

전기설비의 고장진단 ⑧

전기설비를 운전·관리하는 전기 기술자는 설비가 안전한지 항상 마음을 쓰게 될 것이다.

전기설비를 장기간 안전하게 사용하는 것은 바람직한 일이지만 최근 그런 경향이 강해져, 과거에 시행했던 사후보전을 넘어서 예지보전의 요망이 점차 높아가고 있다.

이와 같은 전기설비의 예지보전을 목표로 고장진단기술에 관한 근본적인 고찰과 그 응용기술을 전기기술자에게 제공, 활용토록 하기 위하여 그 내용을 연재한다.

<편집자주>

1. 머리말

전력용 콘덴서는 정지기기이고 또한 완전 밀봉 구조로 되어 있기 때문에 사용중의 신뢰성은 높지만 콘덴서 자체의 결함 외에 외적 요인, 예를 들어 과전압, 고조파, 서지의 침입, 주위온도의 상승 등 사용조건에 따라 사고가 발생하기도 한다.

여기서는 먼저 전력용 콘덴서의 보호방식을 해설하고 다음에 보호장치가 동작한 경우의 진단방법에 대하여 설명한다.

2. 전력용 콘덴서 설비의 보호방식

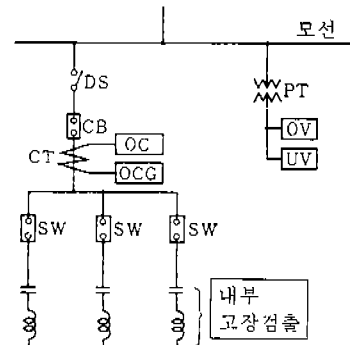
전력용 콘덴서 설비의 보호방식은 다음 2종류로 대별되며 일반적으로는 그림 1, 표 1과 같은 보호방식이 채용되고 있다.

- (i) 계통 이상시의 보호(과전압, 저전압보호)
- (ii) 콘덴서 설비내의 보호 및 사고 검출(단락, 과전류 보호, 지락검출, 기기 내부사고 검출)

(1) 계통 이상시의 보호

전력용 콘덴서가 접속되어 있는 계통에 이상 현상이 있는 경우에는

- (i) 전력용 콘덴서 설비 자체를 보호한다.



<그림 1>

〈표 1〉 전력용 콘덴서 설비 보호방식

대 분류	계통 이상에 대한 보호		설비내 사고에 대한 보호		
			설비내 배선 사고에 대한 보호		
보호대상	콘덴서 및 계통에의 악영향		설비내 기기 전반		
보호계전기	과전류계전기 (#59)	부족전압계전기 (#27)	과전류(또는 모선 단락) 계전기 (#51 또는 #50)	영상과전류(또는 지락과 전압) 계전기 (#51G 또는 #64)	
보호의 기본적인 목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘덴서의 기본과 과부하 방지 KS C 4802 <ul style="list-style-type: none"> • 최고사용전압 < 110% • 최대사용전류 < 135% (합성전류의 실효치를 상회하지 않을 것) ○ 계통에의 악영향 가능성에 대한 보호 ○ 최고사용전압은 고압용의 경우에는 최고 115% 이하 24시간의 평균은 110% 이하 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 변압기와의 동시 투입에 의한 콘덴서의 과전압 방지 ○ 계통에의 악영향 가능성에 대한 보호 (정전회복시에 콘덴서만이 남는 것을 방지) ○ 특별히 적극적인 보호의 의미는 없다 (콘덴서는 최초에 투입하고 최후로 투입한다는 상식) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설비내의 단락 사고 검출 ○ 상위 과전류계전기와 협조에 의해 정전 범위를 극한시킨다 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설비내의 지락 사고 검출 ○ 정전범위를 극한시킨다 	
필요성	표준으로서 사용	좌와 같다	좌와 같다	좌와 같다	계통조건에 따라 사용
계전기 동작시의 시퀀스	중 고 장 (간혹 경고장 취급을 하는 경우도 있다)	중 고 장	중 고 장	중 고 장	
계전기의 조정 (권장치)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탭 : 115V ○ 레버 : 1 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탭 : 60V ○ 레버 : 1~5 (고속도재폐토에서는 동작하지 않도록 한다) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상위 계전기와 협조를 고려한다 ○ 콘덴서 정격전류의 1.5 배 정도 ○ 레버 : 통상 1 정도 ○ 투입시 돌입전류, 고조과전류에 의한 오동작에 주의한다 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 다른 퍼더 조정에 맞춘다 	

(주) 설비내의 사고의 기기고장에 대한 보호는 표 3, 4를 참조한다

(ii) 전력용 콘덴서가 접속됨으로써 계통에 악영향이 확대되는 것을 방지한다.

등의 두가지 목적에서 과전압 및 저전압 보호가 실시되고 있다.

(a) 계통의 과전압시의 보호

전력용 콘덴서의 허용 최대 사용전압은 KS규격(표 2)에 정해져 있는데 콘덴서가 접속되어 있는 모선전압의 상승으로 콘덴서 단자전압이 이 값을 초과할 경우에는 과전압계전기에 의하여 콘덴서

설비를 개방하는 보호방식이 채용되고 있다.

(b) 계통의 저전압시의 보호

전력용 콘덴서는 계통이 저전압인 때는 특별히 적극적인 보호를 할 필요가 없지만 아래와 같은 점을 회피할 목적으로 일반적으로는 부족전압계전기에 의하여 콘덴서 설비를 개방하는 보호방식이 채용되고 있다.

