Eco-friendly & Excellent

EWOX

# 전력용 변압기 운전과 점검

DONGBANG

동방전기공업주식회사

DONGBANG ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.

1. 변압기의 가압과 여자충격전류

2. 열전달과 과부하 운전

3. 변압기의 경년 열화와 점검

4. 변압기의 고장과 처리

5. 변압기의 화재 방지 대책

# 전력용 변압기의 운전과 점검

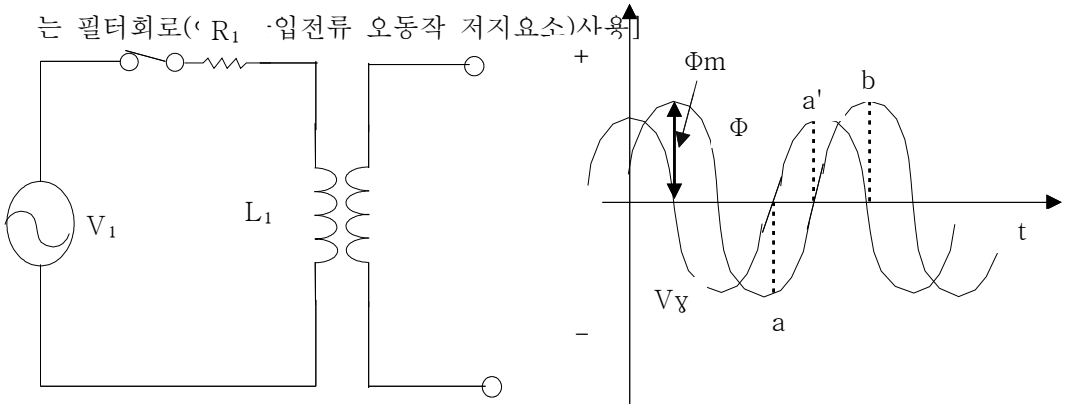
## 1. 변압기 가압과 여자충격전류

### 가. 변압기의 초기가압

정지중인 변압기를 사용하기 위하여 가압 할때에는 변압기 외부의 전반적인 점검과 붓싱, 유면, 냉각장치, 피뢰기, 제어전원, 접지, OLTC 탭, 질소가스압력 등을 점검 후 1차측의 단로기를 닫고, 1차측 차단기를 투입하여 약 5-10분간 무부하 충전을 한다.
각 상의 전압을 측정하고, 변압기 음향의 변화 등이 이상이 없으면 일정시간 경과후 2차측 단로기와 차단기를 차례로 투입한다. 공급 선로의 차단기를 투입하면서 해당선로의 각 상전압과 부하전류 점검를 점검하며, 부하증가에 따른 음향의 변화와 전압변화등에 주의하여야 한다.

### 나. 여자 개시시의 충격전류

변압기를 운전하려고 인가 전압 $V_1 = V_1 \sin(wt + \phi)$을 1차측에 t=0일 때 차단기를 투입하면 그 투입위상 $\phi$=0일 때 돌입전류는 최대이고, 정격전류의 수배에 도달하게 된다. 또 초기 투입시 2차 돌발고장이 발생하면 정상 단락의 약 두배의 순시전류가 흐르고 이 고장전류의 크기는 정격전류의 수십배가 된다.
이와 같은 대전류가 흐르면 전자기계력에 의한 권선의 변형과 파손, 권선의 온도상승, 내부압력상승에 의한 외함의 파손 등을 초래할 수 있다.
변압기 2차를 개방하고 1차측 차단기를 투입하는 경우 충격전류는 차단기 투입시 가해진 전압의 위상과 변압기 철심의 잔류자속에 의해 그 크기가 달라지고, 때로는 정격전류의 수배에 도달하여 계전기 오동작의 원인이 된다.
[오동작 방지를 위해 변압기 보호용 전류비율차동계전기에 제2고조파 억제력을 발생하는 필터회로(◦ $R_1$ ·입전류 오동작 저지요소)사용]

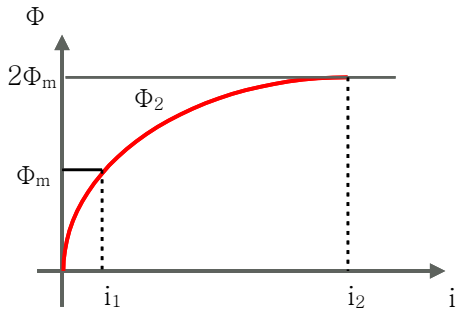



투입시간과 자속, 전압의 위상관계의 파형

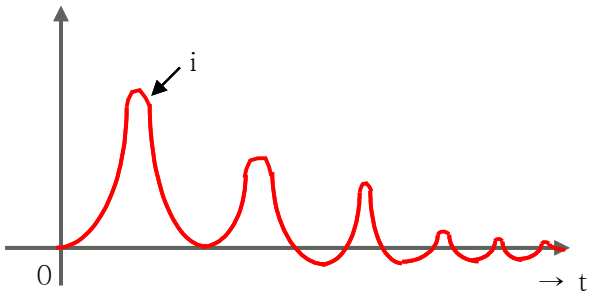
그림과 같이 철심에 잔류자속이 없고, 전압이 파고치에 도달한 시점(a')에서 차단기를 투입한다고 하면 자속은 0에서 출발하여 정현파가 되고 정상운전시와 같이 여자전류는 작은 값이 된다.
그러나 그림에서 전압이 0인 점 a에서 차단기가 투입되었다고 하면 1차권선에 가해진 전압과 같은 역기전력을 유지하기 위하여 1차권선과 쇄교하는 자속은 정현파로 변화하여야 한다. 그런데 최초의 변압기의 자속은 0이므로 1/2cycle동안에 2Φm, 즉 2배의 자속변화를 하여야 하며 철심에 잔류자속 Φɣ이 있다면 철심에 흐르는 자속의 최대치는 더욱 커져 2Φm + Φɣ이 된다.
이렇게 되면 철심은 포화되고 여자 인덕턴스가 감소되어 큰 여자전류가 흐르게 된다. 이를 변압기의 여자충격(돌입)전류라고 한다.

