

중성점 접지장치의 고장진단 요령

전기설비의 고장진단 ⑪

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

중성점 접지장치의 대표적인 것으로 접지변압기, 중성점 리액터, 접지저항기 등이 있다. 이것은 모두 통상적으로는 무부하이며 접지변압기 이외의 접지장치에서는 거의 전압, 전류 모두가 영인 것이 정상적인 회로상태이다. 즉, 이 중성점 접지장치는 회로 이상시에 단시간밖에 동작하지 않는 것이 특징이며 이점이 일반 전력용 변압기 등의 연속기와 다른 점이다. 따라서 고장진단시에는 이 점을 고려하여 "변화"를 파악하는 것이 테크닉의 포인트가 된다. 다음에 구체적인 방법에 대하여 해설한다.

2. 접지장치의 종류와 개요

접지장치로서 대표기종과 그 특징, 구조 등의 개요에 대하여 설명한다.

(1) 접지변압기

1차측은 스타 결선으로 하고 그 중성점이 접지축이 되며 2차측은 델타 또는 오픈델타 결선이 보통이다. 지락시에 접지전류를 억제하기 위해 저항기가 반드시 삽입된다. 이 저항기는 1차 중성점측이나 2차 오픈델타측에 설치된다. 또한 이 접지변압기를 이용하여 연속부하를 취하는 예도 있다. 이 경우에는 2차측은 델타 결선으로 하고 1차측의 중성점에 저항기를 삽입하게 된다. 또 절연계급은 70호 이하의 회로에서는 전체 절연이 된다. 따라서 1차 중성점도 회로의 절연계급과 같아진다. 2차측은 부하를 취할 경우 이외에는 자유로이 전압을 선택해도 되므로 그 전압에 따른 절연을 하면 된다. 접지변압기의 규격은 JEC-182에 규정되고 있으며 세부사항은 이 규격에 준하여 제작된다. 이상을 종합하면 표 1과 같다.



<표 1>

결 선				2차를 설치하지 않고 1차를 지그재그 결선으로 하는 경우도 있다(R : 저항기).
절 연	<p>1차 선로회로 절연계급과 같다. 1차 중성점 70호 이하는 선로와 같다. 70호 초과는 JEC-182에 의거한다. 1차 접지측 AC 10kV 1분</p>			
시간정격	단시간(10분 또는 15분도 있는데 1분 이하가 많다)			
온도상승	시간정격	권 선	오 일	2차 부하를 취할 경우에는 연속정격시 권선 40deg 오일 50deg
	1분 이하	100deg	50deg	
	5분 이하	90deg		
	15분 이하	80deg		
	30분 이하	70deg		

구조는 일단 변압기와 같은데 2차 오픈델터측에 저항기를 설치할 경우에는 5각철심이 된다는 것과 단시간 정격이기 때문에 방열기는 부착되지 않는 것이 보통이다. 그림 1에 접지변압기의 외관을 들었다.

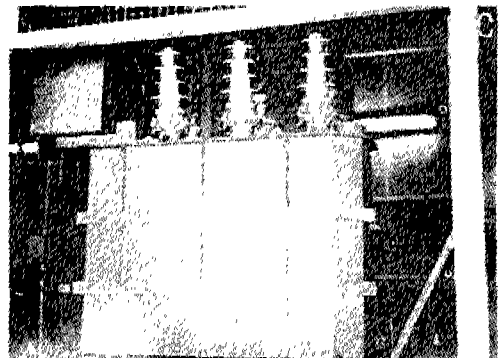
(2) 중성점 리액터

중성점 리액터에는 철심, 자기차폐 및 전자차폐가 있는 것 및 그 중의 어느 하나나 또는 전부를 가지고 있지 않은 것이 있다. 중성점을 접지하기 위해 단상 리액터가 단독적으로 또는 저항과 접속하여 사용된다. 이 리액터는 주로 이상전압을 억제하기 위해 사용되는 경우에는 비교적 높은 임피던스로 설정되고, 주로 지락전류를 제한하기 위해 사용될 경우에는 비교적 낮은 임피던스로 설정된다. 시간정격은 일반적으로 1분 이하이다. 절연강도는 접지변압기의 경우와 동일하다. 단, 중성점 리액터와 직렬로 저항기가 접속될 경우 저항기측은 10kV 이상의 절연강도로 되어 있다. 동작시의 온도상승한도는 권선 120deg, 유온 50deg로서 규격

은 JEC-182에 준하여 제작된다. 외관의 일례를 그림 2에 들었다.

