
- 큐비클 내부에 콘덴서를 설치하는 경우 전기실 주위온도가 낮더라도 큐비클은 강제 환풍 또는 냉각장치가 시설되어 상시 가동되어야 합니다.

3. 전동기 자기 여자 : Y-Delta 기동

- 콘덴서가 Y-Δ 기동방식의 전동기에 직결되어 설치되어 있는 경우는 주의하여야 합니다. 전원 차단 후 전동기와 콘덴서가 직렬로 연결되어 있으면 전동기가 유도 발전기로서의 역할을 수행하게 됩니다.

따라서 콘덴서 선정시 콘덴서의 정격 전류가 전동기의 무부하 자화 전류보다 작도록(90% 권장) 선정하십시오. 또한 결선 Y-Δ 결선법은 다음과 같도록 하여야 합니다.



4. 개폐 빈도 및 개폐 시간

- 콘덴서는 방전저항을 내장하고 있으며 고압은 5분 이내 50V, 저압은 3분 이내 75V로 잔류 전하를 감소시키도록 설계되어 있습니다. 최소한 이보다 적은 기간 내에 투입/개방이 반복되면 콘덴서에 과전압을 인가하여 수명을 단축시키게 되고 전동기에서 높은 토크가 발생할 수 있습니다.

5. 고조파 발생 부하

- 다음과 같이 고조파 발생 부하를 사용하는 경우, 제조자에게 자문을 구한 후 콘덴서의 정격을 선정하시기 바랍니다.
- 사이리스터, DC초파, 인버터, 사이클로 컨버터, 정류기, 아크로

6. 다수의 콘덴서 병렬 연결

- 고압 삼상 콘덴서 다수를 병렬로 결선하여 사용하는 경우, 과전류 계전기로는 고장난 단기 콘덴서에 흐르는 고장 전류를 검출하기 어렵습니다. 이러한 경우 NVS 보호회로로 구성하시길 권장하며, 그렇지 않으면 단기 콘덴서의 고장을 검출할 수 있는 NCS 방식의 콘덴서를 사용하셔야 합니다.

7. NVS 보호방식에서 과전류 계전기 설정

구성	회로전압	소자구성 (직렬수)	파괴 소자수	고장전류
Single Star (3대구성)	3300	1	1	3
	6600	2	1 2	1.5 3
Double Star (6대이상 구성)	3300	1	1	2
	6600	2	1 2	1.25 2

고장전류는 정상상태에서 각 상에 흐르는 전류의 배수로 나타냄
과전류 계전기는 소자 1개 고장시 검출할 수 있도록 구성하여야 함

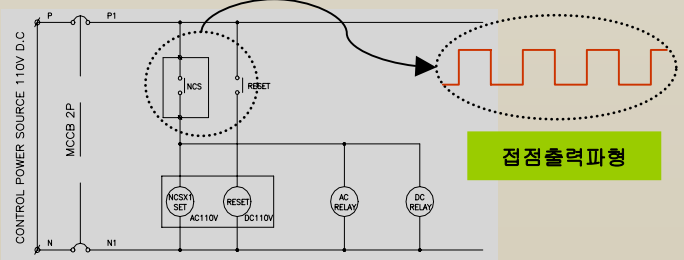
8. NCS 보호방식에서 과전류 계전기 설정

회로전압	소자구성 (직렬수)	파괴 소자수	고장전류
3300	1	1	3
6600	2	1	1.28
		2	3

고장전류는 정상상태에서 단기 1대의 정격전류의 배수로 나타냄
NCS 방식의 제품을 다수 병렬연결하여 사용하는 경우 과전류 계전기로 검출이 어려움

7. NCS 보호회로 구성시 검토사항

제어회로는 DC 110V로 구성하여야 합니다. 그러나 NCS 접점에서 나오는 출력은 60Hz의 펄스신호이며 따라서 AC110V Latched 릴레이를 사용해야 합니다.

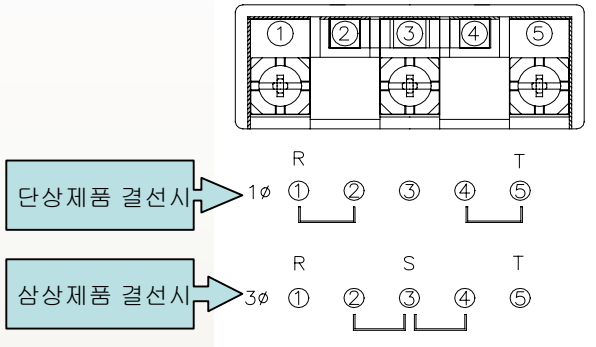


Latched 릴레이 Model
용성전기 모델: YSMMK-4P 사용시 그림

자주하는 질문

1. 저압에서 단상/상상 제품의 결선법

단상/상상 제품의 결선은 다음 그림을 참조하십시오



2. 콘덴서를 구입했는데 배가 부른 것 같습니다.