## 다. 실제의 충격전류

일반적으로 전력용 변압기의 정상시 자속밀도는 1.7Tesla 정도로 설계된다. 변압기의 철심 단면적을 A라 하면 Φm = 1.7A가 된다. 이 경우 규소강판은 2Tesla에서 거의 포화된다. 따라서 2Φm + Φɣ의 자속에 대하여 2×1.7A+Φɣ-2A = 1.4A+Φɣ(Wb)의 자속이 포화값 이상의 자속이 된다. 이와같이 과대한 자속으로 인해 아래 그림과 같이 철심이 포화하고 1차 권선은 공심리액터와 같이 되며, 이 때의 충격전류의 최대치는



<철심 포화곡선>



<충격 전류 감소곡선>

$$i_{max} = \frac{N_1(2\Phi_m + \Phi_ɣ - 2A)}{L_o} = \frac{N_1 A(2B_m + B_ɣ - 2)}{L_o}$$

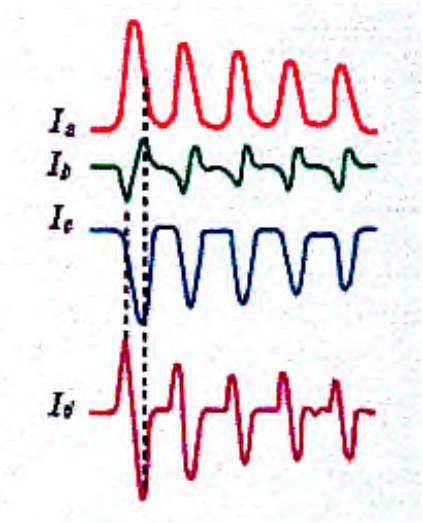
( Lo는 1차권선의 공심 리액턴스, $N_1$ : 권선 턴수 )

와 같이 표현되고 여자시 발생된 충격전류는 위의 그림과 같이 감소한다.
변압기 용량별 실제 충격전류의 값은 아래 표와 같다.
큰 충격전류가 흐르면 이는 변압기 보호계전기에 대하여 변압기 고장시와 같이 작용한다. 충격 전류가 가장 큰 시점은 투입시 전압의 순시치가 0이 될 때이나 일반적으로 차단기의 극간은 전압이 최대일 때 아크에 의해 접속되기 쉽고 충격전류 때문에 변압기 이외의 회로의 임피던스강하가 크고 또 잔류자속의 방향이 반드시 직류자속과 같은 방향이 된다고 할 수 없기 때문에 충격전류는 완화되어 아래표의 값과 같이 다소 작아진다.

시동시의 충격전류의 최대치

| 변압기 용량 (KVA) | 방향성 규소강판 | | 열간 압연 규소강판 | |
|---|---|---|---|---|
| | 고압측에서 투입한경우(p.u) | 저압측에서 투입한경우(p.u) | 고압측에서 투입한경우(p.u) | 저압측에서 투입한경우(p.u) |
| 500 | 11 | 16 | 6.0 | 9.4 |
| 1,000 | 8.4 | 14 | 4.8 | 7.0 |
| 5,000 | 6.0 | 10 | 3.9 | 5.7 |
| 10,000 | 5.0 | 10 | 3.2 | 3.2 |
| 50,000 | 4.5 | 9 | 2.5 | 2.5 |

### 라. 삼상 충격전류




충격전류가 최대가 되는 경우는 전압이 0인 순간 변압기가 전원에 접속될 때이다. 삼상의 경우 A상이 전압이 0인 순간에 투입되었다 하더라도 다른 상의 위상은 120°차이가 있으므로, 다른 두상의 충격전류는 A상의 충격전류보다는 크지 않다.

따라서 충격전류의 최대 파고치 측면에서는 전압이 0인 순간 접속된 상만 고려하고 잔류자속의 크기와 방향 투입차단기 각상의 투입시간 등에도 다소의 차가 있어 3상의 충격전류는 엄밀히 구하기 어렵다.

그림에서는 1차 Y결선, 2차 △결선인 변압기의 1차 측 충격전류의 파형을 나타내고 있다.

단상의 경우와 달리 다른 상의 충격전류가 분류하여 흐르기 때문에 선로를 흐르는 충격전류는 한 방향만이 아니고 (+)(-)양측에 나타나는 파형이 된다.

## 2. 열전달과 과부하 운전

### 가. 열전달

열의 전달에는 전도, 방사, 대류의 3가지가 있다.

◦ 전 도

전도에 의한 열의 전달은 온도차에 비례되고 열저항에 반비례하며 동, 철과 같은 금속의 열전달율은 매우 크며, 절연유, 종이, 프레스보드 등은 금속류에 비하여 매우 작고, 공기는 절연유의 1/10정도이다.

규소강판의 경우 성층절연에 평행한 방향에는 열전도가 좋으나, 성층절연과 직각의 방향 즉, 성층절연을 지나는 방향의 열전도는 평행방향의 1/10정도이다.

◦ 방 사

모든 물질은 그 온도가 주위의 온도보다 높을 경우에는 적외선으로 열을 주위에 방사한다. 방사에 유효한 면적은 형태에 관계없이 표면의 외측 포락면이 된다. 그리고 열 방사시 공기의 밀도는 열전달에 영향을 미치지 않는다.

◦ 대 류

유체내에 발열체가 있는 경우, 그 물체 표면에 접하고 있는 유체는 열전도에 의해 온도가 상승하여 비중이 가벼워지며, 온도가 상승함에 따라 주위의 차가운 유체와 교류하여 순환하게 된다. 이를 유체의 대류라 한다.