(i) 전압회복시 : 무부하에서 콘덴서 설비만이 투입되었을 경우 역률의 과도한 진행 및



<표 2> 콘덴서 설비의 사용한계(KS 발췌)

KS C 4802 「고압 및 특별 고압 진상 콘덴서」

- 5.3 내전압 : 선로단자 상호간, 정현파에 가까운 상용 주파에서 정격전압의 2배, 1분간
- 5.4 최대사용전압 : 특별 고압용 콘덴서는 정격주파수로 정격전압의 110%의 전압에서 장시간 사용하고, 또 고압용 콘덴서는 정격주파수로 최고전압이 정격전압의 115%에서 그의 24시간 평균치가 정격전압의 110%인 전압에서 장시간 사용하여도 실용상 지장이 없어야 한다.
- 5.5 최대사용전류 : 콘덴서는 그의 충전전류에 고조파를 포함할 때 그 합성전류의 실효치가 정격전류의 135%를 초과하지 않는 범위에서 연속 사용해도 실용상 지장이 없어야 한다.

KS C 4806 「고압 및 특별 고압 진상 콘덴서용 직렬 리액터」

- 4.4 최대사용전류 : 리액터는 회로에 제5조파 전류를 포함한 경우, 그 함유율이 기본파 전류에 대해 35% 이하에서 그 합성전류가 정격치의 120% 이하일 경우, 지장없이 사용할 수 있을 것

모선전압이 과상승할 우려가 있다.

- (ii) 전압회복시 : 무부하변압기와 콘덴서가 동시에 투입되었을 경우 변압기 돌입전류에 포함된 고조파가 콘덴서 회로에 다량으로 유입되어 콘덴서가 과전압이 될 우려가 있다.

(2) 콘덴서 설비내의 보호 및 사고검출

전력용 콘덴서 설비내의 사고에 대해서는

- (i) 계통의 정전범위 국한
- (ii) 계통에의 2차적 사고유발 방지
- (iii) 콘덴서 설비 내의 건전부분에의 파급 방지의 관점에서 이것을 확실히 검출, 보호해야 된다.

(a) 단락사고의 검출

전력용 콘덴서 설비내의 단락사고 검출에는 일반적으로 과전류계전기가 사용된다. 또한 고압회로의 소용량 콘덴서에 있어서는 콘덴서 내부사고 보호와 병용하여 한류형 퓨즈가 사용되는 경우가 있다.

어느 경우에도 콘덴서 회로 특유의 고조파전류 및 콘덴서 투입시의 돌입전류에 의한 오동작을 피하도록 조정 탭값 및 정격전류의 선정에는 배려가 필요하다.

(b) 과부하(과전류) 보호

일반적으로는 과전류계전기가 병용되는데 표 2와 같은 허용치를 초과하는 과대한 고조파전류가

유입될 가능성이 예상될 경우에는 고조파 과전류계전기를 설치하는 일이 있다.

(c) 지락사고의 검출

지락사고는 계통의 중성점 접지방식, 대지분포용량 및 고장점의 지락저항에 따라 양상이 다르므로 일반적으로 그 보호방식을 결정할 수는 없지만 일반 설비와 동일한 지락보호(선택지락, 방향지락 또는 지락과 전류계전기에 의한 보호)가 채용된다. 또한 콘덴서 설비의 지락 검출은 기기의 내부 고장 검출용 계전기로 커버되는 부분도 있다.

(d) 기기 내부사고의 검출

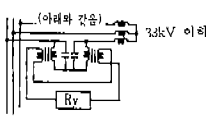
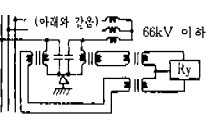
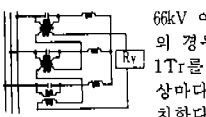
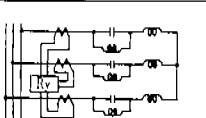
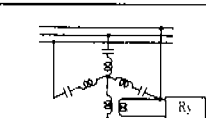
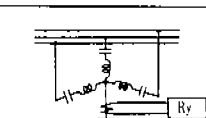
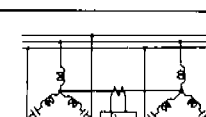
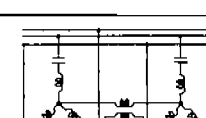
콘덴서 설비 내의 기기 내부사고의 대부분, 즉 단위 콘덴서의 내부소자 고장, 직렬 리액터 및 방전 코일의 층간 절연과파 등은 고장상의 리액턴스 변화 또는 3상 전류의 불평형으로 나타난다. 한편 고장장소에서는 아크에 의하여 절연유가 가열 분해되어 가스가 발생한다. 이 분해 가스에 의해 내압이 상승, 케이스 및 유량 조정장치가 팽창한다.