(3) 소호 리액터

중성점 리액터가 이상전압의 억제 또는 지락전류의 제한을 목적으로 한 것에 비해서 소호 리액터는 선로의 1선지락시에 나타나는 용량성 전류를 보상함으로써 지락호광(地絡弧光)의 소호(消弧)를



<그림 1> 접지변압기 설치예

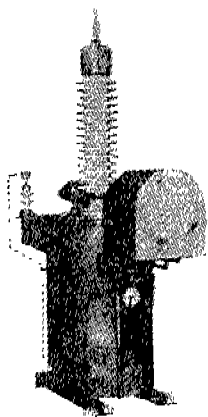
목적으로 하고 있다. 따라서 선호의 용량성 전류와 동일전류를 공급해야 되며 이를 위해 리액턴스 조정용으로서 많은 탭을 가지고 있는 것이 특징이다. 그밖에는 중성점 리액터와 거의 같다고 생각하면 된다. 단, 시간정격은 30분 이하가 많다.

(4) 접지저항기

건식 구조가 대부분이다. 저항체로서는 그리드 저항이나 스테인레스판 등이 사용된다. 동작시의 온도상승은 각각의 구조에 따라 다른데 내열절연 물을 사용함으로써 일반적으로 상당히 높고 수 100도급의 것도 있다. 절연설계로서 저항체 엘리먼트의 2분할점을 케이스와 접속하고 자체가 절연에 자까지 뜨게 되어 있는 구조도 있다. 이 구조는 동작시에 케이스가 전위를 가지게 된다(그림 3).

3. 접지장치의 운전시 상황

접지장치는 정상시에는 무부하상태이며 계통이 상시(1선 지락시)에 부하상태가 된다. 즉 대체로 무부하상태이고 매우 적은 때만 동작하는 것이 접지장치이므로 고장진단에서는 이같은 무부하시 및 부하시의 접지기기의 상태를 알아야 된다는 것은 중요한 요소이다.



〈그림 2〉 OF식 중성점 리액터
1φ 60Hz 77kV/√35,000kVA

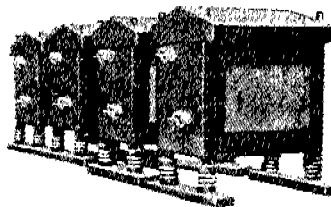
(1) 단자전압

접지면압기의 경우 이외에는 중성점에 접속되므로 정상시에는 영이다. 접지면압기의 경우에는 1차 단자가 선로에 접속되므로 정상시 및 동작시 모두 선로전압이 과전(課電)된다. 단, 1차 권선은 스타 결선이므로 권선단자의 대지전압은 정상시에는 선로전압의 $1/\sqrt{3}$ 이고 동작시에는 접지저항의 삽입위치에 따라 다르다. 즉, 접지저항이 1차 중성점에 삽입될 경우에는 동작시의 1차 권선단자의 대지전압은 정상시와 같이 선로전압의 $1/\sqrt{3}$ 이고 2차 오픈 델타측에 접지될 경우에는 선로전압이 과전된다.

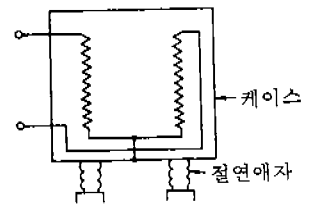
중성점 리액터, 소호 리액터 및 접지저항기에서는 동작시에 그 단자에 선로전압의 $1/\sqrt{3}$ 의 전압이 과전되게 된다. 단, 저항기가 직렬로 삽입될 경우에는 $1/\sqrt{3}$ 의 전압이 리액터와 저항의 임피던스 비로 분압된다.

