



윤 경 혁

효성중공업(주) 생산기술과장

## 5. 변압기의 유지관리

변압기는 일반적으로 수명이 반영구적이라고 하나, 유지·관리의 질이 그 내구성에 큰 영향을 준다.

따라서 일상점검을 통하여 내부절연의 열화정도를 판단하여 사고를 미연에 방지토록 하여야 한다.

### 가. 변압기의 일상점검

변압기의 일상점검은 하루중 부하가 가장 적은 시간과, 가장 많은 시간대에 2회이상 실시하는 것이 좋다.

일반적인 일상점검은 통전중에 실시하며, 이상 발생시는 이상의 정도와 상태에 따라 정전을 실시하여 정밀점검 실시 여부를 판단하여야 한다.

전식 변압기 및 유입 변압기의 일상점검 항목은 표7 및 표8과 같다.

### 나. 변압기의 정기점검

변압기는 년 1회이상 정기점검을 실시하여 내

부의 절연내화정도를 판단하고, 그 기간중 일상 점검시 Check된 경미한 이상발생 부위의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

변압기의 정기점검 항목은 표9 및 표10과 같다.

### 다. 정전시 반드시 실시하여야 할 유지관리 항목

변압기는 타 전기기기와 마찬가지로 통전중인 도전체의 접합부위의 경미한 이완 또는 절연체의 진해, 염분에 의한 경미한 오손 등이, ARC나 코로나로 파급되어, 변압기 또는 타 전기기의 절연파괴 등, 사고확대의 가능성이 큰 기기이다.

따라서 정기적으로 Line, Bus, 단자 등의 연결 접합부위 및 애관 Support 등 절연체의 세척을 실시하여야 한다.

그러나 이를 위하여 정전을 실시한다는 것은 장치산업 등의 경우 막대한 생산차질을 초래할 수 있다.

따라서 다른 어떤 목적으로 정전이 불가피한

〈표 7〉 건식 변압기 일상점검 항목

점검개소	점검항목	이상상태	조치방법
큐비클	·외관(방청, 부식) ·이상음	·부식 ·연속음 발생 ·ARC음	·정기보수 기간에 방청 ·발생부위 Check ·운전중지 및 ARC부위 확인, 절연보강
본체	·온도 ·이상음 ·냄새 ·절연균열 ·리드선 고정상태	·규격치 이상의 온도상승 ·ARC음 ·타는 냄새 ·균열 ·이탈	·과부하 유무확인 ·발생부위 Check ·운전중지후 개소확인 ·운전중지후 정밀검사 ·운전중지후 결속실시
애자	·균열 유무 ·분진 유착	·균열 발생 ·코로나 발생	·정전후 교체 ·운전중지후 세척
단자	·변색 ·온도측정	·과열	·운전중지후 결속상태 확인
냉각장치	·송풍기의 이상 ·진동	·이상음 발생 ·진동음 발생	·송풍기 교체 ·송풍기 재결속

〈표 8〉 유입 변압기 일상점검 항목

점검개소	점검항목	이상상태	조치방법
본체	·유온상승	·규격치 이상	·과부하 유무확인 ·온도계 지시불량 유무확인 ·냉각장치이상 유무확인
	·유면	·이상 저하 ·이상 상승	·누유여부 확인 ·누유여부 확인
	·이상음	·단속음	·유중방전여부 확인
	·누유	·다량 누유	·누유개소 확인 및 조치
호흡기	·변색	·습기 침투	·교환
	·이상호흡(연속적으로 배기)	·내부 기포발생	·운전중지후 정밀점검
북성애판	·애자의 균열유무	·균열, 누유	·운전중지후 교체
	·분진유착	·분진유착 또는 코로나발생	·운전중지후 세척
북성단자	·변색유무	·과열(변색시)	·과열요인 분석후 조치
	·균열유무	·균열	·운전중지후 교체
브호홀프 계전기	·GAS실	·GAS발생	·운전중지후 GAS축출검사 ·변압기 내부 정밀점검
방열기	·누유여부	·누유	·비누를 이용 응급조치
	·도장상태	·부식	·심하면 운전중지후 수리 ·방청처리 실시
냉각장치	·송풍기 또는 펌프의 이상음	·이상음 발생	·점검후 조치
부하시 탭절환기	·동작상태 확인	·부동작	·전원결상, 배선절연유무, 각종 기기점검

경우, 그때 그때마다 유지관리를 실시하는 것이  
 좋다.