따라서 기기 내부사고의 검출방법으로는

- (i) 리액턴스 변화 또는 3상 불평형전류를 검출하는 전기적 검출방식(표 3)
- (ii) 내압상승 또는 케이스 및 유량 조정장치의 팽창을 검출하는 기계적 검출방식(표 4)

이 주로 채용되고 있다. 단, 전압계급이 높은 회로에 사용되는 단위 콘덴서의 내부소자 고장시는 리액턴스 변화가 작기 때문에 고감도의 검출방식(전압차동방식) 밖에 적용할 수 없다. 또한 이 전기적

〈표 3〉 전기적 검출방식

명칭	설비결선	계통 이상시의 영향 유(×) 무(○)			특징
		고조파전류	전압불평형 (단락포함)	1선지락	
I 전압감각방식	 33kV 이하	○	○	○	고검출 감도를 가진 우수한 방식으로, 보통 전압의 대용량 중요설비 및 11kV 이상의 대부분의 설비에 널리 적용되고 있다
	 66kV 이하				
II 소방필연방식	 66kV 이상의 경우는 1Tr를 각 상마다 설치한다	○	○	○	보통 고압의 중요한 설비 및 특고 일부에 적용되고 있다
III 전압변차방식		×	×	○	일부에 예가 있다
IV 감출방식		×	○	×	극히 일부에 예가 있다
V 검출방식		×	×	×	
VI 간접방식		○	○	○	보통 고압의 관형 콘덴서 다수로 설비된 구성하는 경우에 적용 가능하다
VII 전압방식		○	○	○	

검출방식은 계통 이상시(전압불평형, 1선지락, 고조파전류)에 여러 가지의 영향을 받게 되는 것이 있으므로 이것도 보호방식 선정시 배려해야 된다. 그리고 고압회로용 소용량의 콘덴서는 표 5와 같이 한류형 퓨즈 방식 또는 과전류계전기에 의한

검출방식으로 단락보호와 겸용되는 경우가 있다. 또한 관형(罐形) 콘덴서의 경우 과전류계전기에 의한 보호만으로 케이스의 보호협조를 하는 것은 곤란하므로 다른 방식(가령 한류 퓨즈, 보호용 접점방식)과의 혼합구성이 필요하다.



<표 4>

방식	기계적 검출 방식		
	FT 접점방식	보호용 접점방식	케이스 팽창 검출방식
결선			
원리	콘덴서 파괴장소에서 아크에 의한 절연유의 분해가스가 나와 용기내압이 상승, FT(유량조정장치)가 팽창한다. 이 팽창을 FT에 단 마이크로 스위치로 검출한다	콘덴서 파괴장소에서 아크에 의한 절연유의 분해가스가 나와 용기내압이 상승한다. 이 내압상승을 검출한다	콘덴서 파괴장소에서 아크에 의한 절연유의 분해가스가 나와 용기내압이 상승, 케이스가 팽창한다. 이 팽창을 용기 외부에 단 마이크로 스위치 등으로 검출한다
특징	탱크형 콘덴서의 보호방식으로서 간편, 저렴하다	관형콘덴서의 보호방식으로서 간편, 저렴하다. 특히 소전류영역 보호에 적합하다	좌와 같다

<표 5>

명칭	과전류계전방식	외부 퓨즈방식
결선		
원리	일반 전력기기와 마찬가지로 과전류계전기로 사고를 검출한다	회로에 흐르는 단락전류를 전력용 전류퓨즈로 한류·차단한다
특징	사고발생에서 계전기·차단기 동작까지에 0.4초 정도 이상을 요하므로 관형 콘덴서의 경우는 용기 파괴와의 협조에 주의할 요한다	단락전류보호에 대해서는 동작시간도 빠르고 가장 우수한 방식이나 진상소전류역(進相小電流域)에서는 보호할 수 없는 경우가 있다. 돌입전류에 의한 퓨즈열화에 주의해야 된다 관형 콘덴서의 경우는 용기 파괴와의 협조를 고려하면 과전류계전방식보다 우수한 방식이다

3. 보호장치의 동작요인과 고장진단

전력용 콘덴서 설비의 보호방식에 대해서는 앞에서 설명을 한 바 있지만 이 보호장치의 동작요인은 복잡하다. 그러나 이 요인을 파악함으로써 보호장치 동작시의 상황을 알 수가 있으며 동시에 동작원인의 조사를 하는 데 중요한 것이다.

