

발 송 배 전기술사 실력배양 문제

이귀일 | 유석산업(주) 대표이사 e-mail : lki@unitel.co.kr

배전계통에서 선로의 전압강하보상 및 역률개선에 의한 설비용량 증가 문제는 쉬운 듯 하지만 실제 문제풀이에서는 정답을 내는 확률이 의외로 낮다. 문제 출제 의도에 따라서 문제는 다른 듯 하지만 접근하는 기본 원리식은 같다. 즉, 설비가 가지고 있는 설비용량[kva]는 변함이 없는데 단지 역률이 변동됨에 따라서 유효전력[kw]이 설비용량을 반경으로 하는 범위로 변동 된다는 것이다.

지난 호에 이어 배전계통에서 전력용 콘덴서와 관련된 문제를 총망라하여 공부 하기로 한다.

[문제1] 345kV 100km의 3상송전선로가 변압기를 포함한 일반선로 정수는 선로의 저항을 무시하면 다음과 같다.

$$A = 0.7 \quad B = j 330 \quad C = j1.7 \cdot 10^{-3} \quad D = 0.7$$

- 가) 무부하시에 송전단 전압이 345kV일 때 수전단의 전압 및 송전단 전류
 나) 무부하시에 수전단 전압을 345kV로 유지하기 위한 수전단 조상용량을 구하여라.

[풀이] 선로의 4단자 선로정수를 주었으므로 4단자 기본식을 이용한다.

가) 4단자정수의 기본방정식은,

$$\begin{bmatrix} E_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_R \\ I_R \end{bmatrix} \quad \text{이므로,} \quad \begin{matrix} E_S = A E_R + B I_R \\ I_S = C E_R + D I_R \end{matrix} \quad \text{가 된다.}$$

여기서, 선로가 무부하조건 이므로 부하전류 $I_R = 0$,

$$E_s = A E_R + B \cdot 0 = A E_R \quad \text{에서 무부하시 송전단 전압은,}$$

$$\therefore E_R = \frac{E_s}{A} = \frac{345}{0.7} \times \sqrt{3} = 492.85 \text{ [kV]}$$

$$I_s = C E_R + D \cdot 0 = C E_R \quad \text{에서 무부하시 송전단 전류는,}$$

$$\therefore I_s = C E_R = j 1.7 \times 10^{-3} \times 492.85 \times \frac{10^{-3}}{\sqrt{3}} = 483.37 \text{ [A]}$$

답 : 수전단전압 : 492.85 [kV] , 송전단 전류 : 483.37 $\angle 90^\circ$

나) 무부하시 수전단전압이 페란티현상으로 492.85[kV] 상승하므로 정격 수전단전압 345kV를 유지하기 위한 조상용량은 충전전류를 구하여 계산한다.

$E_s = A E_R + B I_R$ 에서 충전전류 I_R 은 상전압으로 변환하여

$$\frac{345}{\sqrt{3}} \times 10^3 = 0.7 \times \frac{345}{\sqrt{3}} \times 10^3 + j 330 I_R \text{ 에서}$$

$$I_R = (1-0.7) \frac{345}{\sqrt{3}} \times 10^3 \times \frac{1}{j 330} = 181.07 \angle -90^\circ [A]$$

따라서, 조상용량 Q는,

$$\therefore Q = 3 \times I_R \times \frac{E_R}{\sqrt{3}} = 3 \times 181.07 \times \frac{345}{\sqrt{3}} = 108,199 \approx 108,200 [KVA]$$

답 : 조상용량 : 108,200 [kVA]

(참고 : 4단자 기본식은 상전압이므로 주의를 요함)

- [문제2] 선로정수가 $A=D=0.96$, $B=j 52$, $C = j 1.51 \times 10^{-3}$ 인 154kV 송전선로에서
 가) 수전전력 300MW , 부하역율 0.9(지상)인 계통에서 송전전압을 147kV, 수전전압을 140kV로 유지하기 위한 조상요량,
 나) 상기조건에서 수전전력 100MW 시의 조상용량을 구하여라.

[풀이] 이문제의 전제조건이 송전단전압과 수전단전압을 일정하게 유지하는 이른바 정전압송전방식을 채용하고 있기 때문에 송수전단 전압의 상차각 θ 를 알아야한다. 즉, 정전압송전 방식에서는 상차각 θ 를 변화하지 않으면 선로의 전류를 바꿀 수 없다. 바꾸어 말하면 상차각 θ 에 의하여 전력이 결정된다. 따라서 상차각이 표시된 다음의 송수전 전력계산식 즉, 원선도식을 사용해야한다.

$$W_R = P_r + j Q_r = -\frac{A}{B} E_R^2 e^{j(\beta-\alpha)} + \frac{E_s + E_R}{B} e^{j(\beta-\theta)}$$