변압기 권선으로부터 냉각매체에 대한 열전달을 생각할때에는 전도, 방사, 대류 각각의 양식에 따라 열전달을 고려하나 일반적으로 대류가 가장 중요한 역할을 한다.

## 나. 과부하 운전

변압기의 운전은 정격연속 출력의 범위내에서 행해져야 하나 갑작스런 부하의 증가로 인하여 정격연속출력을 초과하는 과부하 운전을 행하여야 할 때도 있으며 이로 인하여 변압기의 수명을 단축하는 것은 피하여야 한다. 또한 다음과 같은 경우에는 과부하 운전을 피하여야 한다.

▷ 사용년수가 15년 이상인 변압기

▷ 유중가스분석 결과 가연성 가스총량의 값이 “요주의(700ppm)”치를 넘는 변압기

▷ 수리경력이 있거나 절연물의 수리실적이 있는 변압기

▷ 직렬기기 즉,CB, LS, 단독CT등의 상태가 과부하 운전시 정격을 초과하는 경우

▷ 주위온도가 40℃를 초과하는 경우

과부하 운전을 대비 주변압기 및 직력기기의 상태, 단자 접속부의 과열여부 등을 파악하여야 하며 보조냉각장치는 부하가 정격용량의 80%를 초과하거나, 권선온도가 70℃인 주변압기에 설치한다.

(1) 주위온도 저하에 의한 과부하 운전

풍냉식에서는 냉각공기의 1일 최고온도가 30℃에서 1℃내려갈 때,수냉각에서는 냉각수의 온도가 25℃에서 1℃내려갈 때 변압기는 아래 표와 같이 과부하 운전할 수 있다.

**주위온도에 근거한 과부하 운전**

| 냉 각 방 식 | 정격용량에 대한 백분율 | |
|---|---|---|
| | 기준온도 이상 매도(℃)에 대한 부하 감소율 | 기준온도 이하 매도(℃)에 대한 부하 감소율 |
| 자냉식, 수냉식 | 1.5 | 1.0 |
| 송풍식, 송유식 | 1.0 | 0.75 |

단, 냉각공기 또는 냉각수의 온도가 0℃이하로 되어도 그 이상의 과부하는 할수 없다.

주위온도에 따른 과부하 운전은 변압기 제작사에 따라 변화할 수 있으므로 변압기 사용설명서를 참조하여야 한다.

예 : 이천제 변압기의 경우 정격용량에 대한 백분율은 0.8

(2) 온도상승시험기록에 따른 과부하 운전

권선의 평균온도상승 시험치가 온도상승한도(55℃, 65℃)보다 5℃낮은 경우 온도차 1℃마다 아래의 표에 따른 과부하를 할 수 있다.

**주위온도에 근거한 과부하 운전**

| 냉 각 방 식 | 정격용량에 대한 백분율 | |
|---|---|---|
| | 기준온도 이상 매도(℃)에 대한 부하 감소율 | 기준온도 이하 매도(℃)에 대한 부하 감소율 |
| 자냉식, 수냉식 | 1.5 | 1.0 |
| 송풍식, 송유식 | 1.0 | 0.75 |

단, 변압기에 따라서 권선의 최고점 온도와 평균온도와의 차가 10℃이상이 되는 경우에는 이항을 적용시킬 수 없다.

권선의 최고점 온도와 평균온도와의 차는 제작사의 설계자료나 공장시험기록에서 얻어야 한다.

(3) 단시간 과부하 운전

◦ 정상수명에 영향을 미치지 않는 과부하 운전조건

변압기는 권선최고온도가 평균 95℃이하로 운전하는 시간이 95℃이상으로 운전하는 시간보다 훨씬 길때는 95℃이상으로 단시간 운전할 수 있다.

이는 변압기 절연물 열화가 열로 인한 누적과정으로 진행되므로 규정온도 이하로 운전하면 특정조건하에서 정상수명을 단축함이 없이 안전하게 과부하 운전할 수 있다는것을 뜻한다.

정상수명에 영향을 미치지 않는 과부하 운전조건은 아래표와 같이 경우와 내용에 따라 변한다.

**자냉식과 수냉식 변압기의 단시간 과부하 조건**

**(정격용량에 대한 비로 표시한 열점두부하)**

| 첨두부하시간 | 첨두부하 이전의 등가연속 부하(정격용량에 대한 백분율) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50% | | | | | | 70% | | | | | | 90% | | | |
| | 주 위 온 도(℃) | | | | | | 주 위 온 도(℃) | | | | | | 주 위 온 도(℃) | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 0 | 10 | 20 | 30 |
| 1/2 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.89 | 1.70 | 1.52 | 2.0 | 2.0 | 1.95 | 1.78 | 1.60 | 1.41 | 2.0 | 1.99 | 1.82 | 1.64 |
| 1 | 2.0 | 1.88 | 1.73 | 1.58 | 1.41 | 1.23 | 1.95 | 1.80 | 1.65 | 1.49 | 1.32 | 1.14 | 1.86 | 1.70 | 1.55 | 1.39 |
| 2 | 1.76 | 1.64 | 0.51 | 1.37 | 1.22 | 1.06 | 1.72 | 1.59 | 1.46 | 1.32 | 1.16 | 0.99 | 1.66 | 1.53 | 1.39 | 1.24 |
| 4 | 1.54 | 1.43 | 1.33 | 1.19 | 1.06 | 0.92 | 1.52 | 1.41 | 1.29 | 1.17 | 1.04 | 0.89 | 1.50 | 1.39 | 1.26 | 1.13 |
| 8 | 1.41 | 1.30 | 1.19 | 1.08 | 0.96 | 0.84 | 1.40 | 1.30 | 1.19 | 1.07 | 0.95 | 0.83 | 1.39 | 1.29 | 1.18 | 1.06 |
| 24 | 1.33 | 1.22 | 1.11 | 1.0 | 0.89 | 0.78 | 1.33 | 1.22 | 1.11 | 1.0 | 0.89 | 0.78 | 1.33 | 1.22 | 1.11 | 1.0 |

* 수냉식 변압기는 주위온도란에서 5(℃)를 감한다.