(2) 통전전류

접지면압기에 있어서는 상시 전압이 과전되므로 철심이 여자되어 여자전류가 흐른다. 또한 2차측에 부하를 취할 경우에는 더욱 부하전류가 중첩되어 흐른다. 중성점 리액터, 소호 리액터 및 접지저항기에서는 동작시에 기기의 정격전류가 흐르는데 정상시에는 영이다. 단, 이것은 선로의 전압이 평형되고 있다는 전제하에서인데 실제로는 정상시에 약간의 언밸런스가 있으므로 언밸런스에 의한 중성점 잔류전압분에 대하여 미소한 전류가 흐르게 된다.



(a) 외 관



(b) 결 선

〈그림 3〉 중성점 저항기

<표 3> 접지변압기의 일상점검 요령

점검항목	조 사 방 법	비 고
온 도	• 온도계의 지시값은 정상인가, 공장의 테스트 데이터에서 유온의 상승값을 산정하여 타당성을 체크한다	큐비클 수납인 경우에는 큐비클 자체의 내부온도 상승도 고려한다
소 음	• 이상음은 없는가 • 레벨이 크게 변화하고 있지 않은가 • 진동의 정도에 변화는 없는가	
전 류	• 불평형 전류 이상으로 접지전류가 흐르고 있지 않은가 • 2차부하를 취하고 있는 경우 그 부하전류의 타당성 체크	지락전류 측정계가 없는 경우에는 가선전류계 등에 의존한다
구 조	• 오일레벨 • 오일누설 • 녹의 발생 유무 • 부속품 등의 이상 유무(외관 점검) • 접지단자의 상황 • 방압장치의 동작 유무 확인	전력용 변압기와 같은 요령이면 되는데 특히 접지 단자는 과거의 동작시 흔적 등을 보고 이상 유무를 체크한다

<표 4> 중성점 리액터의 일상점검 요령

점검항목	조 사 방 법	비 고
온 도	온도계의 지시값은 대체로 주위온도와 같은데 그 이상 현저하게 큰 상승값을 나타내거나 주위온도 이상으로 크게 변화한 경우에는 이상이 있는 것이다	온도계는 유온을 지시하고 있으므로 주위온도와는 일치되지 않고 약간 높으며, 또한 변화도 주위온도의 변화보다 지연되므로 판단에는 주위를 요한다
소 음	대체로 무소음이며 소음을 발하고 있으면 지락전류가 흐르고 있는 것이므로 우선 이상으로 판단해야 된다. 단, 이 현상은 내부이상에 기인하는 것은 아니지만 권선의 온도상승값이 허용값을 초과하는 결과를 초래하므로 중요한 체크 포인트이다	소음을 발하고 있는 경우에는 어떤 방법으로든지 지락전류의 측정이 필요하다
구 조	접지변압기의 경우와 같다	

점검하게 된다.

- (i) 접지변압기: 표 3에 들었다.
- (ii) 중성점 리액터: 표 4에 들었다.
- (iii) 소호 리액터: 중성점 리액터의 경우와 동일하다.
- (iv) 중성점 저항기: 시온 테이프에 의한 온도 체크가 효과적이고 실제적인 방법이라고 하겠다. 즉 과거의 동작시 전류에 대하여 허용온도를 초과하지 않았는지를 감시한다. 이 경우에 허용온도는 시방에 따라 다르므로 사전 확인 후에 시온 테이프를 선택한다. 시온 테이프는 저항체에 붙여야 되며 따라서 점검은 점검창에서 감시하게 된다. 이 때의 유의사항은 점검시에 동작하는 것도 예상되므로 만일 케이스가 절연된 구조

(그림 3)에서는 동작하면 케이스에 전압이 가해지므로 케이스에 접촉해서는 안된다. 점검구는 아크릴 등 투시창에서 소정의 이격위치에서 실시하는 것이 안전하다. 그 때 저항기 조립상태의 변형, 절연물의 손상상태 등의 이상 유무를 함께 관찰한다.

