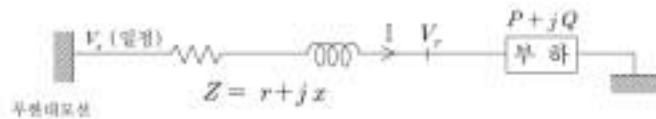




# 발·송·배전기술사 실력배양 문제

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

**[문제1]** 아래 그림과 같은 1기 무한대 MODEL 계통에서 무효전력 Q에 의해서 계통전압  $V_r$ 이 조정됨을 유도하시오.



**[참조]** 대규모 전력계통의 전력수급의 안정화는 계통세어의 자동화로서 자동주과수제어(AFC)에 의하여 계통주과수변화를  $\pm 0.1c/s$  이내로 균형을 유지하며, 경제부하배분(ELD)과 결합하여 계통전체의 유효전력수급 균형을 이루고 있다. AFC, ELD문제가 해결되면 다음은 계통운용 문제로서 "전압무효전력제어"의 자동화이며 발전용량증대, 병렬송전회선수 증가 및 계통구성의 Loop화 등에 의해서 전압제어 범위가 확대되어 무효전력 수급균형을 일관성 있게 제어를 실시하여 합리적인 계통운용을 실현한다. 따라서 전압,무효전력제어의 알고리즘을 전압과 무효전력의 전력방정식으로 유도하여 V-Q 함수로 표시한다.

**[풀이]** 송전단전압  $V_s$ 는 정전압으로 하고 수신단전압을  $V_r$ , 선로 이피던스를  $Z = r + jx$ , 부하전력은  $W_r = p + jQ$ 라 하고 송수전단 상차각을  $\theta$ 라하면, 송전단 전압  $\dot{V}_s = V_s \angle 0^\circ$ 라 하면,

수전단 전압  $\dot{V}_r = V_r \angle -\theta$  로 표시하면,

부하공급전력  $W_r = P + jQ = \dot{V}_r \dot{I}^*$  (\*공액표시)

$$P + jQ = \dot{V}_r \dot{I}^* = V_r e^{-j\theta} \left[ \frac{\dot{V}_s - \dot{V}_r}{r + jx} \right]^* = V_r e^{-j\theta} \left[ \frac{\dot{V}_s - \dot{V}_r}{r - jx} \right]$$

$$= \frac{V_s \cdot V_r e^{-j\theta} - V_r e^{j\theta} \cdot V_r e^{-j\theta}}{r - jx} = \frac{V_s \cdot V_r e^{-j\theta} - V_r^2}{r - jx} \quad \text{----- ①}$$

( $\because \dot{V}_s = V_s$  (기준 Vector),  $e^{-j\theta} \cdot e^{j\theta} = e^{j(\theta - \theta)} = e^{j0} = 1$  )

①식의 양변을 정리하면,

$$(P + jQ)(r - jx) = V_s \cdot V_r e^{-j\theta} - V_r^2 \quad \text{----- ②}$$

②식을 전개하면,

$$P_r - jPx + jQr + Qx = V_s V_r (\cos\theta - j\sin\theta) - V_r^2$$

윗 식을 실수부와 허수부로 분리하여 정리하면,

$$(P_r + Qx) + j(Qr - Px) = V_s V_r \cos\theta - V_r^2 - j V_s V_r \sin\theta \quad \text{----- ③}$$

③식의 양변의 무효분과 유효분끼리 같아야 하므로 정리하면,

$$\left. \begin{aligned} Pr + Qx &= V_s V_r \cos\theta - V_r^2 \\ Qr - Px &= -V_s V_r \sin\theta \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} Pr + Qx + V_r^2 &= V_s V_r \cos\theta \\ Qr - Px &= -V_s V_r \sin\theta \end{aligned} \right\} \text{----- ④}$$

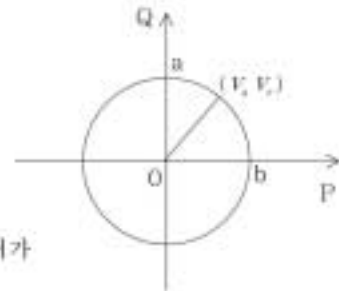
④ 식의 양변을 각각 제곱하여 더하면,

$$\begin{aligned} (Pr + Qx + V_r^2)^2 &= V_s^2 V_r^2 \cos^2\theta \\ +) (Qr - Px)^2 &= V_s^2 V_r^2 \sin^2\theta \\ \hline (Pr + Qx + V_r^2)^2 + (Qr - Px)^2 &= V_s^2 V_r^2 (\cos^2\theta + \sin^2\theta) = V_s^2 V_r^2 \text{ --- ⑤} \end{aligned}$$

⑤식은 원의 방정식 형태가 된다.

$$a^2 + b^2 = (V_s V_r)^2$$

여기서  $V_s$ 는 일정하므로 유효전력 P 및 무효전력 Q의 변동에 의해서  $V_r$ 은 변동되나 b 항의 유효전력이 (-P)이므로 무효전력 Q의 크기에 의하여 전압제어가 이뤄진다.



