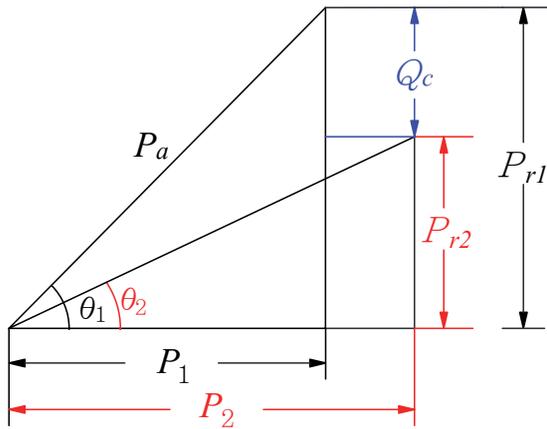




## 02 부하 증설

### 1. 역률 개선 후 부하 증설

(1) 콘덴서의 용량(피상전력이 일정할 때)



1) 콘덴서 용량

$$Q_c = P_{r1} - P_{r2} = P_a \sin \theta_1 - P_a \sin \theta_2 = P_a (\sqrt{1 - \cos^2 \theta_1} - \sqrt{1 - \cos^2 \theta_2}) [\text{VA}]$$

2) 역률 개선에 의해 증가할 수 있는 유효전력 여유분

$$\Delta P = P_2 - P_1 = P_a \cos \theta_2 - P_a \cos \theta_1 = P_a (\cos \theta_2 - \cos \theta_1) [\text{W}]$$

$Q_c$ : 역률 개선을 위한 전력용 콘덴서 용량[VA]	
$P_1$ : 개선 전 유효전력[W]	$P_2$ : 개선 후 유효전력[W]
$P_{r1}$ : 개선 전 무효전력[var]	$P_{r2}$ : 개선 후 무효전력[var]
$\cos \theta_1$ : 개선 전 역률	$\cos \theta_2$ : 개선 후 역률

**대표 예제 | 역률 개선 후 부하 증설**

정격용량 100[kVA]인 변압기에서 지상 역률 60[%]의 부하에 100[kVA]를 공급하고 있다. 역률 90[%]로 개선하여 변압기의 전용량까지 부하에 공급하고자 한다. 다음 물음에 답하시오.

- (1) 소요되는 전력용 콘덴서의 용량은 몇 [kVA]인가?
- (2) 역률 개선에 따른 유효전력의 증가분은 몇 [kW]인가?



**모범 답안**

(1) 역률개선 전 무효전력  $P_r = P_a \sin\theta_1 = 100 \times 0.8 = 80[\text{kvar}]$

역률개선 후 무효전력  $P'_r = P_a \sin\theta_2 = 100 \sqrt{1 - 0.9^2} = 43.59[\text{kvar}]$

$Q_c = P_r - P'_r = 80 - 43.59 = 36.41[\text{kVA}]$

답 : 36.41[kVA]

(2) 역률 개선에 따른 유효전력 증가분

$\Delta P = P' - P = P_a(\cos\theta_2 - \cos\theta_1) = 100(0.9 - 0.6) = 30[\text{kW}]$

답: 30[kW]

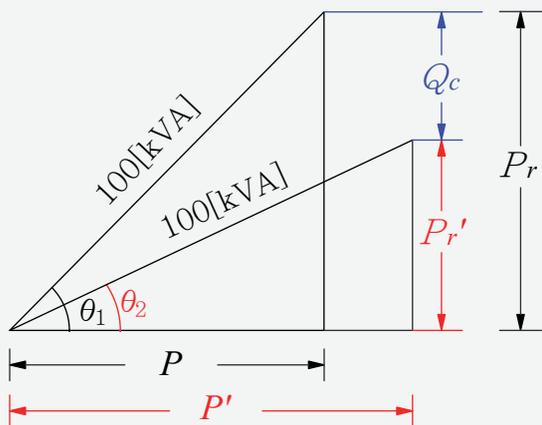


**풀이 해부**

**1. 변압기의 전용량까지 부하에 공급**

- ① 100[kVA] 변압기가 역률 0.6 부하에 100[kVA]를 공급
- ② 100[kVA] 변압기가 역률 0.9 부하에 전용량(100[kVA]) 공급
- ∴ 피상전력 일정