(b) 정기점검

선로는 무전압(정전)상태에서 실시한다.

- (i) 접지변압기: 표 5와 같다.
- (ii) 중성점 리액터: 접지변압기와 같다.
- (iii) 소호 리액터: 접지변압기와 같다.

단, 부하시 탭 전환기가 부속된 것은 전환빈도가 5만회 또는 5년마다 탭 전환개폐기 점검이 필요하다.



<표 5> 접지변압기의 정기점검 요령

구분	점검항목	빈도	점검의요점
	절연저항	1년에 1회	급격한 열화 및 납입시의 시험성적에 현저한 변화는 없는가? 접지선을 제거한 후에 실시하는 것을 잊지 않도록 한다
절연유	과과전압측정	3년에 1회	(1) 2차측에 부하를 취한 경우에는 1년에 1회
	산가측정		(2) 밀봉식 구조는 필요없다
부싱	오손상황	1년에 1회	파손상황에 따라 빈도의 수정이 필요하다
	단자의 휜상태	1년에 1회	단자의 이완 유무, 통전시의 과열현상 유무
	애관 균열	1년에 1회	갓의 국부파손 유무 등도 점검한다
외함	오일누설 점검	1년에 1회	밀봉식의 경우 탱크, 커버 위 등 세부점검
	도장표면 점검	1년에 1회	탱크, 커버 위, 코로나부 등의 녹발생 상태
	내압장치 점검	1년에 1회	확실한 고정상태를 유지하고 있는가
	접지단자	1년에 1회	통전시의 과열현상 유무
내부		원칙적으로 필요없다	절연저항의 측정결과 등에서 이상이 있는 경우에만 실시 (그때에는 메이커와 사전 협의를 한다)
유면계 은도계	지시불량 조사 경보점검 점검 지시판 청소	1년에 1회	
	방압장치	1년에 1회	오일누설 점검

(iv) 중성점 저항기: 케이스를 벗긴 후 내부 저항체에 대하여 고정부 이완의 유무, 절연 물의 손상상태, 국부과열의 유무 또는 아크 흔적의 유무 등을 3년에 1회 정도의 빈도로 점검하도록 한다.

(ii)의 경우는 내부이상으로 판단하고 접지변압기를 조속히 회로에서 분리시킨 후 레시오 테스트, 직류저항 측정을 실시, 이상내용을 체크한다. 이상이 확인되면 내부를 들어 올려 조사한다.

5. 이상발견과 처치

(1) 통상전류가 많은 경우

이 원인은

- (i) 3상회로전압의 불평형
- (ii) 접지변압기의 내부이상을 생각할 수 있다. (i)의 경우는 접지전류로 통전되는데 (ii)의 경우는 접지변압기의 선로전류로 통전해도 접지전류가 흐르지 않는다. 접지장치는 단시간 정격이므로 이와 같은 전류가 장시간 통전되면 열적인 손상을 입게 되므로 전류값을 확인한 후 통전전류의 값에 따라서는 회로에서 분리시켜야 한다.

(2) 동작시 전류가 정격값과 다른 경우

이 경우에는 먼저 회로상의 검토, 변류기의 이상 유무를 확인하고 그것이 모두 정상이면 내부이상으로 판단하고 조속히 회로에서 분리시킨 후 다음 시험을 실시한다.

(a) 접지변압기

- (i) 절연저항 측정
- (ii) 직류저항 측정
- (iii) 레시오 측정

(b) 중성점 리액터, 소호 리액터

- (i) 절연저항 측정
- (ii) 직류저항 측정

(iii) 임피던스 측정

(c) 중성점 저항기

(i) 절연저항 측정

(ii) 저항값 측정

(iii) 내부이상의 유무

(3) 정기점검시의 이상발견과 처리

각각 현상에 따라 다르지만 기본적으로는 전력용 변압기의 경우와 마찬가지로 취급하면 된다. 가령 절연저항, 절연유 성능측정 결과에 대한 판단과 그 처치 등은 변압기 고장진단의 요령에 따르면 된다. 또한 저항기는 엘리먼트 교환 등도 비교적 용이하게 할 수 있으므로 그 내용을 메이커와 상의하여 처치하도록 한다.

