

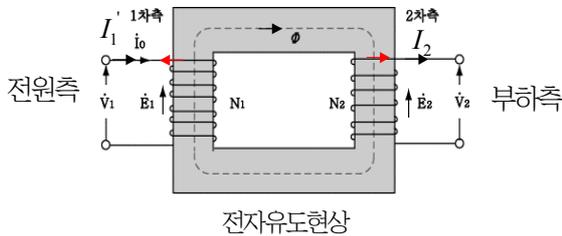
제3장 변압기

■ 변압기란?

- 발전소에서 발전된 높은 전압을 낮은 전압으로 낮추거나 낮은 전압을 높은 전압으로 높일 때 쓰이는 정지기기 (전자유도작용)
- 1차 권선 : 전원에 접속
- 2차 권선 : 부하에 접속

1. 변압기의 유기 기전력과 권수비

1) 유기 기전력



$$E_1 = 4.44fN_1\phi_m \cong V_1 \quad V_1 = E_1 + I_1(r_1 + x_1)$$

$$E_2 = 4.44fN_2\phi_m \cong V_2 \quad V_2 = E_2 - I_2(r_2 + x_2)$$

$$E \propto fB_m$$

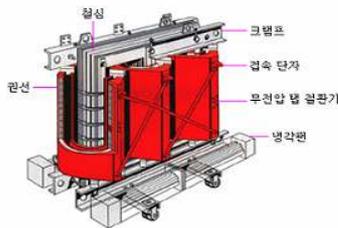
2) 전압비(권수비)

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

2. 변압기의 종류 및 구조



유입 변압기 내부 구조



물드 변압기 내부 구조

1) 철심

비투자율과 저항률이 크고 히스테리시스손이 적은 규소 강판을 사용
 규소 함유량 3~4[%], 두께 0.35[mm]
 주파수 60[Hz], 자속밀도 1[w/m²] 일때의 철손은 2.0[W/kg] 정도

2) 권선 : 동근 동선(소용량용), 평각 동선(대용량용)

3) 절연

철심과 권선 사이의 절연, 권선 상호간의 절연, 권선의 층간 절연

4) 절연물의 최고 허용 온도

	Y	A	E	B	F	H	C
최고 온도 ℃	90	105	120	130	155	180	180 이상

※ 온도상승한도 40℃ 차

5) 절연유의 구비조건

변압기유 : 절연과 냉각용

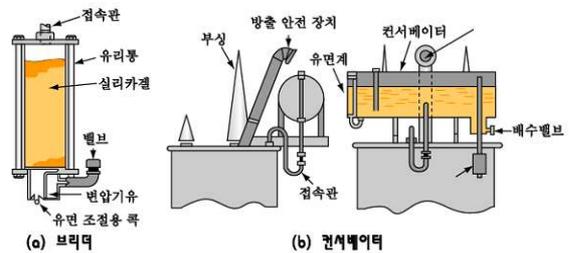
- ① 절연 내력이 클 것
- ② 비열이 커서 냉각 효과가 클 것
- ③ 인화점이 높을 것
- ④ 응고점이 낮을 것

6) 부싱(bushing) :

변압기 권선의 인출선 절연

- ① 단일형 부싱 : 도체에 자기로 만든 애관만을 끼운 것 (20KV 이하)
- ② 컴파운드 부싱 : 도체에 절연물을 입히고, 이것과 자기 애관 사이에 절연 컴파운드를 주입한 것 (70KV 이상)
- ③ 유입 부싱 : (고전압 변압기에 많이 사용)
- ④ 콘덴서형 부싱 : (고전압 변압기에 많이 사용)

7) 변압기유의 열화방지



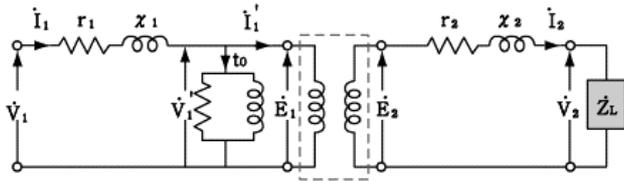
① 브리더

변압기의 호흡작용이 브리더를 통하여 이루어지도록 함으로써 흡수제인 실리카겔로 공기 중의 습기를 흡수

② 콘서베이터

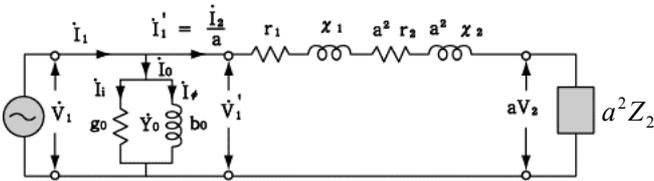
외함 상부에 콘서베이터라고 하는 작은용적의 원통형 용기 유입 변압기에서는 기름이 공기에 접촉방지 질소봉입식, 기름 밀봉 격막식 콘서베이터가 많이 채용