### 자냉식 용량의 130%미만 용량의 풍냉식 변압기의 단시간 과부하 조건
(정격용량에 대한 비로 표시한 열점두부하, OA/FA)

| 첨두부하시간 | 첨두부하 이전의 등가연속 부하(정격용량에 대한 백분율) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50% | | | | | | 70% | | | | | | 90% | | | |
| | 주 위 온 도(℃) | | | | | | 주 위 온 도(℃) | | | | | | 주 위 온 도(℃) | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 0 | 10 | 20 | 30 |
| 1/2 | 2.0 | 2.0 | 1.97 | 1.82 | 1.66 | 1.49 | 2.0 | 2.0 | 1.89 | 1.74 | 1.58 | 1.40 | 2.0 | 1.92 | 1.77 | 1.61 |
| 1 | 1.90 | 1.77 | 1.64 | 1.50 | 1.35 | 1.19 | 1.84 | 1.71 | 1.57 | 1.43 | 1.28 | 1.11 | 1.77 | 1.63 | 1.49 | 1.35 |
| 2 | 1.64 | 1.53 | 1.42 | 1.29 | 1.16 | 1.02 | 1.61 | 1.50 | 1.38 | 1.26 | 1.12 | 0.97 | 1.58 | 1.46 | 1.34 | 1.21 |
| 4 | 1.46 | 1.36 | 1.26 | 1.15 | 1.03 | 0.90 | 1.45 | 1.35 | 1.24 | 1.13 | 1.01 | 0.88 | 1.44 | 1.34 | 1.23 | 1.11 |
| 8 | 1.37 | 1.27 | 1.17 | 1.07 | 0.96 | 0.84 | 1.37 | 1.27 | 1.17 | 1.07 | 0.96 | 0.83 | 1.36 | 1.27 | 1.17 | 1.06 |
| 24 | 1.31 | 1.21 | 1.11 | 1.0 | 0.89 | 0.78 | 1.31 | 1.21 | 1.11 | 1.0 | 0.89 | 0.78 | 1.31 | 1.21 | 1.11 | 1.0 |

* 첨두부하 이전에 모든 냉각장치가 가동하고 있다는 전제하에 작성된 것으로 만일 선풍기를 돌리지 않고 운전할 때는 자냉식 변압기의 부하조건을 적용한다.

### 송유식 변압기(OA/FOA/FOA)의 단시간 과부하 조건
(정격용량에 대한 비로 표시한 열첨두부하)

| 첨두부하시간 | 첨두부하 이전의 등가연속 부하(정격용량에 대한 백분율) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50% | | | | | | 70% | | | | | | 90% | | | |
| | 주 위 온 도(℃) | | | | | | 주 위 온 도(℃) | | | | | | 주 위 온 도(℃) | | | |
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 0 | 10 | 20 | 30 |
| 1/2 | 2.0 | 1.91 | 1.78 | 1.65 | 1.52 | 1.37 | 1.96 | 1.84 | 1.71 | 1.58 | 1.43 | 1.28 | 1.89 | 1.77 | 1.64 | 1.50 |
| 1 | 1.73 | 1.62 | 1.51 | 1.38 | 1.25 | 1.12 | 1.68 | 1.58 | 1.46 | 1.33 | 1.20 | 1.06 | 1.64 | 1.53 | 1.41 | 1.28 |
| 2 | 1.53 | 1.43 | 1.33 | 1.22 | 1.11 | 0.98 | 1.51 | 1.41 | 1.30 | 1.19 | 1.07 | 0.95 | 1.39 | 1.39 | 1.28 | 1.17 |
| 4 | 1.40 | 1.31 | 1.21 | 1.11 | 1.00 | 0.89 | 1.40 | 1.31 | 1.21 | 1.10 | 1.0 | 0.88 | 1.30 | 1.30 | 1.20 | 1.09 |
| 8 | 1.34 | 1.25 | 1.16 | 1.06 | 0.96 | 0.84 | 1.34 | 1.25 | 1.16 | 1.06 | 0.96 | 0.84 | 1.25 | 1.25 | 1.15 | 1.05 |
| 24 | 1.30 | 1.20 | 1.10 | 1.0 | 0.90 | 0.79 | 1.30 | 1.20 | 1.10 | 1.0 | 0.9 | 0.79 | 1.20 | 1.20 | 1.10 | 1.0 |

수냉식 변압기에 대해서는 주위온도란에서 5℃를 감하며 최소 수온은 0℃이상이어야 한다.

위의 표들의 변압기부하조건은 변압기를 사용할 때 주위환경 조건이외에 아래의 표와같은 변압기 기준특성에 의하여 작성된 것이고 또한 최대부하는 또한 최대부하는 2.0pu로 제한 한다.

변압기의 기준특성

| 구 분 | 자냉식, 수냉식 | 풍 냉 식 | 송 유 식 |
|---|---|---|---|
| 권선최고점 온도상승 | 65℃ | 65℃ | 65℃ |
| 최고 유온 상승 | 45℃ | 45℃ | 45℃ |
| 정격부하시의 시정수 | 3시간 | 2시간 | 1.5시간 |
| 동손과 철손의 비 | 2.5:1 | 3.5:1 | 5:1 |
| 주 위 온 도 | 30℃ | 30℃ | 30℃ |

(4) 여러 가지 조건이 중첩한 경우의 과부하

여러 가지 조건이 동시에 발생한 경우의 과부하 한도는 아래의 표와 같다.