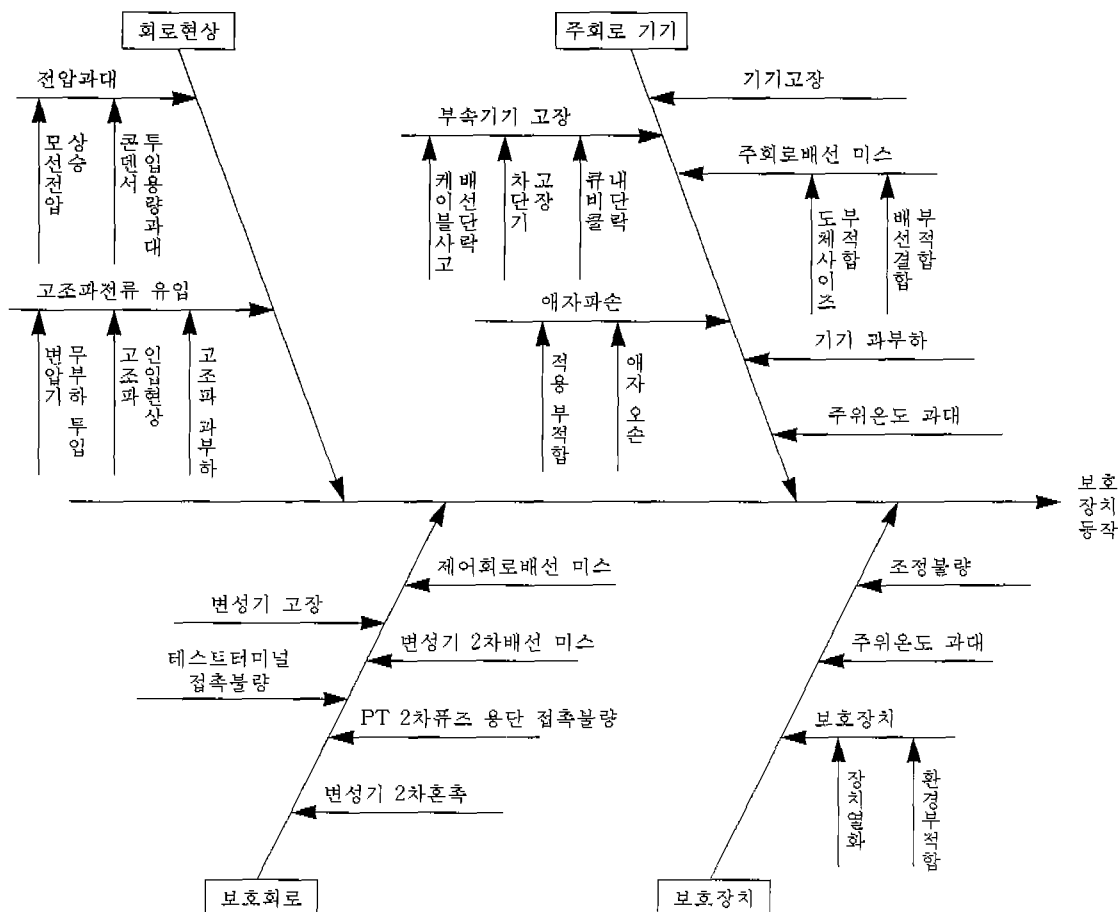
그림 2는 보호장치의 동작요인을 종합한 것으로서, 동작요인을 대별하면

- (i) 주회로 기기의 고장
- (ii) 콘덴서 설치에 따른 회로현상
- (iii) 보호회로의 고장, 보호회로 자체의 고장이 되는데 통상 경험하게 되는 보호장치의 동작원인으로는 주기기의 고장, 회로현상에 의한 것이 많다.

다음에 각 보호계전기가 동작한 경우의 추정 요인과 처치에 대하여 설명한다.

(1) 과전압 부족전압계전기의 동작

콘덴서 설비 자체의 문제는 아니므로 모션전압



<그림 2>

이 정상치로 회복되어 있으면 재투입해도 지장이 없다. 단, 과전압계전기가 빈번하게 동작할 경우에는 다음과 같은 회로현상에 기인한다는 것도 생각할 수 있으므로 사태를 조사하여

- (i) 모선전압을 변압기의 탭에 따라 내린다.
- (ii) 콘덴서의 허용량을 작게 한다.

등의 대책을 강구해야 된다.

(a) 콘덴서 투입에 의한 과전압

콘덴서를 회로에 삽입하면 모선전압이 상승하는 것은 흔히 경험하는 사실이다. 이 모선전압의 상승률은 대체로 $Q_c/RC \times 100[\%]$ (Q_c : 콘덴서 용량 [MVA], RC : 삽입점의 단락용량(MVA))으로 구해

지며 일반수용가 구내에서는 계통의 단락용량에 비하여 콘덴서 용량이 작기 때문에 문제가 되는 경우가 적지만 변압기 3차회로에 설치된 경우에는 변압기 3차권선의 임피던스보다 외관상 단락용량이 작아지고 전압이 상승하여 과전압계전기가 동작하게 된다.

(2) 과전류계전기의 동작

과전류계전기의 동작원인을 대별하면 표 6과 같이

- 단락사고
- 회로현상



<표 6>

동작요인	직접원인	추정되는 동작상황	비고	
단락고장	배선단락	배선 미스	○초충전시에 OCR 동작을 야기하는 일이 많다	○외부 아크 발생에 의하여 기기에도 손상을 미치는 수가 있다 ○직렬 리액터에 단락 전류가 흘러 손상을 미치는 수가 있다
		배선 휨상태 불량분	○사용중에 OCR 동작을 하는 일이 많다 ○지락 Ry의 동작을 수반하는 일이 있다	
	케이블고장	케이블 사이즈 부적합으로 인한 과열	○지락 Ry의 동작을 수반하는 일이 있다 ○케이블 파괴시에 충격음을 수반하는 일이 있다	
		자연열화		
	기기	기기내부 고장 (주로 콘덴서, 방전코일)	○보통 고압회로의 경우 동작하는 일이 있다 ○지락 Ry의 동작을 수반하는 일이 있다 ○기기의 변형, 손상이 육안으로 확인되는 일도 있다	○직렬 리액터에 단락 전류가 흘러 손상을 미치는 수가 있다
관	차단기 고장	기기 보수 불비 유입식에서 주유를 잇는다	○통상 개폐 조작시에 발생하는 일이 많다 ○설치 후 단기간내 개방 조작시에 발생한다	○상위계통의 OCRy 동작을 하여 구내 정전이 되는 일도 있다
회로현상	투입시의 큰 투입전류	○투입시와 동기하여 OCR기 동작한다 ○직렬 리액터에서 큰 소리가 나는 일이 있다 ○CT 2차 플래시 오버를 수반하는 일이 있다		
	무부하 변압기 투입시 과도적 고조파전류의 유입	○변압기 투입과 동기하여 OCR가 동작한다 ○병렬로 사용되고 있는 콘덴서도 OCR에서 트립되는 일이 있다 ○전류차동 Ry의 동작을 수반하는 일도 있다 ○직렬 리액터의 소리가 과도적으로 커진다		
	정상적인 고조파 과부하	○대용량의 아크등, 정류기 부하가 있는 경우에 많으며 아크등의 경우에는 용해기에 빈번하게 동작하는 일도 있다 ○직렬 리액터의 소음이 커진다 ○직렬 리액터의 온도계 경보접점의 동작을 수반하는 일도 있다	○온도적으로 문제가 되므로 유입되어 오는 고조파를 충분히 파악해야 된다	

으로 분류된다.

