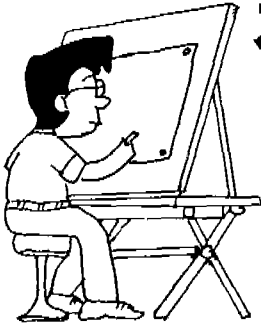


현장 기술자를 위한

전기설비의 운용기술 (6)



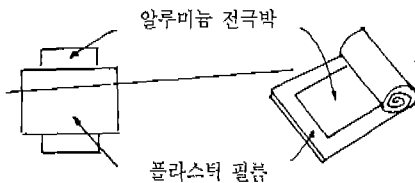
역/박 한 중(당협회 출판위원)

5. 전력용 콘덴서와 그 운용기술

가. BASIC

(1) 콘덴서

콘덴서는 그림 1과 같이 도전체간에 샌드위치 형상으로 플라스틱 필름 등의 절연물이 들어가 있다.



<그림 1> 콘덴서 구조

(2) 콘덴서의 특성

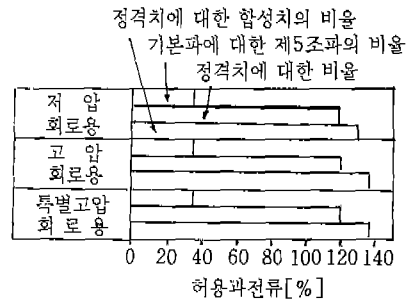
정전용량 $C[F]$ 인 콘덴서에 주파수 $f[Hz]$, 전압 $V[V]$ 인 정현파 교류전압을 인가하면 콘덴서에 흐르는 전류 I_c 는

$$I_c = j\omega CV [A], \quad \omega = 2\pi f$$

가 되며, 인가전압 보다 위상이 90[도] 앞선전류가 흐른다.

(3) 허용 과전류

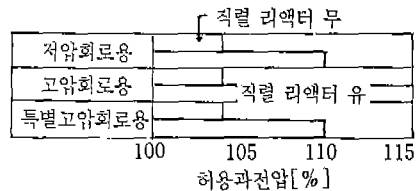
콘덴서에 흐르는 전류의 허용 과전류를 그림 2에 나타낸다(KS C 4801, 4802, 4806, 4804).



<그림 2> 콘덴서 설비의 허용과전류

(4) 허용 과전압

허용 과전압을 그림 3에 나타낸다. 야간 등의 경우 하하시에 운전하는 경우는 주의를 요한다.



<그림 3> 콘덴서 접속모선의 허용과전압

(5) 직렬 리액터

제5 고조파에 의한 전압파형의 왜곡을 방지하기

위해 콘덴서 용량의 4~6%의 리액터가 직렬로 삽입되어 있다.

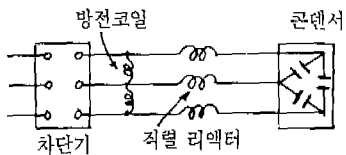
나. OPERATION(각 기기의 온도상승 규격치)

기 기	규 격	규 격 지	점검목표치
저압콘덴서	KSC 4801	주위온도 40℃ 이고 기벽의 상승은 25℃이하	65℃이하는 우선 정상 (단, 정상시의 온도 상승을 크게 초과하 여 변화한 경우는 정 밀점검을 실시)
고압 및 특별 고압 콘덴서	KSC 4802	주위온도 35℃ 이고 기벽의 상승은 30℃이하	70℃이하는 우선 정상 (단, 정상시의 온도 상승을 크게 초과하 여 변화한 경우는 정 밀점검을 실시)
직렬리액터 (유입식)	KSC 4806	상승치는 권선 :55℃ 이하 기름: (개방형)50℃ 이하 (밀폐형)55℃ 이하	90℃(직렬 리액터는 85℃)이하는 우선 정상 (단, 정상시의 온도 상승을 크게 초과하 여 변화하는 경우는 정밀점검을 실시)
방 전 코 일 (유입식)	KSC 4804		

다. MAINTENANCE

(1) 결선방식

그림 4에 3~6kV 회로의 고압 콘덴서 회로의 결선 예를 나타낸다.



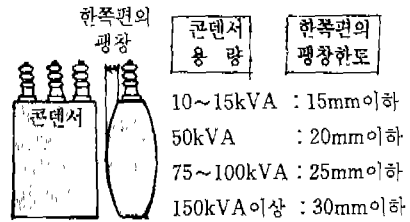
<그림 4> 3~6kV의 콘덴서 설비

(2) 용기의 팽창

통형 콘덴서는 정상시에도 어느 정도 팽창하게 제작되어 있다. 용기의 팽창한도를 그림 5에 나타낸다.