**2. 콘덴서의 용량**



1) 무효전력 → 콘덴서 용량

①  $P_r = P_a \sin\theta_1, P'_r = P_a \sin\theta_2$

②  $Q_c = P_r - P'_r$

2) 유효전력

③  $P = P_a \cos\theta_1, P' = P_a \cos\theta_2$

④  $\Delta P = P' - P$

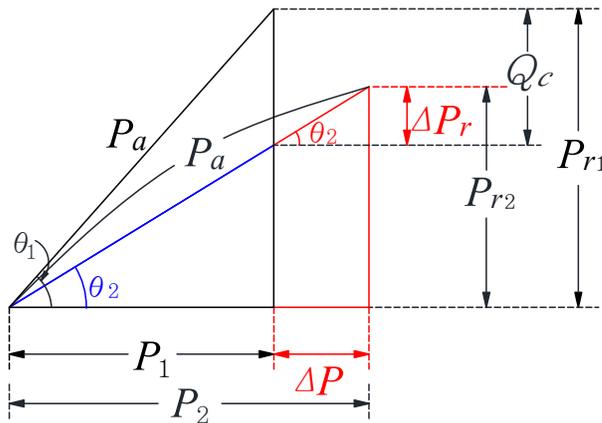


## 02 부하 증설

### 1. 역률 개선 후 부하 증설

- 기존 역률  $\cos\theta_1$ 인 부하의 역률을  $\cos\theta_2$ 로 개선한 후 역률  $\cos\theta_2$ 인 부하를 증설

(1) 콘덴서의 용량(개선 후 역률과 동일한 역률의 부하를 증설할 때)



1) 기존 부하의 역률 개선을 위해 설치한 콘덴서 용량

$$Q_c = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2)[\text{VA}]$$

2) 역률 개선에 의해 증가할 수 있는 유효전력 여유분

$$\Delta P = P_2 - P_1 = P_a \cos\theta_2 - P_a \cos\theta_1 = P_a (\cos\theta_2 - \cos\theta_1)[\text{W}]$$

$Q_c$ : 기존 부하의 역률 개선을 위한 전력용 콘덴서 용량[VA]		
$P_1$ : 개선 전 유효전력[W]	$\Delta P$ : 증설부하 유효전력[W]	$P_2$ : 최종 유효전력[W]
$P_{r1}$ : 개선 전 무효전력[var]	$\Delta P_r$ : 증설부하 무효전력[var]	$P_{r2}$ : 최종 무효전력[var]
$\cos\theta_1$ : 개선 전 역률	$\cos\theta_2$ : 개선 후 역률, 증설부하 역률	$\cos\theta_2$ : 최종 역률

**대표 예제 | 역률 개선 후 부하 증설**

정격용량 100[kVA]인 변압기에서 지상 역률 60[%]의 부하에 100[kVA]를 공급하고 있다. 역률 90[%]로 개선하여 변압기의 전용량까지 부하에 공급하고자 한다. 다음 물음에 답하시오.

- (1) 소요되는 전력용 콘덴서의 용량은 몇 [kVA]인가?
- (2) 역률 개선에 따른 유효전력의 증가분은 몇 [kW]인가?