- (i) 단락고장중 부속기기 고장에 기인하는 것은 일반적으로 눈으로 확인되는 것이 많고 사고점을 조사한 후에 해당장소를 복구하기까지는 재투입해서는 안된다.
- (ii) 주기기 고장에 기인하여 과전류계전기가 동작할 경우에는 내부단락고장에 가까운 것이므로 일반적으로는 기기의 변형 등 외적인 손상으로서 나타나며 눈으로 확인되는 경우가 많은데 확인할 수 없는 경우에는 상세한 조사를 해야 된다. 또한 특별 회로용 설비는 외부인 결선이고 일반적으

로는 콘덴서 내부고장 검출계전기가 동작하며 이같은 과전류계전기 동작이라는 것은 거의 없다. 또한 고압회로용에서 직렬 리액터가 설치되어 전원측에 있는 경우에는 콘덴서 고장에 의하여 단락전류가 흐르고 있기 때문에 일반적으로는 직렬 리액터도 내부접점이 필요하다는 것에 유의해야 된다.

- (iii) 한편 회로현상에 의한 것에 대해서는
 - ① 투입전류에 기인하는 경우(투입조작과 동기하여 OCRy가 동작하고 있는 경우)가 있다. 콘덴서는 투입시에 회로 특유의 큰 돌입

전류에 의한 오동작을 피하기 위해 일반적으로는 정격전류의 약 150% 전후로 조정되는데 조정치가 낮으면 오동작을 하는 일이 있다. 다음에 계전기가 동작한 경우에는 조정치를 체크하여 낮은 경우에는 재조정을 하고 기기 외관을 점검한 후에는 재투입해도 무방하다. 단, 정정치가 낮지 않은 경우 및 콘덴서에 내부고장 검출장치가 없는 경우에는 충분히 기기를 조사하여 이상이 없는 것을 확인한 후에 재투입하도록 한다.

② 변압기 무부하 투입시의 돌입전류에 기인하는 경우(자계통 및 타계통에서의 변압기 투입조작과 동기하여 OCRy가 동작하고 있는 경우)에는 이것은 돌입전류에 포함되어 있는 고조파(특히 제3, 제4조파)전류가 과도적이기는 해도 다량으로 콘덴서 회로에 분류되어 오는 것으로 인한 것이다. 이 경우 그 고조파전류의 함유량에 따라 콘덴서에 과전압을 초래하며 내압상 악영향을 미치는 일이 있으므로 그 실태를 충분히 파악하여 메이커에 확인해야 된다.

③ 고조파전류 유입에 의한 정상적인 과부하
일반적인 콘덴서 설비는 콘덴서 리액턴스의 6%의 직렬 리액터를 가진 것이 많이 사용되고 있는데 다음과 같은 고조파 사고를 수반하여 과전류계전기가 동작하는 경우가 있다.

(가) 직렬 리액터가 없는 콘덴서와 직렬 리액터가 있는 콘덴서가 병렬로 사용되고 있는 경우로 전자의 용량이 후자보다 많아지면 제5조파 전류가 확대되어 직렬 리액터 및 콘덴서 소손 등의 사고가 발생한다(이 경우에는 직렬 리액터가 없는 콘덴서에 직렬 리액터를 설치하는 등의 대책이 필요하다).

(나) 대용량 정류기 부하가 있는 경우에는 계통조건에 따라서는 정류기 부하에서 발생하는 고조파전류가 다량으로 콘덴서 회로에 분류되어 오므로써 직렬 리액터 소손 등과 같은 사고가 발생한다(이 경우에는 직렬 리액터의 리액턴스치를 크게 하거나 교류 필터의 설치를 검토해야 된다).

(다) 아크등 부하나 단상 정류부하 및 사이리스터를 사용한 단상부하전류 조정장치 등이 있으면 제3조파 전류가 발생하기 때문에 $L=6\%$ 콘덴서 설비의 경우 계통 임피던스와의 사이에서 병렬공진을 야기하여 콘덴서 회로에 다량의 제3조파 전류가 유입하는 일이 있다(이와 같은 부하가 있는 경우에는 $L=13\%$ 의 직렬 리액터 채용이 필요하다).

(라) 혼합 브리지 결선의 정류기 부하와 같이 제4조파 전류를 발생하는 부하가 있는 경우는 $L=6\%$ 콘덴서 설비에는 직렬공진에 의하여 제4조파 전류가 다량으로 유입되어 직렬 리액터가 소손되는 등의 고장이 발생한다(이와 같은 부하가 있는 경우에는 통상 $L=8\%$ 의 직렬 리액터를 채용한다).

(3) 기기 내부고장 검출장치의 동작

기기에 내부고장이 발생한 경우에 재투입하면 고장부분 및 사고범위를 확대시키게 되므로 그 원인이 판명되기까지 재투입해서는 안 된다. 내부고장에 의하여 용기 변형이 수반되는 경우에는 눈으로 확인할 수가 있는데 일반적으로는 상세한 조사가 필요하다. 단, 이 검출장치의 동작 원인으로서 계통이상으로 인한 영향, 보호회로의 사고로 인한 것도 있으므로 이 점도 충분히 조사해야 된다.

각 기기에 대해서는 현장점검 항목에 따라 조사를 실시하여 내부이상이 있다고 생각되는 것은 메이커에 연락하여 정밀점검을 실시하고 수리한다.