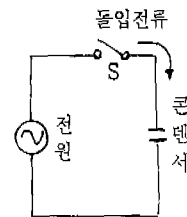
(3) 돌입전류

그림 6의 개폐기 S를 투입한 순간, 콘덴서에 정상



<그림 5> 통형콘덴서 용기의 팽창한도

전류의 수 10배의 돌입전류가 유입하여 변류기를 소손시키거나 이상전압을 발생하는 경우가 있다. 그림 4와 같이 직렬 리액터를 삽입하면 돌입전류는 정격 전류의 5~6배로 제한할 수 있다.



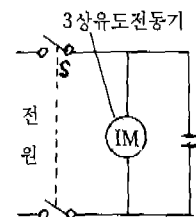
<그림 6> 돌입전류

(4) 고조파전류의 유입

사이리스터 부하에 의해 회로에 고조파 전류가 발생, 콘덴서 회로에 고조파가 유입하여 콘덴서를 가열하거나 이상음을 내거나 계전기를 오동작시키는 일이 있다. 대책으로는 적당한 용량의 직렬 리액터를 설치한다.

(5) 유도전동기의 자기여자현상

그림 7에서 운전중인 유도전동기의 개폐기 S를 끊으면 콘덴서 용량이 너무 클 경우 이상전압을 발생하는 일이 있다.



<그림 7> 자기여자현상

라. PRACTICE (콘텐츠의 점검 체크리스트)

항 목	점검체크포인트	점검주기				점검월일·이상유무		
		일	주	월	년	/	/	/
외 관	오손,손상, 도색파손			○				
콘텐츠	오손,손상,누유 냄새,이상음	○		○				
	부싱손상 용기의 이상팽창 단자의 이완·발열		○		○			
직렬리액터	소손 이음,냄새			○				
	유량의 좋고나쁨 단자의 이완,과열 유무			○				
방전코일	소손,과열 오일누설,단자이완			○				
개폐기	울립,과열			○				
도 색	이완,변색			○				
퓨즈	단선,이완			○				
접지선	이완,변색			○				

○ 이상없음, △ 주의, × 이상/점검없음

COLUMN 콘텐츠의 정전용량 C와 배선회로의 리액터 L이 어떤 고조파에 대해서 공진현상을 일으켜 생각지 못한 사고가 발생하는 일이 있다.

6. 계기용 변성기와 그 운용기술

가. BASIC

(1) 계기용 변성기

계기용 변성기란 변류기(CT), 계기용 변압기(PT) 및 계기용 변압변류기(PCT)의 총칭이며, 교류의 고전압, 대전류의 확장기로서의 역할이 있다.

그림 8은 CT, 그림 9는 PT의 예이다.

(2) PT의 비오차 ϵ_i

$$\epsilon_i = \frac{Kn - K}{K} \times 100[\%]$$

단, Kn: 공칭변압비, K: 측정된 PT의 진변압비



<그림 8> CT의 외관 예



<그림 9> PT의 외관 예

(3) PT의 용도

PT의 비오차와 용도를 그림 10에 나타낸다. PT의 정격 2차전압은 일반적으로 110V이고 정격전압 부근에서 비오차가 가장 적다.

오차의 계급	정격에서의 비오차 [%]	주요 용도	호칭
0.1 급	± 0.1	계기용 변압기 시험 표준용 또는 특별정밀 측정용	표준용
0.2 급	± 0.2	정밀 측정용	일반 계기용
0.5 급	± 0.5	보통 측정용, 배전반용	
1.0 급	± 1.0	배전반용	전력 수급용
3.0 급	± 3.0	특별정밀 전력량계용	
0.3W 급	± 0.3	정밀 전력량계용	
0.5W 급	± 0.5	보통 전력량계용	
1.0W 급	± 1.0	보통 전력량계용	

<그림 10> PT, CT의 비오차 한도와 용도

(4) PT의 특성

그림 11에 PT의 특성경향을 나타낸다.