**모범 답안**

$$(1) Q_c = P_1 (\tan\theta_1 - \tan\theta_2) = P_a \cos\theta_1 \left( \frac{\sin\theta_1}{\cos\theta_1} - \frac{\sin\theta_2}{\cos\theta_2} \right) = 100 \times 0.6 \times \left( \frac{0.8}{0.6} - \frac{\sqrt{1-0.9^2}}{0.9} \right) = 50.94 \text{ [kVA]}$$

답 : 50.94[kVA]

- (2) 역률 개선에 따른 유효전력 증가분

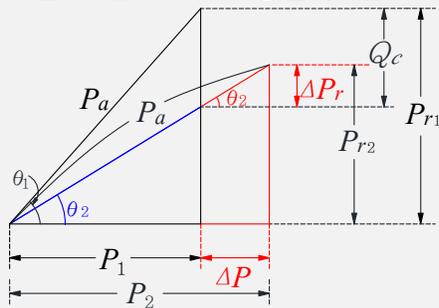
$$\Delta P = P_a (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) = 100(0.9 - 0.6) = 30 \text{ [kW]}$$

답 : 30[kW]



**풀이 해부**

역률 개선 후 부하 증설 (개선 후 역률과 역률이 동일한 부하를 증설할 때)



※ 해당 문항은 문제 조건이 명확하지 않습니다.  
(증설 부하에 대한 역률이 주어지지 않음)  
자세한 사항은 해설영상을 참고해주세요.

- ① 100[kVA] 변압기가 역률 0.6 부하에 100[kVA]를 공급

$$\cos\theta_1 = 0.6, P_a = 100 \text{ [kVA]}, P_1 = 60 \text{ [kW]}, P_{r1} = 80 \text{ [kvar]} \quad \therefore P_a = \sqrt{P_1^2 + P_{r1}^2} = 100 \text{ [kVA]}$$

- ② 100[kVA] 변압기에 전력용 콘덴서 설치하여 역률 0.9로 개선

$$\cos\theta_2 = 0.9, Q_c = 50.94 \text{ [kVA]} \rightarrow P_{r1} - Q_c = 29.06 \text{ [kvar]}$$

- ③ 역률 0.9 부하를 증설하여 전용량(100[kVA])까지 공급

$$\text{증설부하 역률 } \cos\theta_3 = \cos\theta_2 = 0.9$$

$$\Delta P = 30 \text{ [kW]} \rightarrow P_2 = P_1 + \Delta P = 90 \text{ [kW]}$$

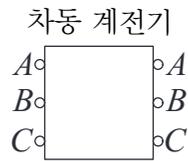
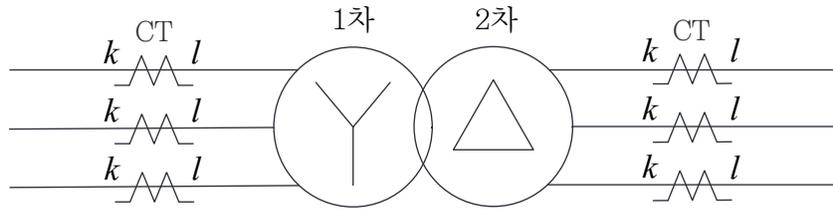
$$\Delta P_r = 14.53 \text{ [kvar]} \rightarrow P_{r2} = P_{r1} - Q_c + \Delta P_r = 43.59 \text{ [kvar]}$$