연속과부하 기준

| 냉 각 방 식 | 최고허용부하(%) |
|---|---|
| 유입수냉식, 송유수냉식 | 120 |
| 기 타 방 식 | 125 |

## 3. 변압기 경년 열화와 점검

변압기의 수명은 사용되는 재료 즉, 도전체 자성체, 절연재 구조재등의 사용상태에 따라 좌우되며 특히 절연재의 열화 진행시 이상전압의 침입이나 큰 고장전류의 유입은 물론이고 경미한 전압변동이나 부하전류의 증가에도 절연파괴로 인해 고장을 발생시키는 경우가 많다.

### 가. 변압기의 경년 열화

변압기 부품의 경년열화는 주로 권선을 구성하는 도체 절연물과 코일간의 스페이서 등의 절연물, 절연유의 열화에 의해 결정되며 열화의 원인으로서는 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

(1) 열에 의한 열화

수명은 권선의 최고점 온도에 가장 큰 영향을 받으며 온도가 높으면 높을수록 수명은 지수 함수적으로 감소하게 된다.

이는 절연물의 열분해에 기인한 것으로 절연물의 기계적 강도가 떨어지게 된다.

(2) 흡습에 의한 열화

절연물의 고체절연물의 절연파괴전압과 밀접한 관계가 있으며 흡습하게 되면 절연내력 저하될 뿐만아니라 고체절연물의 熱열화가 촉진되어 기계적 강도를 저하시킨다.

(3) 산소의 흡수에 의한 열화

절연유가 산소와 반응하여 산화하면 산가가 증가하며 이는 절연물의 열화로 이어지고 산가가 증가하면 슬러지(sludge)발생하여 냉각효과를 감소시킨다.

또한 고체절연물은 산소와 접촉하면 산화하여 강도가 저하되며 특히 온도가 높을수록

그런 경향이 현저하다.

(4) 부분 방전에 의한 열화

변압기 내부에 가해지는 전계의 세기가 어느 한도를 넘으면 부분방전이 발생하고 절연물에 결함이 있는 경우도 부분 방전이 발생한다. 상규운전 전압에서 부분방전이 일어나는 부분이 있으면 방전으로 인해 절연물이 침식되어 탄화하여 절연내력이 저하한다.

그러나 일반적으로 상규운전전압에서의 부분방전은 극히 미약하고 절연물에 결함이 있는 경우에 부분방전이 발생하는 경우가 많다.

(5) 기계적 응력에 의한 열화

외부단락이나 과전류 등에 의한 전자기계력이나 진동 등에 의하여 절연물이 기계적으로 파괴되어 절연내력이 저하한다.

(6) 광선의 영향

광선중에 자외선은 절연유의 열화를 촉진시키므로 절연유는 직사광선을 피하여야 한다.

(7) 이종(異種)절연유의 혼합

절연유에는 여러종류가 있으며 서로 다른 절연유의 혼합은 물론 동일 종류 절연유라 하더라도 정제도에 따라 안정도가 달라진다.

(8) 금속의 접촉작용

변압기 철심, 권선, 외함을 구성하는 철, 동 등의 금속류에 의한 절연유의 산화작용을 촉진한다.

(9) 절연재료 상호의 영향

철심과 권선을 절연하는 절연재료는 절연유의 열화에 영향을 미치며, 특히 절연 니스의 영향이 크다.

이러한 열화원인에 의하여 절연유는 열화시 인화점이 저하하고, 점도가 증가하며, 냉각작용이 원활하지 않게되며, 비중이 증가하고, 산가의 증가와 절연내력이 저하하게 되며 절연물은 기계적 강도와 절연내력이 저하하게 된다. 절연유의 열화와 절연물의 열화가 중첩되어 고장이 발생하게 되며 열화 원인중 절연열화에 가장 큰 영향을 미치는 것은 열에 의한 열화이며 부가하여 흡습과 산화가 열화를 촉진한다.

## 나. 점검의 종류와 목적

| 점검의 종류 | 점 검 의 목 적 |
|---|---|
| 일 상 점 검<br>(순시점검) | 평상시 주기적으로 순시하여 시청각, 후각 등을 이용하여 이상유무를 관찰한다. 또한 지시계기의 지침을 확인하여 운전상태를 관리한다. |
| 정 기 점 검 | 일정기간 경과후 기기운전을 정지시켜 일상점검에서 측정할 수 없었던 각 항목에 대하여 정밀하게 점검한다.<br>보통점검과 정밀점검으로 구분한다. |
| 임 시 점 검 | 고장이나 이상이 발생했을 때, 고장발생이 우려될 때에 원인을 찾거나 대책을 수립하기 위해 실행하는 점검이며, 또한 천재지변의 내습기에 미리 기기를 점검하는 것도 이에 포함된다. |