정격치에 대해서 변화하는 조건	고유오차	비오차	위상각
1차전압 감소	감소하고 나서 증대	+에 갔다가 -에 간다.	-가 됐다가 +가 된다.
부담VA의 감소	감 소	+	-도 +도 된다.
부담역률이 나빠진다	일 정	+	+
주파수 저하	증 대	-	+

<그림 11> PT의 특성경향

나. OPERATION(계기용 변압기의 정격전압 및 정격부담)

정격 1 차 전압 [kV]		정격 2 차 전압 [V]		정격 3 차 전압 [V]		정격영상 3 차 전압 [V]
3상용	단상용	3상용	단상용			
3.3	3.3/√3	110	110/√3	110/3	190/3	110, 190 (특수)
6.6	6.6/√3					(특수)
11	11/√3					
22	22/√3	110	110/√3	110/√3		110
33	33/√3					
66	66/√3					
77	77/√3					
110	110/√3					
154	154/√3					

정격 1 차 전압 [kV]		정격 2 차 부담 [VA]	정격 3 차 부담 [VA]
3.3	3.3/√3	50	100, 200, 500
6.6	6.6/√3	100	
		200	
11이상	11/√3 이상	500	25, 50, 100, 200

<주> 변류비는 원리적으로는 권수비의 역수로 결정되지만 실제로는 여자전류 등이 오차의 원인이 되므로 2차측에 접속하는 부하에 따라 큰 용량의 것을 사용하지 않으면 안된다. 이 크기를 정격부담이라고 한다.

다. MAINTENANCE

(1) CT의 비오차 ε₂

$$\epsilon_2 = \frac{K'n - K'}{K'I} \times 100[\%]$$

단, K'n: 공칭 변류비, K': 측정된 CT의 진변류비

(2) CT의 용도

CT의 비오차와 용도를 그림 10에 나타낸다. CT의 정격 2차전류는 일반적으로 5A이고 정격전류 부근에서 비오차가 가장 적어진다.

(3) CT의 특성경향

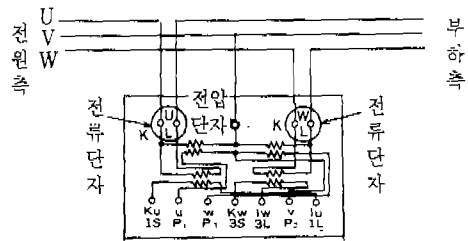
그림 12에 CT의 특성경향을 나타낸다.

정격치에 대해서 변화하는 조건	고유오차	비오차	위상차
일차전류 감소	증 대	-	+
부담VA의 감소	감 소	+	-
부담역률이 나빠진다	대략일정	-	-
주파수 저하	증 대	-	+
감자(減磁)한 경우	감 소	+	-

<그림 12> CT의 특성경향

(4) MOF의 구조

빌딩이나 공장에서 수용가가 전력회사에서 전기공급을 받기 위해 수용가 수전단 입구에 MOF를 설치한다. MOF는 그림 13과 같이 PT와 CT를 하나로 합쳐서 외함내에 넣는다.



<그림 13> MOF의 결선도

(5) CT의 2차회로

CT의 2차측 개로는 운전중에는 절대로 하면 안된다. 운전중에 2차측 회로를 개방하면 개로한 단자에 대단히 높은 전압이 발생하여 극히 위험하다.

(6) PT의 1차측 퓨즈

PT의 1차측 퓨즈는 경년 열화하여 단선하는 경우가 있으므로 주의하여야 한다.

라. PRACTICE(PT, CT의 점검 체크리스트)

항 목	점검체크포인트	점검주기				점검월일·이상유무		
		일	주	월	년	/	/	/
외 관	올림,오손,온도			○				
	상승			○				
	누유			○				
	이물혼입,균열			○				

항 목	점검체크포인트	점검주기				점검월일·이상유무		
		일	주	월	년	/	/	/
부 심	오손, 파손			○				
단 자	과열, 변색			○				
절연저항	변색, 과열			○				
접지선	변색 부식, 단선, 이완			○	○			
결합콘덴서	오손, 누유, 애관 파손			○				
터미널	이완			○				

○ 이상없음, △ 주의, × 이상/점검없음

COLUMN 절연저항시험, 절연내력시험을 할 때는 PT의 1차측 퓨즈를 제거하고 하지 않으면 안된다.

7. 보호계전기와 그 운용기술

가. BASIC

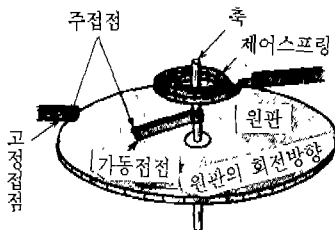
(1) 보호계전기란

전기회로나 전기기기에 단락사고와 같은 이상이 발생할 때 신속히 검출하여 차단기를 차단(트립)시키는 지령을 내리는 것이 보호계전기이다.