결론 : 무효전력 Q를 증가시키면 수전단전압이 증가되므로 전상작용이 되고, 무효전력 Q를 감소시키면 수전단전압이 감소되므로 지상작용이 된다.

(송길영 박사 “전력계통공학” p188 ‘4.2 계통전압과 무효전력’, 참조)

**[과년도 유사문제]**

- 전력계통의 전압조정을 실시하는 설비(또는 장치)를 송배전용으로 구분하여 열거하고 각각의 작용을 설명하여라.
- 전력계통에 있어서 조상설비의 설치목적, 종류 및 각 조상설비의 장단점을 기술하라.
- 전력계통의 전압-무효전력제어의 의의와 방법을 기술하라.
- 전압 및 무효전력 제어설비의 종류를 들고 각설비의 제어상 특징에 대하여 기술하시오
- 전력의 흐름을 제어하는 방법을 열거하고 이를 각각 설명하라.
- 전력계통에 있어서 무효전력의 발생원과 소비원을 열거하고 발생원과 소비원이 과부하가 발생 할 경우 이의 문제점과 대책을 기술하시오.

[문제2] 전력계통의 최적상태를 고려한 전압-무효전력제어를 논하시오.

[Brief Description]

1. 최적운전상태의 정의

전력계통의 최적운전상태란 전력수요에 부응한 양적인 공급력을 확보하면서 규정주파수, 전압을 유지하는 절적인 공급력을 확보하고, 손실경감등 계통운용비용을 최소화하는 운전상태를 전력계통의 최적운전상태라 한다.

전압-무효전력제어는 송수전단 전력에 대하여 구속조건과 전압을 허용 운전범위 내에 유지하는 제어조건에서 송전손실 경감, 무효전력원의 확보를 고려한 계통비용을 최소로 하는 전압분포를 말한다.

2. 최적운전 상태를 고려한 전압-무효전력제어

최적운전상태의 결정은 계통구성, 계통운전상태를 고려해서 실시한다. 이의 결과는 장기운용에 있어서는 조상선비의 최적선비용량 결정에 단기운용에 있어서는 순시제어 목표를 결정하는데 사용된다.

순시제어는 외란등에 의해서 생긴 운전목표 편차를 발전기(AVR), 병렬CONDENSOR, 분로REACTOR 및 부하시 전압조정기(LRC)등을 조작해서 허용변동 범위내에 들도록 한다. 또한, 제어장치간의 조작순위결정, 동작상태 양부판정, 조작범위를 적정하게 확보하기 위하여 장단기 운용결과를 속차 수정한다.

3. 종합적인 최적계통운용

발전비용을 최소화하는 모든 계통전압의 크기, 위상과 발전소의 유효전력, 무효전력을 결정하는 것이 전력 주입법이며 경제부하배분(ELD)의 새로운 방법이다.

이 새로운 ELD는 단순히 유효전력의 경제배분 문제에서 전압제어 및 무효전력의 최적 배분 문제까지도 동시에 해결한다.

i) 새로운 ELD의 Block Diagram



ii) 종합적인 계통운용 방법.

종합적인 계통운용은 주어진 계통부하에 대하여 ELD로 부터 각 발전기의 출력을 정하

고 계통의 무효전력원을 다음 방법에 의하여 제어한다.

- 1) 중간 변전소에 있어서는 조상설비(SC, ShR 등) 및 전압조정장치 (LRC)에 의해 제어한다.
- 2) 발전기의 무효전력출력을 적절하게 운전해서 계통에 각 모선전압을 소정의 허용운전 범위내로 유지한다.
- 3) 송전손실 및 발전비용을 최소로 하는 동시에 계통안정도 향상을 도모한다.

(\* Brief Description은 참고사항이며 독자제위의 공부에 의하여 자신만의 UPDATE NOTE를 준비하시기 바랍니다.)