(1) 일상점검

- 일상점검 내용

| 점 검 항 목 | 점검주기 | 점 검 요 점 |
|---|---|---|
| 주위온도 | 2~4시간 | 과거의 기록, 주변온도와 비교<br>변압기실 통풍, 냉각장치의 정상 동작<br>온도계 이상 유무 |
| 유 온 | 2~4시간 | |
| 권선온도 | 2~4시간 | |
| 1,2차 전류 | 매시간 | |
| 질소가스압력 | 2~4시간 | 유온-압력곡선과 비교, 압력계 이상 유무 |
| 유 면 | 2~4시간 | 유온과 조화시켜 비교 |
| 소음 및 진동 | 2~4시간 | 평상시와 다른 이음 |
| 누 유 | 2~4시간 | 밸브, 방열기, 용접부위, 패킹이음부분 등 |
| 탭 체인저<br>오일필터 | 2~4시간 | 동작 중 이음발생, 동작회수, 동작시간<br>여과압력, 슬라이딩 등 |
| 단자과열 | 2~4시간 | 시온테이프의 변색여부 |
| 붓 싱 | 2~4시간 | 누유, 변색, 균열, 오손 등 |
| 유보존장치,호흡기 | 2~4시간 | 유면, 질소가스압격, 흡습제의 변색 정도,<br>호흡기 유통의 유량, 원활한 호흡작용 등 |
| 냉각장치 | 2~4시간 | 선풍기, 유펌프의 동작, 유량계 지시,<br>유류계 지시, 열교환기, 밸브 막힘 등 |
| 계전기 및<br>기계적 보호장치 | 2~4시간 | 동작여부 |
| 방청 및 도장 | 매일 | 녹발생 여부 |
| 볼트 풀림 | 매일 | 진동에 의한 이음 |
| 제어함 | 매일 | 결로현상,제어판넬의 히터 가동여부,패킹정합 |
| 피뢰기,접지선 | 2~4시간 | 변색, 균열, 오손, 동작회수, 연결상태,지지상태 |

(2) 정기점검 및 주기적인 검사

(가) 보통점검

변압기의 운전을 정지하고, 변압기 외함을 개봉하지 않고 행하는 점검으로 주선로와 제어전선의 절연저항 측정, 절연물역률 측정, 절연내력 측정, 붓싱청소, 단자조임, 보호장치의 동작시험, 외관점검 등을 시행하는 점검을 뜻한다.

일반적으로 보통점검은 3년에 1회 시행한다.

| 점검항목 | | 점 검 주 기 | 점 검 방 법 | 조 치 사 항 |
|---|---|---|---|---|
| 절연유 | 내전압 | - 초기:매월<br>- 1년이후:1~2회 | - 초기기록과 비교<br>- 매년 정기검사 시행 | 채취유의,<br>절연유여과,<br>탈기작업,<br>정밀점거 |
| | 수분 및 가스분석 | - 초기:가압 6개월 이내<br>- 1년이후:년 1회 | | |
| | 산가측정 | 2년 1회 | | |
| 절연저항측정 | | 2~3년에 1회 | - 권선간,대지간 측정 | |
| 호흡기 | | 6개월에 1회 | - 2/3이상 흡습제 변색 | 흡습제 교체 |
| 접지상태 | | 3~4년에 1회 | - 부스닥트, 탱크, 피뢰기 접지확인<br>- 접지선의 외함 접촉 여부 및 피복 파손여부 | 재조임,<br>녹 제거,<br>접지선 교체 |
| 송풍기 | 절연저항 및 동 작 | 매월 | - 이음 및 진동 발생 여부<br>- 500V절연자힝계로 절연저항 측정(5MΩ이상)<br>- 하절기에는 습기방지를 위해 일정시간 가동 | 밸런스 조정 |
| | 베 어 링 | 5년 | - 소음발생 여부 | 교체 |
| 송유장치 | | 상시 | - 이음, 유류계의 정상작동 | 교체 |
| 도 장 | | 1년 | - 녹 발생여부 | 재도장 |
| 단자함 및 배 전 반 | | 상시 | - 단자조임 상태<br>- 이물 침임 여부<br>- CT단락 및 연결 상태 | 가스켓 교체,<br>히터 및<br>써머스타터 교체 |
| | | 1~2년 | - 제어케이블 절연저항 | |
| 질 소 병 사용장치 | | 상시 | - 질소병 압력 저하 (보통 6개월 정도 사용) | 질소병 교체 |
| 탭체인저 | 절 연 유 | 2년 | - 절연파괴전압, 산가, 수분함유량 | 여과, 교체 |
| | 절 환 스 위 치 | 5만회 또는 3년 | - 접촉자 접촉 상태<br>- 절연부의 방전흔적<br>- 조임부의 이완 | 부분 교체,<br>제작사와<br>함께점검 |
| | 구동장치 | 상시 | - 동작상태 및 단자조임<br>- 소음발생 정도<br>- 수분 침입여부 | 부분 교체<br>세척, 재도포<br>및 주유 |
| | | 2~3년 | - 구리스 및 기어오일 | |
| | | 2~3년 | - 단자조임 상태<br>- 균열,오손 상태 | 재조임, 청소 |
| | | 2~3년 | - 각종 계기 및 계전기 | 오,부동작시 |

(나) 정밀점검

변압기의 운전을 정지, 보통점검시의 각종 점검사항 뿐만아니라 변압기의 맨홀을 열어 내부권선의 이상유무와 접속점 등을 점검하고, 절연유에 대한 처리를 하는 점검을 뜻한다.

정밀점검은 기기이상 발견시나 검사 결과 불량시 행하며, 체크리스트에 따라 시행하여야 한다.

## 다. 유중가스분석

(1) 유중가스분석에 의한 보수관리

유입기기 내부에서의 이상현상은 절연파괴현상이나 국부과열과 같이 발열이 수반된다.

이 발연원에 접촉한 절연유, 절연지, 프레스보드, 베크라이트 등은 그 열에 의해 영향을 받아 분해반응하여 수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 탄화수소계열의 가스 등을 발생시킨다.

이 발생된 가스의 대부분은 절연유 중에 용해하므로 변압기에서 채취한 절연유 중의 가스를 추출, 분석하고 그 가스의 양 및 조성에서 변압기의 내부이상의 유무 및 그 정도를 추정할 수 있다.

유중가스분석은 변압기를 정지하지 않고, 극히 미소한 고장까지 조기에 감지할 수 있으므로 현재 가장 널리 보급된 진단기술이다.

(2) 유중가스분석의 방법

(가) 채유와 추출

변압기 하부의 드레인 밸브에서 채유하되 가능한 한 공기와 접촉하지 않도록 하여 밀폐된 용기내에 넘치도록 채유한다.