(2) 전자 릴레이의 구조

전자 릴레이를 동작원리에 의해 분류하면 유도원판형, 유도원통형, 플랜저형, 가동철편형, 가동 코일형, 힌지형 등이 있다.

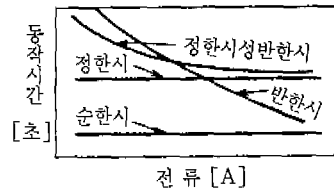
그림 14는 유도원판형으로서 그 구조는 일반가정에 있는 전력량계와 거의 동일한데 어느 일정한 값(설정치)의 전류나 전압이 가해지면 원판이 회전하여 고정접점과 가동접점이 접촉되어 차단기에 트립 지령을 내는 구조로 되어 있다.



<그림 14> 전자릴레이의 동작원리

(3) 시 한

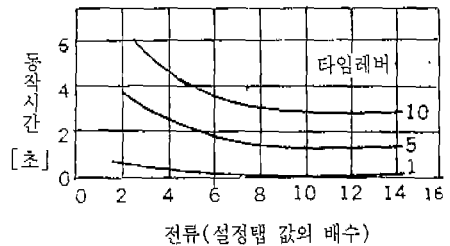
그림 14에서 원판이 회전하기 시작하고 나서 주접점이 단될 때까지의 시간을 시한이라고 하는데, 그림 15와 같이 순한시, 정한시, 반한시, 정한시성반한시의 4종류가 있다.



<그림 15> 한시의 여러가지

(4) 타임레버

그림 16은 과전류계전기의 특성이며, 타임레버에 의해 동작시간을 변경시킬 수가 있다.



<그림 16> 타임레버의 동작

나. OPERATION(계전기의 명칭과 용도)

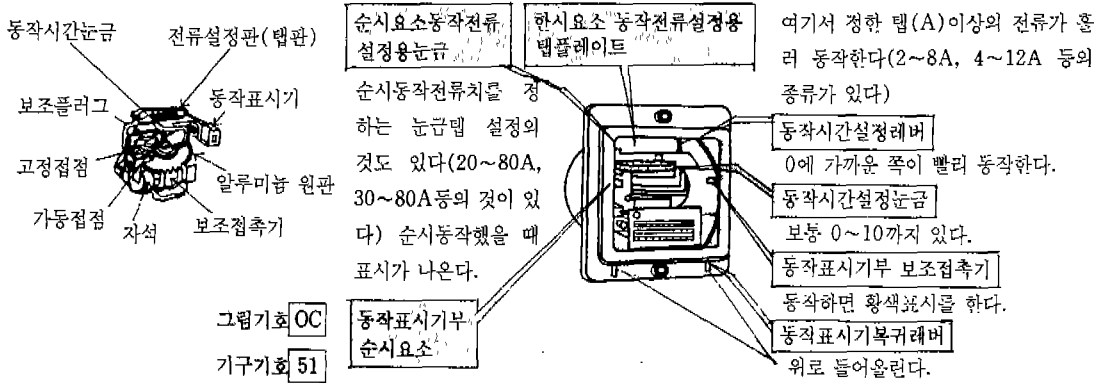
뒷면 상단그림 참조바람.

다. MAINTENANCE

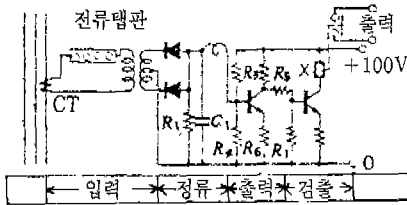
(1) 트랜지스터 릴레이

그림 17과 같이 트랜지스터를 사용한 릴레이를 트랜지스터 릴레이라고 하며 다음과 같은 특징이 있다.

- (가)복잡하고 특수한 계전기 특성이 있다.
- (나)계전기 특성의 자동점점이 가능하다.
- (다)보호 시스템의 이중화를 용이하게 할 수 있다
- (라)접점이나 접촉불량의 트러블이 없다.
- (마)진동이나 충격에 강하다.
- (바)소형이 된다.
- (사)외부 노이즈에 약하다.