(2005년 9월호 “전력원선도의 요약” 참조)

가) 수전전력 300MW시의 조상용량

① 주어진 선로정수를 정리하면,

$$A = D = 0.96 \angle 0^\circ , \quad B = j 52 = 52 \angle 90^\circ$$

$$C = j 1.51 \times 10^{-3} = 1.51 \times 10^{-3} \angle 90^\circ$$

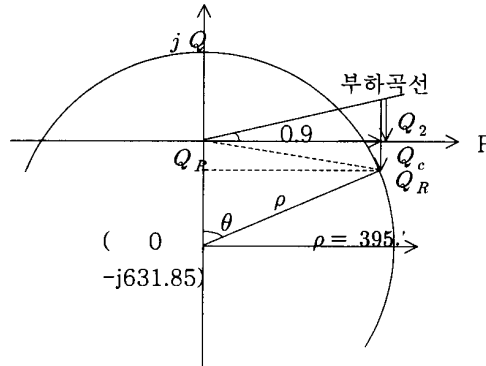
② 수전단 전력식을 원선도 상에 표시하면,

$$W_R = P_r + j \theta_r = -\frac{A}{B} E_R^2 e^{j(\beta-\alpha)} + \frac{E_s E_R}{B} e^{j(\beta-\theta)}$$

$$= \frac{0.96}{52} \times 140^2 e^{j(90^\circ - 0^\circ)} + \frac{147 \times 140}{52} e^{j(90^\circ - \theta)}$$

$$= -j361.85 + 395.77 e^{j(90^\circ - \theta)}$$

이 식을 수전단 원선도 상에 표시하면, 중심이 (0, -361.85)이고, 반경이 395.77인 수전단원이 된다.



<수전단 원선도>

원선도상에서 원주상에 존재하는 무효전력 Q_R 은,

$$Q_R = -361.85 + \sqrt{\rho^2 - 300^2} = -361.85 + \sqrt{395.77^2 - 300^2} = -103.71 [MVar]$$

③ 부하전력에 의한 무효전력 Q_R 은,

$$Q_R = 300 \times \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi}}{\cos \phi} = 300 \times \frac{\sqrt{1 - 0.92}}{0.9} = 145.30 [MVar]$$

④ 주어진 송수전단 전압을 유지하기 위한 조상용량 Q_c 는,

$$Q_c = Q_R - Q_L = -103.71 - 145.30 = -249 [MVar]$$

답 : 진상무효전력으로서 249[MVA]가 필요함.

*참고로 송수전단 상차각 θ 는 원선도 상에서,

$$\theta = 90 - \cos^{-1}\left(\frac{P_R}{\rho}\right) = 90 - \cos^{-1}\left(\frac{300}{395.77}\right) = 90 - 40.71^\circ = 49.29^\circ$$

$$* W_R = P_r + j Q_R = -\frac{A}{B} E_R^2 e^{j(\beta - \alpha)} + \frac{E_S E_R}{B} e^{j(\beta - \theta)}$$

$$= -j361.85 + 395.77 e^{j(90 - \theta)}$$

$$= -j361.85 + 395.77 \cos(90 - \theta) + j395.77 \sin(90 - \theta)$$

에서 양변의 유효전력은 ,

$$300 = 395.77 \cos(90 - \theta)$$

$$\therefore \cos(90 - \theta) = \frac{300}{395.77} = 0.758016$$

$$\therefore 90 - \theta = \cos^{-1}(0.758016) = 40.71^\circ$$

$$\therefore \theta = 90^\circ$$

나) 수전전력 100MW시 조상용량

$$\textcircled{1} \text{ 원선도 식에서 } W_R = P_R + jQ_R = -j361.85 + 395.77e^{j(90-\theta)}$$

$$Q_R = -361.85 + \sqrt{395.77^2 + 100^2} = 21.16 \text{ [MVar]}$$

② 부하의 무효전력 Q_r 은,

$$Q_r = 100 \times \frac{\sqrt{1-0.9^2}}{0.9} = 48.43 \text{ [MVar]}$$

③ 조상용량 Q_c 는,

$$Q_c = Q_R - Q_L = 21.16 - 48.83 = -27.3 \text{ [MVA]}$$

답 : 진상용량 27.3 [MVA]

* 2005년 9월호 문제5) 원선도 문제 답 :

① 수전단 원선도 : 중심좌표 (-125.79 , j624.35), 반경 709.89 [MW]

② 송전단 원선도 : 중심좌표 (152.20, j755.47), 반경 709.89 [MW]

송전극한전력 : 862.09 [MW] , 송전역율 : 0.89

③ 수전단 극한전력 : 584.1[MW]

④ 조상기 용량 : 67.59 [MVA]

⑤ 손실 : 3[MW]