추출가스를 가능한 많이 분석해 보내기 위하여 토리첼리, 튜브라 펌프등의 방식 사용된다.

(나) 분석방법과 분석가스의 종류

추출된 가스를 분석하는 방법은 가스 크로마토그라피가 주로 사용되며 수소, 일산화탄소, 이산화탄소, 메탄, 에탄, 에칠렌, 아세틸렌 등의 가스량을 측정하는 것이 일반적이다.

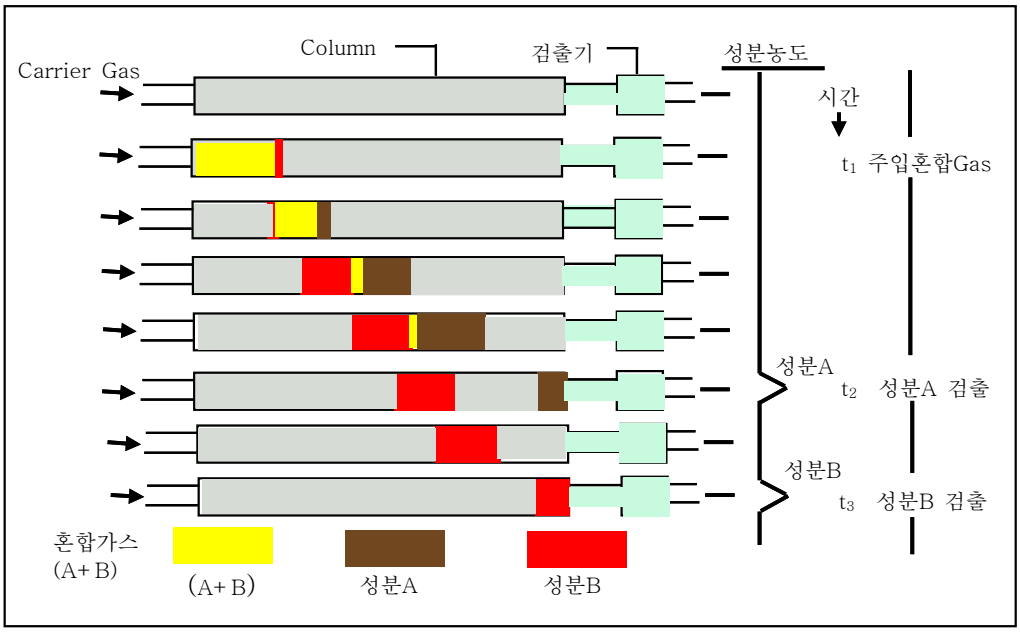
(다) 판정

가스의 성분별 판정기준은 아래의 표와 같다.

| 가스의 종류 | | $H_2$ 수 소 | $CO_2$ 이산화탄 소 | $C_2H_4$ 에틸렌 | CO 일산화탄 소 | $CH_4$ 메탄 | $C_2H_2$ 아세틸렌 | $C_2H_6$ 에탄 | TCG | 판정 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 전압 | 200kV이하 | 400-800 | 7000 초과 | 300-750 | 400-700 | 250-750 | 25-80 | 250-750 | 1000 - 2500 | 요주의 |
| | 345kV이상 | | | | 350-600 | | 20-60 | | | |
| | 200kV이하 | 801-1200 | - | 751 - 1000 | 700-1000 | 751-1000 | 81-100 | 751-1000 | 2501 - 4000 | 이 상 |
| | 345kV이상 | | | | 601-800 | | 61-80 | | | |

※ TCG의 3회 분석 평균값이 300ppm/월 이상이면 위험 판정

※ TCG(Total Combusstible Gas) :가연성 가스 총량(수소,co,탄화수소,계열 가스의 합)




가스 크로마토 그라피 컬럼내의 혼합가스 분리과정

상태별 분석주기는 아래표와 같으며

| 상 태 별 | 정 상 | 요 주 의 | 이 상 | 위 험 |
|---|---|---|---|---|
| 분석주기 | 1회/1년 | 1회/3개월 | 1회/1개월 | 수 시 |
| 대 책 | 정기분석 | 감시 | 종합검토 | 내부점검 |

※ 단, 운전중 기계적 보호장치가 동작한 변압기는 우선적으로 분석을 실시한다.

# 4. 변압기의 고장과 처리

## 가. 내부고장의 원인과 대책

변압기 외부고장에 대한 처치는 고장부분의 보수가 용이하나 내부고장은 그 고장 보수 방법이 용이하지 않다.

일반적으로 변압기 운전시 방압장치,충격압력계전기, 브흐홀쯔계전기, OLTC보호계전기 등과 같은 기계적 보호장치와 비율차동계전기, 거리계전기, 과전류계전기등과 같은 전기적 보호계전기가 동시에 동작한 경우는 대부분 **권선의 고장이므로** 변압기를 선로에서 분리하여야 한다.

그러나 한 종류의 기계적 보호장치만이 동작한 경우는 대부분 오동작이나 선로고장의 파급이므로 동작한 계전기의 점검과 권선간·권선과 대지간 절연저항의 측정을 행한 후 이상이 없으면 바로 투입하여도 운전이 가능하나 87T와 같은 계전기가 동작하면 CT결선 점검후 이상이 없는 경우를 제외하고는 반드시 재투입 금하여야 한다.

변압기에 고장이 발생하면 변압기의 1,2차 차단기와 단로기를 개방하고 일시, 날씨, 기

온, 습도, 기상 상황, 고장 전의 전압·전류, 부하상황, 보호계전기의 작동상황, 사고기록장치의 동작과 기록상황, 이음, 이취, 변색, 변형, 유와 가스의 분출유무, 유온, 권선온도, 질소가스압력, 부하시 탭 절환기의 탭 위치 및 작동상황, 피뢰기의 동작상황, 동일계통의 기기조작 유무, 다른 동시 고장의 유무등 고장 전후의 상황을 파악하고 확실하게 기록하여야 한다.