콘덴서는 온도 변화에 의해 내부의 절연유가 팽창, 수축하므로 외함 표면의 휘어짐에 의해 이 부분을 흡수합니다. 운전시에는 내부 절연유에 의해 외함이 편측으로 약 10mm정도까지 팽창합니다.

참고) 리미트 스위치(Arm switch) 설치시

75kvar 초과하는 제품 : 15 mm

75kvar 이하의 제품 : 10mm 가 적당합니다.

3. 콘덴서의 이상 유무를 확인하려면 어떻게 하나요?

콘덴서의 이상 유무 판정을 판정하는 가장 정확한 방법은 정전용량[μF]을 측정하는 방법입니다. 그러나 정전 용량계 등의 측정장치가 없는 경우 정격전류를 점검해 주십시오. 각 상의 전류가 정격전류의 허용범위 이내이면서 삼상 평형이라면 콘덴서는 이상이 없습니다.

참고) 고압 제품 사용시 전류계등의 지시계기가 없을 경우.

고압 회로에서 콘덴서를 분리하신 후 380V 등의 저압측에서 전원을 인가 하여, 전류 측정 계기로 정격 전류를 측정 하십시오.

이 때 콘덴서에 흐르는 전류는

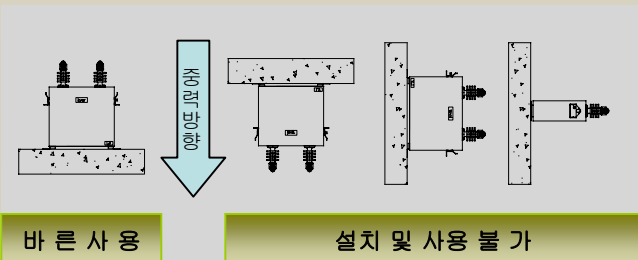
$$\text{콘덴서 전류} = \text{정격전류} [I] \times \frac{\text{실인가전압} [V]}{\text{콘덴서 정격전압} [V]}$$

로 구할 수 있습니다.

단, 콘덴서가 완전 방전되도록 전원 차단 후 충분한 시간이 지난 후 (방전저항이 내장되어 있는 경우에는 고압은 5분 이상, 저압은 3분 이상) 검전기에 의하여 콘덴서의 방전을 확인하고 접지선으로 각 상을 완전히 접지하여 확인하여야 합니다.

4. 공간이 부족한데 콘덴서를 세로로 설치해도 되나요?

안됩니다. 콘덴서는 다음 그림과 같이 설치되어야 합니다.



5. 콘덴서가 고장나는 주요 원인은 무엇인가요?

구분	고장 요인
사용환경	과전압 주위 온도 먼지의 부착 고조파 전류의 유입 접촉 불량에 의한 아크, 이상음의 발생
설치의 부적합	전선 조임부의 풀림에 의한 과열 병렬 설치시 간격 부적당 과대용량 (과전상) 직렬 리액터 용량과의 불일치 개폐기류의 부적합 변압기와 직렬리액터 등의 발열체로부터의 복사열
이상전압	번개 또는 차단기, 개폐기에서 발생하는 서지 전압 계통 내의 단락사고 또는 지락사고
조작 취급	개폐 빈도가 많음 단시간 내의 개폐
외적 요인	작은 동물이나 도전성 물질의 접촉
구조상의 문제	기름의 누유 사용 재료에 의한 초기 불량
자연 열화	국부적, 우발적인 절연 열화 수명

6. 콘덴서간 상호 이격거리는 어떻게 결정하나요?

콘덴서간의 이격거리는 콘덴서간 열 발산을 원활히 할 수 있도록 외함 측면간

구분	30mm 이상	40mm 이상	60mm 이상	90mm 이상
220V	10 ~ 100 μF	150 ~ 750 μF	800 μF ~	-
~ 480V	10kvar 미만	10 ~ 20 kvar	25 ~ 75 kvar	100 kvar
고압	90 mm 이상			

을 권장하고 있습니다. 콘덴서에서 방출되어야 할 열이 제한되는 경우, 콘덴서의 수명이 짧아지게 됩니다.

전기적 이격거리에 관한 규정은 다음을 참조하십시오.

뇌 임펄스에 따른 최소 이격 거리 : IEC 60871-1, 2005' 에서 발체

뇌 임펄스 [kV]	20	40	60	75	95	125
최소 이격 [mm]	60	60	90	120	160	220

7. 콘덴서에 사용하는 전선의 결정은 어떻게 하나요?

콘덴서에 접속하는 전선은 연선을 사용하여 주십시오. 전선 굵기는 콘덴서 허용전류, 용량 편차를 감안하여 콘덴서 정격전류의 1.5 배 이상 허용할 수 있는 전선을 사용하여 주십시오. 고조파가 많은 경우 여유율을 강화하여야 합니다.