$$\therefore P_a = \sqrt{P_2^2 + P_{r2}^2} = 100 \text{ [kVA]}$$



대표 예제 | 비율차동계전기용 CT의 결선

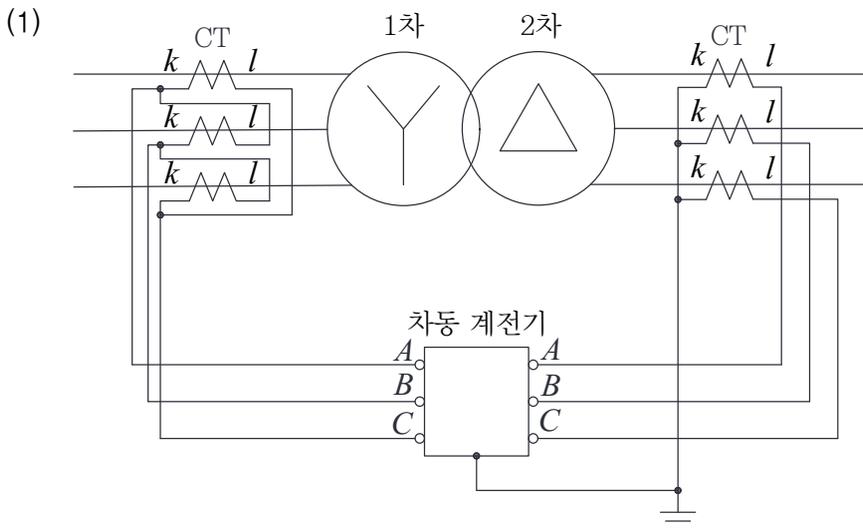
답안지의 그림은 1, 2차 전압이 66/22[kV]이고, Y-△결선된 전력용 변압기이다. 1, 2차에 CT를 이용하여 변압기의 차동 계전기를 동작시키려고 한다. 주어진 도면을 이용하여 다음 각 물음에 답하시오.



- (1) CT와 차동 계전기의 결선을 주어진 도면에 완성하시오.
- (2) 1차측 CT의 권수비를 200/5로 했을 때 2차측 CT의 권수비는 얼마가 좋은지를 쓰시오.



모범 답안



(2) 변압기의 권수비  $a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{66}{22} = 3$

2차측 CT의 권수비  $= \frac{200}{5} \times 3(\text{배}) = \frac{600}{5}$

답 : 600/5 선정



풀이 해부

차동계전기에 입력되는 두 전류(CT 선전류)의 크기가 서로 같아야한다. (① = ②)

	1차측		2차측	
	변압기(Y)	CT(Δ)	변압기(Δ)	CT(Y)
상전류	$I_1$	$\frac{5}{200} I_1$	$I_2 = \frac{66}{22} I_1$	$\frac{1}{CT_{\text{비}}} \times \sqrt{3} \times \frac{66}{22} I_1$
선전류	$I_1$	① $\sqrt{3} \times \frac{5}{200} I_1$	$\sqrt{3} \times \frac{66}{22} I_1$	② $\frac{1}{CT_{\text{비}}} \times \sqrt{3} \times \frac{66}{22} I_1$

$$* I_2 = aI_1 = \frac{66}{22} I_1$$

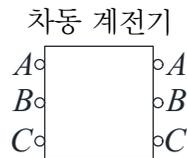
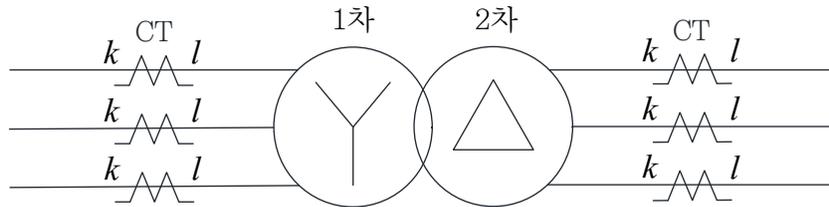
① = ② 이어야 하므로

$$\sqrt{3} \times \frac{5}{200} I_1 = \frac{1}{CT_{\text{비}}} \times \sqrt{3} \times \frac{66}{22} I_1 \rightarrow CT_{\text{비}} = \frac{200}{5} \times \frac{66}{22} = \frac{600}{5}$$