만일 이런 정전이 필요없다 하더라도 우기가

시작되기 전 1년에 한번쯤은 정전을 실시하여  
 유지관리를 실시하는 것이 바람직하다.

이때 유지관리 항목은 표11과 같다.

〈표 9〉 건식 변압기 정기점검 항목

점검개소	점검 항목	이상 상태	조치 방법
변압기본체	· 절연저항 측정 · 온도계 동작상태 · 지지구조 이완 조임	· 규격 이하 · 오차 과다 · 접점 오동작	· 재건조여부 결정 / 전문가에 의뢰 · 교체 · 전문가에 의뢰 점검
냉각장치	· 이완 조임		
애자	· 세척 및 이완 조임		
단자	· 이완 조임 · 오염	· 진해염분 부착	· 연마 또는 교체
류비클	· 이완 조임 · 방청	· 부식	· 재도장
접지선	· 이완 조임		

〈표 10〉 유입 변압기 정기점검 항목

점검개소	점검 항목	이상 상태	조치 방법
권선	· 절연저항 측정	· 규격 이하	· 전문가에 의뢰 판정
절연유	· 시료채취 및 특성시험 (절연내력, 산가, 수분함량 등)	· 규격 미달 (KSC2301 참조) 내압 : 30kV 이상 등	· 여과 또는 교체
각종계기	· 동작상태	· 오동작	· 교체 또는 수리
외함	· 도장상태 · 누유	· 부식 · 누유	· 방청처리 · 수리
분싱	· 애판청결상태 · 균열 유무 · Gasket부위 누유 여부	· 진해, 염분 부착 · 균열 · 누유	· 세척 · 교체 · 수리 또는 교체
분싱단자	· 이완 조임 · 부식, 청결상태	· 진해, 염분 부착	· 연마 또는 교체
무부하시 탭절환기	· TAP 동작상태 (변압비, 여자전류)	· 단선 또는 여자전류 과다	· 내부점검 실시
부하시 탭절환기	· TAP 동작상태 (변압비, 여자전류) · Control 회로의 Megger 측정	· 단선 또는 여자전류 과다 · 2MΩ 이하	· TAP 절환기점검 또는 변압기 내부점검 · 절연상태 확인
질소봉입 장치	· N <sub>2</sub> GAS 누기 · N <sub>2</sub> GAS 량	· N <sub>2</sub> GAS 누기	· 누기개소 Check · GAS 교환

〈표 11〉 정전시의 유지관리 항목

유지관리 개소	방 법
붓 싱 애 관	진해, 염분을 깨끗이 닦는다
붓 싱 터 미 날	Bolt조임상태를 확인하고 재조임한다
접지선, 접지단자	접지저항을 Check하고 재조임한다
1,2차 Line	1차 Line의 제 연결부위 및 1차 Line접속기와의 터미날의 접속상태를 재 확인한다.
Control Box	보호계기, Control Lead의 단자와 보호 계기와의 불림상태를 재확인한다.
Supporter, 피뢰기	각 지지대자, 피뢰기의 애관을 깨끗이 닦고 물림상태를 확인 재조임 한다.

## 6. 변압기의 사고확대방지

낙뢰나 고전압의 침투, 선로의 단락 등 외부 요인이든 내부절연 노화 등의 내부요인이든 변압기의 사고는 공장이나, 가정 등에 심대한 영

향을 준다.

따라서 이런 요인들에 의하여 변압기 내부에 경미한 사고가 발생한 경우 그 요인을 파악 조치함으로써 사고의 확대를 사전에 예방하여야 한다.

### 가. 사고의 원인과 결과

#### (1) 변압기 내부요인

변압기 내부사고에 의한 요인은 절연지의 노화, 과부하, 지지물의 이탈 등 여러가지 유형이 있다.