6. 맺음말

중성점 접지장치용 기기는 회로 이상시에만 단시간 동작하는 것이며 정상시에는 무부하 상태라는 점이 전력용 변압기와 같은 연속기기와 다르다. 따라서 경년변화의 정도도 연속기기에 비하여 경미하며 또한 상시에는 기기 자체의 고장이 적다고 할 수 있다. 기기 고장이 발생하는 것은 동작시에 있는 것으로 생각할 수 있는데 회로이상은 보호 릴레이에 의하여 단시간에 제거되므로 기기 동작시간은 짧다. 이 짧은 시간에 고장이 발생해도 즉시 회로는 분리되므로 기기로서의 이상현상은 나타나지 않는다. 그런만큼 발견이 곤란한 점이 있다.

일상점검과 정기점검시의 세심한 주의가 필요하다.

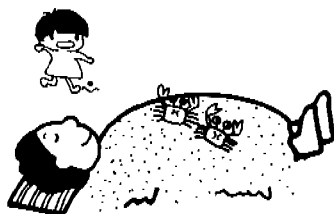
☞ 알아두면 상식

신비로운 “잠” - 사람은 대부분 하루에 1시간 이상의 꿈을 꾴

여러분, 잠에 대한 이야기를 하겠습니다. 잠처럼 평범한 사실을 신비롭다고 하니까 이상하게 들릴지 모르겠지만 잠이란 정말 신비로운 것입니다. 사람은 잠을 자지 않으면 안됩니다. 잠을 자지 못하면 초조해져서 확실한 사고력을 상실하거나 그들이 하는 일에 주의력을 집중할 수가 없게 됩니다. 잠든 사람을 연구해온 과학자들은 사람이 깨어 있을 때 행하는 대부분의 활동은, 비록 속도는 줄어 있지만 잠을 자는 동안에도 계속된다고 말해주고 있습니다. 예를 들면 심장은 서서히 뛰고, 혈압은 낮아지고, 숨은 느려지고 깊어집니다.

잠잘 때는 체온이 1~2°가 내려가기도 합니다. 우리 몸은 이런 일이 발생할 때는 추위를 느끼게 됩니다. 이런 사실은 대부분의 사람들이 밤이 춥지 않은 경우라도 이불을 덮어야 더욱 아

늑함을 느끼게 되는 이유를 설명해 주는 것입니다. 과학자들은 체온이 내려가는 사실에 대해 아주 흥미있는 발견을 했습니다. 그들은 밤에 정상적으로 잠을 자는 사람들은 잠이 들어있지 않



은 경우에도 밤에는 체온이 내려간다는 사실을 알아냈습니다. 낮에는 잠자고 밤에만 일하는 사람들은 잠이 들어있지 않은 경우이라도 낮에는 체온이 내려간다는 것입니다. 마치 우리는 우리의 체온을 규제하는 시계를 우리 몸에 가지고 있는 것 같습니다.

과학자들이 여러가지 기계를 이용하여 우리가 잠을 자고 있는 시간에 골에서 무슨 일이 일어나고 있는가 살펴 본 바에 의하면 하룻밤의 잠은 몇 개의 주기로 이루어진다는 사실을 알아냈는데 각 주기는 1~2시간이라는 것입니다. 각 주기는 얇은 잠과 깊은 잠을 나타내 주며 놀라운 사실은, 각 주기는 5분에서 10분 동안의 꿈을 꾸면서 끝난다는 사실입니다. 즉, 우리는 하룻밤에 약 1시간 정도의 꿈을 꾸는다는 사실입니다. 그러나 우리는 깨어나기 전에 거의 모든 꿈을 잊어버리고 맙니다.

우리는 과연 몇 시간의 잠을 자야 할까요? 취침량은 사람에 따라 다릅니다. 대부분의 성인은 하루에 7~9시간의 수면을 필요로 하며 12살쯤 된 아이는 약 10시간의 수면이 필요합니다.