3. 등가 회로



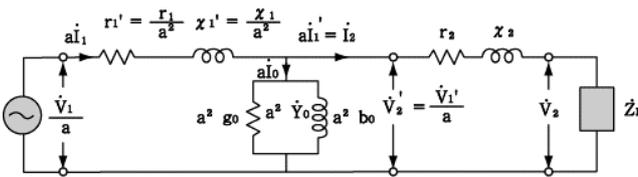
- I_0 : 여자전류 = 무부하 전류
- I_i (철손 전류) : 철손에 공급하는 전류
- I_ϕ (자화 전류) : 자속을 유지하는 전류

1) 2차를 1차로 환산



- ① $r_2' = a^2 r_2$
- ② $x_2' = a^2 x_2$
- ③ $I_2' = \frac{1}{a} I_2$
- ④ $V_2' = a V_2$

2) 1차를 2차로 환산



- ① $r_1' = \frac{1}{a^2} r_1$
- ② $x_1' = \frac{1}{a^2} x_1$
- ③ $I_1' = a I_1$
- ④ $V_1' = \frac{1}{a} V_1$

4. 변압기의 손실과 효율

1) 무부하손(고정손)

- ① 철손 ($P_i = P_h + P_e [W]$) : 주파수 상승시 감소
 - 히스테리시스손(P_h)

$$P_h = \sigma_h \cdot f \cdot B_m^2 [W/kg]$$

$$P_h \propto \frac{E^2}{f}$$

- 와류손(P_e)

$$P_e = \sigma_e \cdot (k_f \cdot f \cdot t \cdot B_m)^2 [W/kg]$$

$$P_e \propto E^2 \text{ 주파수와 무관}$$

σ_h, σ_e : 상수 f : 주파수 B_m : 최대 자속 밀도

t : 강판 두께 k_f : 기전력의 파형률

2) 부하손(가변손)

$$\text{동손}(P_c) = i^2 R [W]$$

3) 효율

① 실측효율

$$\eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100[\%]$$

② 규약 효율(표준 효율)

$$\eta = \frac{\text{출력}[kW]}{\text{출력}[kW] + \text{손실}[kW]} \times 100[\%]$$

$$\eta = \frac{\text{출력}[kW]}{\text{출력}[kW] + \text{손실}[kW]} \times 100[\%]$$

↳ 철손(P_i) + 동손(P_c)

5. 전압 변동률

$$\epsilon = \frac{V_{20} - V_{2n}}{V_{2n}} \times 100[\%]$$

V_{20} : 무부하 2차 전압 V_{2n} : 정격 2차 전압

$$\epsilon = p \cos \theta + q \sin \theta [\%]$$

+ : 지상 역률인 경우

- : 진상 역률인 경우

$$\epsilon_{\max} = \sqrt{p^2 + q^2} \quad \cos \theta = \frac{p}{\sqrt{p^2 + q^2}}$$

6. 임피던스 전압, 퍼센트 임피던스 강하

1) % 저항 강하 (p)

$$p = \frac{I_{2n}r_{21}}{V_{2n}} \times 100 = \frac{I_{1n}r_{12}}{V_{1n}} \times 100 = \frac{P_s}{P_n} \times 100$$

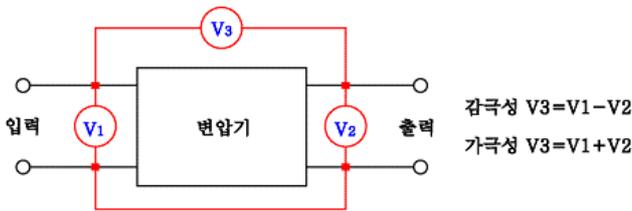
2) % 리액턴스 강하 (q)

$$q = \frac{I_{2n}x_{21}}{V_{2n}} \times 100 = \frac{I_{1n}x_{12}}{V_{1n}} \times 100$$

3) % 임피던스 강하(z)

$$z = \frac{I_{2n}z_{21}}{V_{2n}} \times 100 = \frac{I_{1n}z_{12}}{V_{1n}} \times 100 = \frac{V_{1s}}{V_{1n}} \times 100 = \sqrt{p^2 + q^2}$$

7. 변압기 극성



① 감극성(표준) : 유기기전력 방향이 동일 방향

$$V_3 = V_1 - V_2$$

② 가극성 : 유기기전력 방향이 반대 방향

$$V_3 = V_1 + V_2$$

8. 변압기의 결선

1) Δ-Δ 결선

- ① 단상변압기 3대중 1대의 고장이 생겨도 나머지 2대를 V-V 결선하여 송전할 수 있다.
- ② 제3고조파 전류는 변압기내에서만 순환하고 외부에는 고조파 전압이 나타나지 않아 통신장애의 염려가 없다.
- ③ 중성점을 접지할 수 없는 결점이 있다.
- ④ 30KV 이하 배전용 변압기에 사용