내부고장에 대한 처리는 정밀점검 결과, 이상이 있으면 공장에 입고하여 내부권선등을 재권선하거나 고장개소를 수리하게 되는데 변압기의 운반과 설치에는 많은 비용이 발생되므로 평상시 점검에서 이러한 징후를 발견하여 고장전에 문제점을 처리하는 것이 좋다.

내부고장시의 종류와 원인 및 양상

| 고장의 종류 | | 고 장 의 원 인 | 현상 | 동작 계전기 |
|---|---|---|---|---|
| 권선, 리드 | 절연파괴 | 절연열화, 과부하에 의한 절연물 열열화, 이상전압침입, 전자기계력에 의한 절연물 손상, 부분방전에 의한 절연물 손상 | 가스 및 유분출, 이음발생, 국부적발열 | 기계적 보호장치, 전기적 계전기 |
| | 단 선 | 단,지락시 전자기계력에 의한 단선, 과부하에 의한 용단, 진동과 충격에 의한 피로 단선 | | |
| 철심 | 층간단락 | 층간 절연물 열화, 절연처리 불량 | 진동 및 이음 국부적 발열 | |
| | 접지불량 | 조임 풀림, 진동, 충격에 의한 접지불량 | | |
| | 국부단락 | 철심체부볼트 절연열화, 국부적 폐회로 발생 | | |
| | 음향과대 | 조임 이완 | | |
| 탭체인저 | 탄화물 | 접촉압력 부족과 접촉면 불량에 의한 아크, 과전류, 조임 이완 | 국부적발열, 이음, 가스발생 | 프로텍티브 계전기 |
| | 과 열 | | | |

## 나. 절연유의 처리

(1) 절연유의 여과

절연유를 검사한 결과 절연내력이 저하하거나 수분의 양이 기준치를 상회하면 다음과 같은 방법으로 절연유를 처리하며 절연유 작업은 습도가 80%를 넘지 않는 맑은 날씨에 행하며 신유도 반드시 여과하여 사용하여야 한다.

(가) 원심분리기법

절연유속에 수분이 많이 포함되여 있을 때 물과 절연유를 원심력에 의해 분리시키는 것으로 이에 의한 방법만으로는 완전한 수분제거가 되지 않으므로 여과법을 병행하여야 한다.

(나) 여과기법

중성여과지나 여과필터를 이용하여 절연유에 포함된 수분이나 이물질을 제거하는 방법으로서 여과시 절연유를 50℃~70℃정도로 가열하며 여과하여야 한다.

여과한 절연유를 견본으로 채취하여 수분 측정이나 절연내력을 측정후 만족한 상태에 도달시까지 계속여과하며 여과압력이 높아지거나, 장기간 여과후에도 상기 측정값들의 개선이 되지 않으면 여과지나 필터를 교체하여야 한다.

(다) 전기적 여과기법

직류 고전압을 인가한 전극 사이에 탈지면과 같은 섬유질을 채우고, 그 사이에 오손된 절연유를 통과시켜 절연유중의 고형물질과 수분을 탈지면으로 흡수하는 방법이다.

(2) 절연유의 화학적 처리

화학적 처리방법은 절연유에 용해되어 있는 산화물에 의해 절연유의 산가가 높아진 경우나 열화정도가 심한 경우에 사용되는 방법이다.

(가) 흡착법

흡착제를 열화된 절연유에 가하여 교반하는 교반법과 입상으로된 흡착제에 절연유를 통과시키는 방법으로 열화유중의 불순물, 유기물, 산화물을 이들 흡착제에 의하여 흡착 제거하는 방법이다.

흡착제로는 산성 백토, 활성 백토, 활성알루미나 등이 사용된다.

(나) 화학적인 방법

절연유속의 알카리, 유산을 처리하는 방법으로서 중화제를 투입하여 처리하고 보통 열화의 정도가 심할 때 이용되며 이 방법과 함께 백토처리를 병행한다.

※ 백토처리란 산성백토와 활성백토의 흡측, 탈색, 탈수, 흡습 능력 등을 이용하여 절연유를 재생하는 방법

## 5. 변압기의 화재 방지 대책

일반적으로는 변압기 내부에 공기가 없으며 질소가스가 충진되어 있는 경우가 대부분이므로 변압기 외함이 파손되지 않은 상태에서는 내부에 아크가 발생하여도 화재가 발생하지 않으나 고장으로 인한 내부압력 상승과 충격에 의하여 외함이 파손되어 절연유가 외부로 유출된 경우에 화재가 발생한다. 변압기에 화재가 발생시 이는 전력계통뿐만 아니라 변전소와 주위 환경에 막대한 피해를 야기 시키므로 이에 대한 대비를 철저히 하여야 한다.

변압기 화재는 다음과 같은 경우 발생할 수 있다.

▷ 절연유의 유출시 이에 점화되었을 때

▷ 변압기 내부고장으로 인하여 절연유가 분출되며 점화되었을 때

▷ 고장과 동시에 전원이 차단되지 않고 분출된 절연유에 계속적인 아크로 점화되었을 때

◦ 변압기의 화재 방지 대책

변압기 화재를 방지하기 위한 대책으로는

▷ 변압기 외함의 강도 보강

▷ 변압기 내부 압력 상승시 피압탱크와 같은 압력 전달 공간 확보

▷ 고온의 절연유 분출시 절연유 냉각하기 위해 변압기 주위에 자갈을 포설

▷ 분출된 절연유의 저장을 위한 저유조 설치

▷ 소화설비 설치(하론, 이산화탄소, 물분무설비 등)

▷ 난연성 절연유 사용하여 절연유의 인화점을 높임.(옥내, 지하변전소 변압기)