그림기호 OC
기구기호 51



<그림 17> 트랜지스터 릴레이 회로도

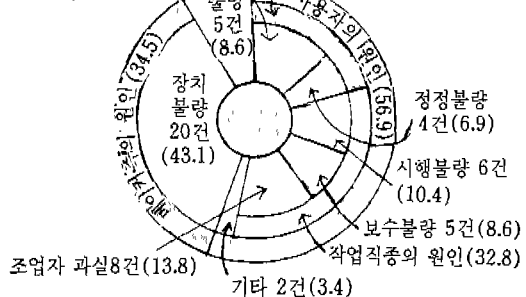
(2) 마이컴 릴레이

마이컴을 사용한 릴레이를 마이컴 릴레이(디지털 릴레이)라고 한다.

(3) 계전기의 고장원인

어떠한 원인으로 보호계전기가 불량동작을 하는가를 조사한 것이 그림 18이다. 불량동작의 약 50% 이상이 사용자측에 기인하고 있다.

방식불량 8건(13.8) 불명 5건(8.6) 사용자의 원인(20.7)



[주: ()내 수자[%]를 표시]

<그림 18> 보호계전기 불량동작의 원인분류

(4) 계전기의 고장발견

정지형 계전기(트랜지스터 릴레이나 IC릴레이)의 고장발생을 분류한 것이 그림 19인데 고장의 약 50%는 정기점검에서 발견하고 있다.

트랜지스터 릴레이는 계전기 자체로 동작 체크가 가능한 자동감시기구를 내장하고 있으며 자동감시에 의한 고장 발생률이 90%나 된다고 보고되고 있다.

정기(임시)점검	53.4%	일 상 점 검	3.8%
치 시 험	20.6%	트 립 테스트	1.5%
점검감시장치	10.7%	기	3.9%
계전기동작	6.1%		

<그림 19> 계전기 고장발견의 동작

라. PRACTICE (보호계전기의 한시판정기준)

OCR시험결과와 관정기준(KS C 4608)

한시요소 최소동작전류	설정치±10% 범위
순시요소 동작전류	설정치±10% 범위
한시요소 동작시간	2차식에 의한다

최소전류탭값이 300%인 경우 $T_{10.3}, T_{10.7}$: 레버 10으로 최소

$$\frac{tN_3 - \frac{N}{10} T_{10.3}}{T_{10.3}} \times 100[\%] \leq 17\%$$

N: 레버의 동작시험점을 표시하고 명판표시 제조사의 지정치

$$\frac{tN_7 - \frac{N}{10} T_{10.7}}{T_{10.7}} \times 100[\%] \leq 12\%$$

를 흘렸을 때의 명판표시의 특선곡선에 의한 동작시간

GR 작동시간관정기준(KS C 4601)

시험 전류	작동시간[S]
설정전류의 130%	0.1~0.3
설정전류의 400%	0.1~0.2

COLUMN : 보호계전기는 1년에 1회는 동작특성시험을 실시하여 특성을 확인하는 것이 바람직하다. 전자릴레이의 특성은 연수가 경과하면 변화하는 일이 있다.

그림으로 보는 전기설비의 고장진단

변압기의 이상

변압기의 이상을 발견하는데는

메거나 직류고압법으로 시험하는 것도 좋지만.....



발생가스의 색을 보고도 고장을 추정할 수 있다

발생가스의 색	고장추정개소
백 색	절연지의 손상
황 색	지지목 등 목재의 손상
회·색	유중아크에 의한 기름의 분해

변압기의 내부이상사고에 의해 발생가스의 성분이 달라진다.

이상 종류	절연물과 열과 열	고 과체 열	유 분중 해 아 크	고 아 제 크 절 분 연 해 물
발생 가스의 종류	과 열	열	아 크	연 해 물
수소				
메탄				
에탄				
에틸렌				
아세틸렌				
플로필렌				
프로판				
일산화탄소				
탄산가스				

발생가스안의 수소, 메탄, 에탄 등과 같은 가연성 가스량이 많으면 위험하므로 그 이상관정은 기준은

항목	관정기준	요주의	이상
가연성가스 총량	10MVA 이하	1,000ppm 이상	2,000ppm 이상
	10M만A 초과	1,000ppm 이상	1,400ppm 이상
가연성가스 총량증가경향	10M만A 이하	350ppm/년	100ppm/년
	10M만A 초과	250ppm/년	70ppm/년
아세틸렌가스		-	미량이라도 검출 됐을 때