2) Y-Y 결선

- ① 중성점을 접지 할 수 있다.
- ② 상전압이 선간전압의 $1/\sqrt{3}$ 이 되므로 절연이 쉽다.
- ③ 접지선에 제3고조파가 발생하여 통신선 유도장해 발생

3) Δ-Y 결선, Y-Δ 결선

- ① Y결선으로 중성점을 접지 할 수 있다.
- ② Δ결선으로 제3고조파가 생기지 않는다.
- ③ Δ-Y는 송전단(승압용), Y-Δ는 수전단(강압용)에 설치

9. V-V 결선

- ① 출력 $P_V = \sqrt{3} P_1 [W]$
- ② 이용률 $= \frac{\sqrt{3} P_1}{2 P_1} \times 100 = 86.6 [\%]$
- ③ 출력비 $= \frac{\sqrt{3} P_1}{3 P_1} \times 100 = 57.7 [\%]$

10. 상수 변환

1) 3상-6상 사이의 상수변환

- ① 환상결선
- ② 대각결선
 - 2중 Y결선
 - 2중 Δ결선
 - 포크 결선

2) 3상-2상 사이의 상수 변환

- ① 스코트 결선 (T 결선)
- ② 우드브리지 결선
- ③ 메이어 결선

11. 변압기의 병렬 운전조건

- ① 극성 및 권수비가 같을 것.
- ② 1차, 2차의 정격 전압이 같을 것.
- ③ 각 변압기의 임피던스 전압이 같을 것.
- ④ 각 변압기의 내부저항과 리액턴스 비가 같을것.
- ⑤ 상회전 방향과 각 변위가 같을 것. (3상)

※ 변압기군의 병렬 운전 조합

병렬 운전 가능	병렬 운전 불가능
Δ-Δ와 Δ-Δ	Δ-Δ와 Δ-Y Y-Y와 Δ-Y
Y-Y와 Y-Y	
Y-Δ와 Y-Δ	
Δ-Y와 Δ-Y	
Δ-Δ와 Y-Y	
Δ-Y와 Y-Δ	

12. 변압기의 정격(명판에 기록)

- 정격 출력(용량) : [VA], [KVA], [MVA]
- 정격 전압
- 정격 전류
- 정격 주파수 및 정격 역률

13. 변압기 시험

1) 온도 시험

- ① 실부하법 : 실제 부하를 연결하여 시험
- ② 반환 부하법 : 전력을 소비하지 않고, 온도가 올라가는 원이 되는 철손과 동손만을 공급하여 시험하는 방법

2) 절연 내력 시험

- ① 변압기유의 절연 파괴 전압 시험
- ② 가압 시험
- ③ 유도 시험 : 권선의 층간 절연시험
- ④ 충격 전압 시험

14. 특수 변압기

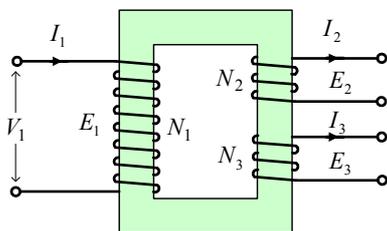
1) 계기용 변압기(PT)

2차측 전압계 접속
보통 2차측을 100V로 한 변압기를 사용

2) 계기용 변류기(CT)

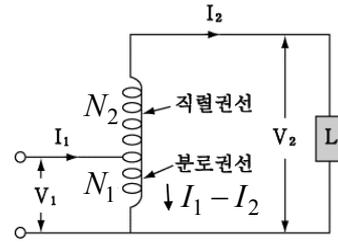
2차측 전류계, 보호계전기 접속
정격 2차 전류 : 5[A]
2차측 단자 개방시 고전압 발생

3) 3권선 변압기



변압기 3차측에는 소내용 전원 공급, 조상설비, 전력용 축전기 등이 접속, 제3고조파 제거 역할

4) 단권 변압기



① 단권변압기의 용량(자기용량)

$$\text{자기용량} = (V_2 - V_1)I_2$$

② 부하용량(선로 용량) = $V_2 I_2$

$$\frac{\text{자기용량}}{\text{부하용량}} = \frac{V_2 - V_1}{V_2} = \frac{\text{승압전압}}{\text{고압측전압}}$$

- 동기 전동기 및 유도 전동기의 기동 보상기용
- 고압 배전선의 전압을 10% 정도 올리는 승압기
- 형광등용 승압기

15. 변압기 보호계전기

1) 차동 계전기

변압기 내부고장에 대한 보호용

2) 비율차동 계전기

변압기의 단락 보호용

3) 브흐홀츠 계전기

변압기 내부 고장으로 인한 절연유의 온도 상승시 발생하는 유증기를 검출하여 경보 및 차단을 하기 위한 계전기

설치위치 : 변압기 주 탱크와 콘서베이터 사이