(4) 전력 퓨즈의 동작

한류형 전력 퓨즈의 동작 요인으로는

- (i) 정격전류의 선정 잘못으로 콘덴서 회로 특유의 큰 돌입전류에 의하여 퓨즈 열화가 촉진되어 용단
- (ii) 배선 등에서 단락사고 발생
- (iii) 기기 내부고장

을 생각할 수 있다. 한류형 퓨즈는 사고전류를 한류시키기 때문에 외부 단락사고 이외에는 외관상



<표 7>

고장기기	계속운전 조건하에서
콘덴서	① 3상 콘덴서의 집합으로 직렬 리액터가 없는 Bank 계속운전 가능 ② 단상 콘덴서의 집합 Bank ○1대의 고장으로 3상 불평형이 되므로 3상을 같은 대수로 한다 ○콘덴서를 제거했을 경우 ㉠ 내부고장점을 보호방식에 영향이 없는지를 체크한다 ㉡ 콘덴서의 리액턴스에 대한 직렬 리액터의 리액턴스 비율이 대폭 감소되지 않았는지 체크한다 ㉢ ㉠의 이유로 직렬 리액터도 제거할 경우에는 고조파문제가 발생하지 않는지 체크한다 모두 메이커와의 상의가 필요하다
방전장치	① 방전장치가 없는 운전을 하면 안된다 ② 방전장치로 콘덴서 내부고장 검출을 하고 있는 경우는 다른 검출방법을 고려한 후 잠정적인 방전장치 (③)을 대체품으로 사용한다 ③ 방전만이 목적인 경우에는 동등 이상의 내전압 특성을 가진 PT, Tr를 대체품으로 사용한다
직렬 리액터	고조파 문제가 발생하지 않는지 검토한다 ㉠ 계통과의 고조파진동은 없는가 ㉡ 직렬 리액터가 있는 것과 혼용이 될 경우에는 직렬 리액터가 있는 콘덴서 용량 ≧ 직렬 리액터가 없는 콘덴서 용량을 충족시키는 운용을 할 수 있는가

이상을 발견하기가 곤란하며 기기에 대해서는 상세한 조사가 필요하다. 또한 퓨즈의 정격전류 선정시는 전류-시간특성을 충분히 검토해야 된다.

이상 보호계전기가 동작한 경우의 처치에 대하여 설명했는데 콘덴서 설비 구성기기의 어느 것에 고장이 발생했을 때 고장기기를 철거한 후 전전기 기만으로 설비를 계속 운전하려면 표 7를 참고로 하여 문제가 발생하지 않도록 배려해야 된다.

4. 점검 포인트

고장이 발생한 후의 진단방법에 대해서는 앞에서 설명했고 여기서는 사고시 및 일상점검시 이상을 발견할 수 있도록 구체적인 점검 포인트를 해설한다.

(1) 현장점검

콘덴서는 내부소체를 철제용기 내에 수납하여 밀봉한 후 고온에서 진공 건조시켜 미리 특별 처리된 절연유를 공기와 접촉되지 않게 완전히 침윤한 것으로서 온도변화에 의한 내부용적의 변화는 기체와 접촉시키지 않고 용기 위에 설치한 피딩

탱크(관형 콘덴서의 경우에는 용기의 측면)에 의하여 자동적으로 실시된다.

따라서 콘덴서는 패킹(부식의 상하)의 압착 볼트 또는 다른 밀집장소의 볼트를 이완시키는 일은 절대로 피해야 된다. 그것은 내부의 절연유가 외기에 접촉되면 열화하고 또한 대기압보다 약간 높게 유지되고 있는 내부압력이 저하되기 때문이다. 또한 고도의 진공처리를 한 소자 및 절연유를 용기 내에 밀봉하여 외기와 완전히 차단한 것이므로 내부점검, 절연유 교체는 필요가 없다.

또한 보통식 직렬 리액터 등과 같이 오일 열화 방지조치가 되어 있지 않은 구조에 대해서는 점검 주기에 주의해야 된다.

또한 현장점검에서는 이상을 인정할 수는 있어도 특성 열화는 검지할 수 없다는 것을 인식해 둘 필요가 있다.

(2) 외관점검 항목

외관점검에 관하여 점검항목 판정기준을 표 8에 들었다.

이 항목은 간단한 내용이기 해도 방치하면 중대사고로 발전될 가능성이 있다. 예를 들면

- (i) 오일 누설을 방치해 두면 절연유가 대기

<표 8> 외관점검

No.	점검항목	방 법	판정기준	비 고
1	오일 누설유무 점검	육안점검	오일 누설이 없을 것	<ul style="list-style-type: none"> ○오일 누설의 가능성이 있는 장소는 용접부착, 애자 상부 유량 조정장치 부착 ○유량 조정장치 부착의 점검은 피딩 탱크 커버를 제거할 필요가 없다 커버에서 외부로 기름이 나와 있는 경우를 오일 누설로 판정하여 커버를 벗기고 오일 누설 장소를 조사한다
2	단자의 이완 과열유무 점검	더 꺾어 준다 육안점검	단자의 이완 가열에 의한 변색이 없을 것	○단자부 최고온도는 90℃ 이하(주위 40℃에서)
3	용기의 폭발생 유무점검	육안점검	발청이 없을 것	
4	기타 외관점검	육안점검	부상의 파손 용기의 이상변형이 없을 것	
	용기의 이상팽창 유무점검 (관형콘덴서)	육안점검 또는 측정	한쪽의 허용팽창이 다음 이 하일 것 10~ 30kVA...15mm 50kVA...20mm 75~100kVA...25mm 150kVA...30mm	