■ 취급 및 점검방법

구분	항목	점검 방법	판정기준	이상내용	조치								
일상 점검	누유	육안	기름이 새지 않을 것	누유	<ul style="list-style-type: none"> •누유의 정도가 작은 경우에는 에폭시 수지 등의 도포로 대책 가능 •누위의 정도가 클 때에는 신제품과 교체 								
	케이스 팽창	육안과 측정	케이스 팽창 치수는 도면 또는 취급 설명서의 한도값 이하일 것 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; width: fit-content;"> <table border="0"> <tr> <td>10 ~ 30kvar</td> <td>8 ~ 10mm</td> </tr> <tr> <td>50kvar</td> <td>10 ~ 20mm</td> </tr> <tr> <td>75 ~ 100kvar</td> <td>10 ~ 25mm</td> </tr> <tr> <td>150 ~ 500kvar</td> <td>15 ~ 30mm</td> </tr> </table> </div>	10 ~ 30kvar	8 ~ 10mm	50kvar	10 ~ 20mm	75 ~ 100kvar	10 ~ 25mm	150 ~ 500kvar	15 ~ 30mm	케이스의 변형	<ul style="list-style-type: none"> •운전을 정지하고 냉각하여도 원상태로 회복되지 않으면 이상으로 판정 •정전용량을 확인하여 이상이 있으면 신제품과 교환 •원인불명의 경우 제조자에게 연락하여 확인요청
	10 ~ 30kvar	8 ~ 10mm											
	50kvar	10 ~ 20mm											
	75 ~ 100kvar	10 ~ 25mm											
	150 ~ 500kvar	15 ~ 30mm											
	외함 녹발생 도장 벗겨짐	육안	녹발생, 도장의 벗겨짐 없을 것 (특히 용접부, 받침대에 주의할 것)	녹발생 도장벗겨짐	•녹제거와 보수도장								
	애자의 오손 애자의 균열	육안	심하게 부착되어 있지 않을 것 균열이 없을 것	오손	<ul style="list-style-type: none"> •애자의 청소 •애자 균열품은 신제품과 교체 								
	단자 조임부	육안 조임부 토크	단자의 과열, 풀림이 없을 것 (주회로와 접지 단자)	아크발생 고주파발진	•단단히 조임 (과열 변색이 있으면 닦아줌)								
	회로전압	전압계로 확인	최고 전압이 KS의 규정치 이내일 것 110% : 24시간 중 12시간 이내 (저압의 경우 8시간 이내) 115% : 24시간 중 30분 이내 120% : 1개월 중 5분 이내가 2회 이하 130% : 1개월 중 1분 이내가 2회 이하 (직렬 리액터에 의한 단자 전압 상승에 주의할 것)	과전압	<ul style="list-style-type: none"> •경부하시 콘덴서의 개방 •변압기 탭변경으로 회로전압을 낮춤 •콘덴서 정격전압이 높은 것으로 변경 								
전류	전류계로 확인 (필요에 따라 고조파 분석기 사용)	최대 전류가 KS 규정치 이내일 것 콘덴서는 130% 이하 직렬 리액터는 120% 이하 각상의 전류 불평형이 없을 것 (각상의 최대/최소비는 108% 이하)	과전류	<ul style="list-style-type: none"> •고조파에 의한 경우는 직렬리액터의 부착 또는 리액턴스 비율 변경 •고조파가 아닌 경우는 정전용량을 확인하여 이상이 있으면 신제품으로 교체 									
이상음	청각	콘덴서는 이상음이 없을 것 리액터는 평상시와 다른 음이 나지 않을 것	이상음	•고조파 전류를 확인하여 고조파에 의한 것이라도 전류가 규정치 이하이면 문제없음									
온도상승	적외선 온도계 온도 스티커	케이스의 윗면에서 60℃ 이하	과도한 온도상승	<ul style="list-style-type: none"> •환기개선 •과전압, 과전류이면 이것에 대한 대책 수립 									
정기 점검	정전용량	정전 용량계	정격 값에 대하여 -5% ~ +10% 이내 (각상의 최대/최소비는 108% 이하)	용량 불량	•이상 있으면 신제품으로 교체								
	절연저항	1000V 메가	선로단자 일괄과 외함간에 1000MΩ 이상	절연저항 불량	<ul style="list-style-type: none"> •애자를 청소하여 재측정 •이상시 신제품으로 교체 								
	보호장치 동작	점검 동작 또는 단자단락개방	보호장치가 확실히 동작할 것	보호장치 동작불량	•Sequence 확인								

일상점검은 평소에 실시하는 순시점검과 1~3개월에 1회 실시하는 정기점검으로 한다.

정밀점검은 1년에 1회 이상 실시한다.