대표 예제 | 비율차동계전기용 CT의 결선

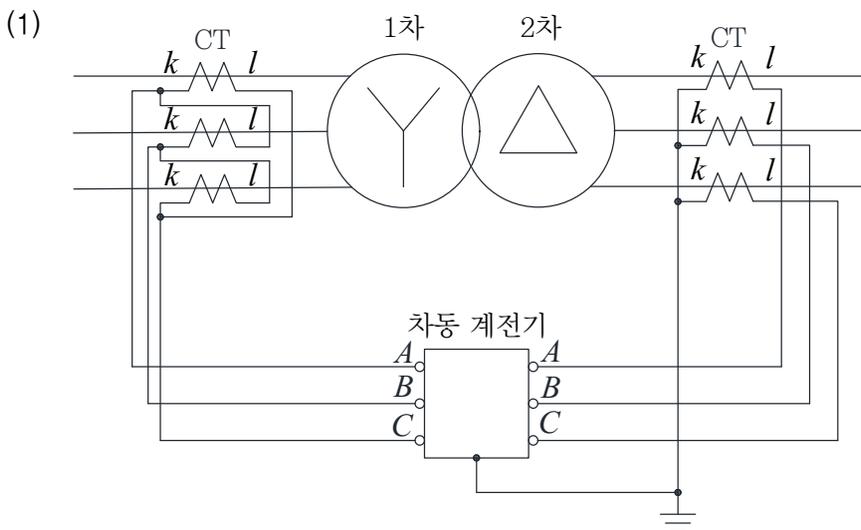
답안지의 그림은 1, 2차 전압이 66/22[kV]이고, Y- $\Delta$ 결선된 전력용 변압기이다. 1, 2차에 CT를 이용하여 변압기의 차동 계전기를 동작시키려고 한다. 주어진 도면을 이용하여 다음 각 물음에 답하시오.



- (1) CT와 차동 계전기의 결선을 주어진 도면에 완성하시오.
- (2) 1차측 CT의 권수비를 200/5로 했을 때 2차측 CT의 권수비는 얼마가 좋은지를 쓰시오.



모범 답안



(2) 변압기 선간전압비  $a = \frac{V_{1l}}{V_{2l}} = \frac{I_{2l}}{I_{1l}} = \frac{66}{22} = 3$

$I_{2l} = I_{1l} \times 3 = 200 \times 3 = 600 \text{ [A]}$

1차측 CT의 2차측 선전류 =  $5\sqrt{3} \text{ [A]} = 2$ 차측 CT의 2차측 선전류

2차측 CT의 2차측 선전류 = 2차측 CT의 2차측 상전류 =  $5\sqrt{3} \text{ [A]}$

2차측 CT의 CT비 =  $\frac{I_{1n}}{I_{2n}} = \frac{600}{5\sqrt{3}} = \frac{346.41}{5}$

답 : 346.41/5



풀이 해부

문제에서 주어진 66/22[kV]는 선간전압( $V_l$ )비이며 이는 선전류( $I_l$ )비의 역수와 같다.

즉,  $a = \frac{V_{1l}}{V_{2l}} = \frac{I_{2l}}{I_{1l}} \rightarrow \frac{66}{22} = 3 = \frac{I_{2l}}{I_{1l}} \rightarrow I_{2l} = 3I_{1l}$

정격일 때  $I_{1l} = 200$  이므로  $I_{2l} = 3 \times 200 = 600 \text{ [A]}$

변압기 1차측(Y결선)의 CT( $\Delta$ 결선) 2차 상전류는 5[A]이므로 선전류는  $5\sqrt{3} \text{ [A]}$

변압기 2차측( $\Delta$ 결선)의 CT(Y결선) 2차 선전류도  $5\sqrt{3} \text{ [A]}$ 가 되어야 한다.

따라서 변압기 2차측( $\Delta$ 결선)의 CT(Y결선) 2차 상전류는  $5\sqrt{3} \text{ [A]}$  ( $\because$  Y결선에서  $I_p = I_l$ )

변압기 2차측( $\Delta$ 결선)의 CT(Y결선)의 CT비 =  $\frac{I_{1n}}{I_{2n}} = \frac{600}{5\sqrt{3}} = \frac{346.41}{5}$