<표 9> 콘덴서

No.	점검항목	방 법	판정기준	비 고
1	절연저항 측정	메가	단자외합 사이가 1,000MΩ 이상	<ul style="list-style-type: none"> ○n대 병렬로 접속되어 있는 경우는 1,000/nMΩ 이상 ○애자론 잘 청소하고 측정한다 ○1단자가 케이스에 접속되어 있는 경우는 제외
2	용량측정	C미터 등 또는 전압·전류방법	○정격치에 대하여 -5% ~ +10% 이내	<ul style="list-style-type: none"> ○제작시의 용량이 명확하고 또한 C미터 등으로 측정할 경우는 ±5% 이내 ○전압은 100V 정도를 사용 <p>측정회로도</p>
3	손실측정	세링브리지 등	제작치에 대하여 +20% 이내 부하는 문제없다	○측정용 리드 저항, 접속저항의 영향을 받기 쉬우므로 주의한다
4	내전압 시험	교류내압 세트	관청 시험전압을 단자 외합간에 10분간 인가하여 이상이 없을 것	○외함에 1단자가 접속된 것은 실시가 불가능하다

에 의하여 열화되어 특성열화, 내부고장으로 발전한다.

(ii) 단자의 이완을 방지해 두면 과열에 의하

여 배선이 단선되어 지락, 단락사고로 발전한다.

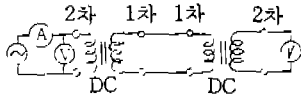
(iii) 부상의 파손은 절연저하에 의한 지락, 단



<표 10> 직렬 리액터

No.	점검항목	방 법	판 정 기 준	비 고
1	절연저항 측정	메 가	단자외함간 내부 20℃에서 500MΩ 이상	○내부 온도에 의하여 절연저항이 대폭 변화한다 40℃ 150MΩ 이상 70℃ 50MΩ 이상
2	절연유 시험 (보통식)	오일테스터	30kV 이상	
3	직류저항 측정	저 항 계	제작치 ±10% 이내	○온도보정을 요한다
4	리액턴스 측정	전압전류 계 법	제작치에 대하여 ±10% 이내	○10V 정도의 3φ 교류를 사용하여 측정 ○1φ 리액터의 경우는 1φ 전원으로 실시 가능하다
5	내전압 시험	전류내압 세 트	관정 시험전압을 단자 외함간에 10분간 인가하여 이상이 없을 것	○절연 가대 탑재의 것은 실시하지 않는다

<표 11> 방전 코일

No.	점검항목	방 법	판 정 기 준	비 고
1	도통 시험	테스터	도통이 있을 것	○V결선인 경우에는 각각의 코일 저항치는 같다
2	절연저항·절연유 시험	직렬 리액터와 같다		
3	직류저항 측정	저항계	제작치에 대하여 ±10% 이내	
4	내전압 시험	직렬 리액터와 같다		○일단 이 외함에 접속된 것은 실시할 수 없다 ○2차부 2차회로 일괄 외함간 15kV 1분간
5	변압비 시험 여자전류 측정 (2차코일분리)	2대의 방전 코일을 사용하여 1차측을 접속한 후 1대의 2차측부터 전압을 인가한다	○변압비는 정격의 ±3% 이내일 것 ○여자전류는 인가전압 비례할 것	○실시방법은 

락사고로 발전할 가능성이 있으며 또한 파손의 정도가 크면 오일 누설의 원인이 될 가능성이 있다.

한편 리스트에는 없으나 다음의 항목도 중요하다.

- ① 소음의 감시나 온도계·전류계의 감시 : 이것은 주로 고조파전류에 의한 과부하 방지 면에서 중요하다. 고조파전류가 비정상적으로 유입되었을 때 직렬 리액터의 소음이 커지거나 온도가 높아진다. 또한 전류도 통상치 보다 많아진다.
- ② 이상음, 냄새의 감시 : 기기 내부의 연결부가 이완되거나 접지가 불완전한 경우 정전 방전에 의한 이상음이나 진동에 의한 이상음이 발생하는 일이 있다. 또한 단자부 이완에 의하여 과열되고 있는 경우나 오일 누설

의 경우 냄새가 나는 일이 있다. 따라서 냄새를 감지한 경우에는 세밀한 점검을 해야 된다.

여하간에 소음, 이상음에 대해서는 그 음의 상태를 기록하고 온도계, 전류계의 지시에 대해서는 정상치와의 차이를 기록하여 메이커와 상의, 처치를 할 필요가 있다.

또한 오일 누설 처치에 대해서는

(가) 유량조정장치부 : 현지에서 새로운 유량조정장치와 교체한다.

(나) 용접부 : 현지에서 용접 또는 납땜으로 수리가 가능하다

(다) 애자의 패키징부 : 현지에서 패키징의 교체가 가능하다. 단, PCB가 든 것은 불가능하다.