각 유형별 사고의 발생부위, 종류, 발생현상, 외부 판별법은 표12와 같다.

#### (2) 변압기 외부요인

변압기 외부요인에 의하여 보호계전기가 동작되거나 그 사고가 변압기로 확대될 수 있다.

외부요인별 변압기 내부 사고확대 내용은 대체적으로 표13과 같다.

〈표 12〉 변압기 내부사고의 종류와 판별법

사고부위	종 류	현 상	외부 판별법
권선 Lead TAP 절환기	· 절연노화에 의한 ARC 단락	· 과부하계전기 동작(트립) · 비울차동계전기 동작(트립)	· 여자전류 측정시험
	· 완전단선	· 과부하계전기 동작(트립) · 이상전압 발생	· 상회전시험(삼상변압기) · 변압비시험(단상변압기)
	· ARC 단선	· 과부하계전기 동작(트립) · 비울차동계전기 동작(트립) · 보호홀찌계전기 동작(경보) · 온도상승(국부가열)	· 고전압시험 · 각 부위의 온도측정 · 이상음 발생
	· 완전단락	· 과부하계전기 동작(트립) · 비울차동계전기 동작(트립) · 보호홀찌계전기 동작(트립) · 방압안전장치 동작(트립)	· 여자전류 측정시험
철 심	· 철심의 절연파괴, 철심의 고정볼트 절연파괴, 철심접지 불량	· 국부가열 · 보호홀찌계전기 동작(경보) · GAS 발생	· 불 가

〈표 13〉 외부요인에 의한 변압기 사고의 종류와 판별법

사 고 내 용	변압기 내부에 미치는 영향	판 별 방 법
단 락 사 고	· 변압기의 기계적변형에 의한 절연파괴	· 과부하계전기 동작 · 비유탈차동계전기 동작
체통의 ARC 지락	· 모선(배전선)전위상승으로 절연파괴	· 과전압계전기 동작 부하 · 과전압계전기 동작 · 비유탈차동계전기 동작
계통의 선간 ARC 발생	· 고조파 전위상승으로 절연파괴	· 과전류계전기 동작
부하의 고조파 전압발생	· 절연파괴 · 장기적인 절연노화촉진	· 리액터, 휴즈, 콘덴서 등의 잦은 절연파괴
부하의 고조파에 의한 공진	· 절연파괴	· Motor, 리액터, 휴즈 등의 절연파괴

(3) 변압기의 보호기기 동작 내용별 조치사항

변압기의 보호기기는 과부하계전기 등의 보호계전기와 브호홀쓰계전기 등 변압기에 부속되어 있는 보호장치가 있다.

이들 계전기 또는 보호장치의 동작시, 그 양상에 따라 변압기를 점검, 계속운전의 여부를 판단하여야 한다.

또한 보호계전기의 동작요인을 추적하여 이를 규명하고, 제거시킨 후 변압기를 점검한 후 재투입하여야 변압기의 사고확대를 미연에 방지할 수 있다.

(가) 사고요인 분석

사고가 발생하면 즉시 사고요인을 분석하고, 사고요인에 대한 타 기기의 영향을 검토하여, 타 기기의 사고확대 가능성여부를 확인하여야 한다.

사고요인을 파악하기 위하여는

- 보호계전기의 동작상태
- 사고지점의 수전, 송전측 기기의 동작유무 및 상태
- 사고 지점의 현상(이상음, 이상현상 등)
- 사고 지점의 동작상태(탭절환기, 부하측의 기기 등)
- 사고 지점의 날씨, 낙뢰여부 등의 자연

〈표 14〉 보호계전기 동작상태와 사고의 요인

동작기기	사 고 의 원 인	타기기에의 영향
과전류계전기	지락, 단락, ARC지락 ARC단락, 과부하	선로에 접속된 변압기 리액터, 모터 등
비유탈차동계전기	낙뢰, 단락, 지락	상 동
지락계전기	지락, ARC지락	상 동

상태

- 사고 시점의 부하상태 및 기기의 상태(온도, 유변 등) 등을 조사하여 기록하고, 이를 토대로 타 기기의 영향을 유추 확인한다.