(라) 납땜 애자의 은납땜부 : 현지에서의 수리는 불가능하다. 메이커에 수리를 의뢰한다. 단,

<표 12> 보수, 점검에 의해 발견되는 고장의 원인과 대책

고장 내용	고 장 원 인										고장원인 확인의 주요 포인트			
	내부이상	주연연유 과대	전압과대	외부의 단락지락	고조파 유입	다자질 배선과대	축정기 고장	절연유 정화	유압의 과부하	개폐기 불완전 투입		외력에 의한 케이스 등의 손상	기온상승 부진량	돌연전류 과대
단자부의 과열변색					○	○						○		○웁 상태 ○전선 사이즈
오일 누설	○			○					○				○	○누설장소 ○누발생 유무 ○케이스 변형 유무
유면저하							○		○				○	○유면계의 마힘 ○오일 누설 유무
부식손상	○			○						○				○손상상태 ○손상위치
케이스의 변형 또는 손상	○	○			○					○			○	○손상상태 ○주위온도 ○보호장치 동작 유무
이상음·소음	○			○	○	○			○	○			○	○음의 질 ○전류계 지침 ○음의 발생시간대 ○발생장소
이상한 냄새	○					○		○	○					○단자의 웁 상태 ○절연유 시험
온도이상	○	○	○		○							○		○케이스 변형 유무 ○주위온도 ○다른 온도계로 측정 ○전류계
전류계지침 이상	○		○		○	○			○			○	○	○보호장치 동작 유무 ○전압 전류계 교정
보호장치의 동작	○			○	○									○케이스 변형 유무 ○보호방식 재검토
퓨즈의 용단	○			○								○	○	○용단의 시기 ○정전용량 측정 ○케이스 변형 유무
정전용량 이상	○						○							○케이스 변형 유무 ○다른 방법에 의한 측정
손실(t Tanδ) 이상	○						○	○						○온도상승 변화 유무 ○전회의 절연유 처리시기
절연저항 저하	○			○			○	○	○					○에자 표면 오손상태 ○유량 확인
제발 방지책	신품과 교체	환기설비의 설치 등	변압기의 탭 전환	플래시오버 장치의 제거	직렬 리액터의 설치 등	더 죄어준다	축정기의 교정 교체	절연유의 여과 또는 교체	절연유의 추가 또는 빼낸다	개폐기의 수리 또는 교체	손상장소의 수리 또는 교체	기온상승 방침의 검토	직렬 리액터 설치 등	수명에 따라 신품과 교체

PCB가 든 것은 수리가 불가능하다.
또한 관형 콘덴서의 용기가 기준 이상으로

팽창되어 있으면 내부 절연파괴를 예상할 수 있으므로
신품과 교체해야 된다.



(3) 기기의 전기적 특성의 점검항목

콘덴서 직렬 리액터 및 방전 코일의 점검항목을 표 9, 10, 11에 들었다.

이 항목 중 절연저항 측정, 내전압 시험 이외의 특성 시험의 결과에 따라 양부를 판단하는 것은 어렵지만 표에 기재된 판정기준을 가늠으로 같은 시기의 제품의 측정치와의 비교, 전회의 측정치와의 비교에 의하여 판단하면 된다.

절연저항, 용기, 손실, 내압불량 등 전기적 특성이 이상한 것은 메이커의 정밀점검이 필요하다.

기타 기기의 점검항목으로서는 다음과 같은 것이 있다.

(a) 절연가대(66kV 이상의 설비)

가대용 애자 볼트의 이완 유무의 점검, 애자 파

손 유무 및 오손 유무를 점검하고 그 후에 절연저항을 메가로 측정하여 1,000MΩ/N (N : 애자수) 이상이라는 것을 확인한다.

(b) 개폐기(차단기)

콘덴서용 개폐기(차단기)는 일반부하에 비하여 개폐빈도가 많으므로 접촉자 점검에는 충분한 유의를 하는 외에 취급설명서에 따라 다른 일반 차단기와 같은 점검을 한다.

끝으로 보수, 점검에 의하여 발견되는 고장의 원인과 대책을 표 12에 종합하였다.

규제완화과제 발굴 및 기업애로 신고센터 설치·운영 안내

신정부의 시작으로 규제완화가 범 정부적인 과제로 추진됨에 따라 거의 모든 경제활동 분야에서 많은 개선조치가 이루어졌음에도 불구하고 국민이나 기업이 느끼는 규제완화 체감지수는 아직도 미흡한 실정이다.

이에 통상산업부 기업활동규제 심의위원회는 기업규제완화 시책을 추진하기 위하여 다음 6개 기관에 설치, 기업 애로사항을 접수하고 있다.

신고된 애로사항은 애로 신고센터가 검토한 후 통상산업부 기업활동규제 심의위원회가 유관기관과 협의하여 처리하오니 많은 이용바랍니다(문의전화 02)503-9496).

< 신고 및 문의처 >

◆ 대한상공회의소

-서울 중구 남대문로 4가 45

-TEL : 02)316-3422

FAX : 02)779-4686

-유니텔, 천리안, 하이텔 ID : SCHAMBER

◆ 한국경영자총협회

-서울 마포구 대흥동 276-1

-TEL : 02)3270-7325-6

FAX : 02)706-1059

-천리안, 하이텔 ID : KEF123

◆ 중소기업협동조합중앙회

-서울 영등포구 여의도동 16-2

-TEL : 02)785-0010

FAX : 02)782-8319

-천리안, 하이텔 ID : joktfsb

◆ 한국무역협회

-서울 강남구 삼성동 159-1

-TEL : 02)551-5204-7

FAX : 02)551-5237

-천리안, 하이텔 ID : koticom

◆ 전국경제인연합회

-서울 영등포구 여의도동 28-1

-TEL : 02)780-0821

FAX : 02)784-1640

-천리안 ID : FKIFKI

◆ 중소기업진흥공단

-서울 영등포구 여의도동 24-3

-TEL : 02)769-6700

FAX : 02)784-9230

-하이텔 ID : tgjfishin