(나) 보호계전기별 사고감지 내용

각종 보호계전기의 동작상태를 이용하여 사고의 원인과 타 기기의 영향은 표14와 같다.

(다) 변압기 보호장치동작과 그 요인

변압기 자체에는 내부사고의 초기감지 및 사고확대방지를 위한 여러가지 보호장치가 구비되어 있다.

이들 보호장치의 동작상태를 파악하여 변압기

〈표 15〉 변압기 · 보호장치와 사고내용

동작보호장치	상태	사고의 요인	조치 방법
충격압력계전기	트립	· 내부의 ARC 또는 단락발생	변압기 운전 중지 및 정밀검사
방압(출)안전전장치	트립		
브호홀쯔제전기	트립		
브호홀쯔제전기	경보	· 내부의 소규모 ARC · 철심접지 불량 · 철심절연 파괴	운전중지 및 내부검사
유 온 상승	경보	· 과부하 · 2축의 경미한 사고 · 내부의 경미한 ARC	외부요인인가 내부요인인가를 조사판단
유 온 상승	트립	· 국부가열	운전중지 및 내부검사
유 면 저 하	경보	· 누유	상태 확인 및 조치여부결정

내부사고의 요인과 상태를 표15와 같이 유추할 수 있다.

#### 나. 변압기의 고장진단

외적인 요인이든 내적인 요인이든 간에, 보호계전기 또는 변압기 보호장치의 동작에 의하여 차단기가 동작하여, 사고의 요인이 변압기에 영향을 줄 수 있다고 생각되면, 반드시 변압기의 고장진단을 실시하여, 고장유무를 판정한 후 재투입여부를 결정함으로써, 변압기 내부의 경미한 사고가 수리 불가능한 상태로의 사고확대를 방지할 수 있다.

일반적으로 특수한 시험기기를 동원하지 않고 600V 미만의 삼상전원과, Megger, 전압계, 30 A Range의 전류계, mA전류계 등을 이용 다음과 같이 간단한 현장시험을 통하여 변압기 이상유무를 판단할 수 있다.

##### (1) 절연저항의 측정

변압기의 절연저항은 변압기 내부권선의 접지, 지락여부와 고·저압간 혼축유무를 판단하는 자

료이다.

절연저항 측정시 사용기기는 가급적 2,000V Megger를 사용한다. 변압기는 자체에 Reactance와 Capacitance를 갖고 있기 때문에 측정개시 시에는 Megger값이 0 (Zero)이나 시간이 지나면 서서히 포화되어 일정한 지시값을 갖게 된다. 따라서 지시값이 일정해진 후의 값을 읽도록 한다.

고압과 대지간, 고압과 저압간 측정후 저압과 저압간을 측정하며, 이때 선로를 가급적 분리시킨 후 측정한다.

특히 저압측은, 선로와의 Capacitance, 저압 선로의 지시애자 등에 의한 누설전류의 흐름이 가능하므로, 측정 절연저항치가 변압기의 절연저항치보다 현저히 낮은 수 ( $M\Omega$ )로 측정될 수 있으므로, 정확한 판단을 위하여는 저압측 선로를 분리하고 측정하여야 한다.

##### (2) 변압비의 측정

변압기 내부의 단락이나, 탭절환기의 이탈, 단선 등은 변압비 측정으로 예측할 수 있다.

변압기의 고압측에 600V 미만의 전압을 인가하고, 고·저압간의 전압을 측정한다. 이때 무부하시 탭절환기를 조작하여 각 TAP에서의 전압을 측정한다.

##### (3) 각변위 시험

삼상변압기 삼각 (Delta) 결선의 변압기는 한상이 단선되어도 변압비의 측정이 가능하다.

따라서 삼상변압기는 각변위 시험을 실시하여야 한다. 즉 고압측 U붓싱과 저압측 u붓싱을 연결한 후 고압측에 삼상전압을 인가하여 고·저압, 붓싱, V-v, V-w, W-v, W-w간의 전압을 측정한다.

이때 결선 및 판정치는 표16과 같다.

##### (4) 여자전류 측정

변압기 내부의 단락이 발생하면, 변압기의 저압측이 개방(무부하)되었다 할지라도 고압측에

〈표 16〉 각변위 판정법

결 선	결선명	판 정
△-△	Ddo	$V_v = W_w < V_w = W_v$
△-△	Yyo	$V_v = W_w < V_w = W_v$
△-△	Dyll	$V_v = V_w = W_w < W_v$
△-△	Dyl	$V_v = W_v = W_w < V_w$
△-△	Ydll	$V_v = V_w = W_w < W_v$
△-△	Ydl	$V_v = W_v = W_w < V_w$

〈표 17〉 시험방법별 사고내용

시험방법	사 고 내 용
절연저항측정	· 절연파괴에 의한 지락 · 고·저압간의 혼촉
변압비측정	· 단상변압기 단선, 탭절환기 고장
각변위시험	· 삼상 변압기의 단선
여자전류측정	· 변압기 내부의 단락
임피던스측정	· 변압기 내부사고, · 코일의 변형

단락전류가 흐른다.

단락전류의 값은 정격전류에 대한 변압기 임피던스값으로 나타내며, 고압측에 저전압 인가 시 여자전류는 수 mA인데 비하여 단락 전류는 이의 20~30배에 해당한다.

따라서 변압기의 저압측을 개방하고, 고압측에 저전압을 인가하고, 여자전류를 측정하여, 그 값이 수 A 이상이 되면 이 변압기에 이상이 있음을 판단할 수 있다.

$$\text{단락전류} = \text{정격전류} \div \text{임피던스}$$

(5) 임피던스 측정(단락시험)

변압기 내부에 사고가 발생하거나 권선이 움직이면 변압기의 임피던스가 변화한다. 따라서 단락시험으로 임피던스값을 측정하여 시험치(명판의 값)와 비교함으로써 변압기 내부의 이상유무를 판정할 수 있다.

단락시험은 저압측 단자를 단락시킨 후 고압측에 삼상 저압전원을 인가하여 인가전압과 전류를 측정하여 예 8과 같이 비교한다.

예 8) 삼상 600kVA 22,900-220V의 백분율 전압강하가 4%인 경우 저압측을 단락하고, 고압측에 삼상전압을 인가하면,

$$1 \text{ 차측 정격 선전류} = 60,000 / (\sqrt{3} \times 22,900) = 15.13A$$

$$\text{임피던스 전압} = 22,900 \times 0.04 = 916V$$

$$\text{임피던스 값} = 916 / 15.13 = 60.54$$

1 차측에 220V를 인가하면

$$1 \text{ 차측 전류} = 220 / 60.54 = 3.63A$$

이때의 선전류는 3.63A가 되어야 한다.

이상의 시험방법과 사고내용의 유추를 요약하면 표 17과 같다.

다. 변압기의 내부점검

변압기의 이상이 예견되어 내부점검을 실시하고자 할 때는 다음사항을 유의하여야 한다.

(1) 변압기 맨홀이나, 핸드홀을 열기전에 밸브 등을 열어 변압기 내부압과 외기압(대기압)이 같도록 유지한 후 개방할 것

(2) 변압기 개방시 옥외의 경우 날씨가 맑은날 실시할 것

(3) 별도의 박스를 준비하여 볼트, 너트, 와셔 등이 망실되어 변압기 내부로 들어가지 않도록 할 것.

(4) 모든 공구는 끈으로 묶어 공구가 변압기 내부에 망실되지 않도록 할 것

(5) 변압기 내부의 질소를 완전 제거후 사람이 내부에 들어가도록 하며, 내부에 사람이 들어갈 경우 반드시 한 사람은 탱크 위 밖에서 내부작업자의 안전유무를 확인 주시할 것

(6) 변압기 내부에 들어가는 사람은 물론, 탱크 위에 올라가는 사람의 주머니를 사전에 완전히 비워 동전, 단추, 볼펜 등의 변압기 내부로의 망실을 없앨 것

(7) 변압기 개방전에 반드시 갑작스런 날씨에 대비하여 비닐 덮개 등을 준비할 것