



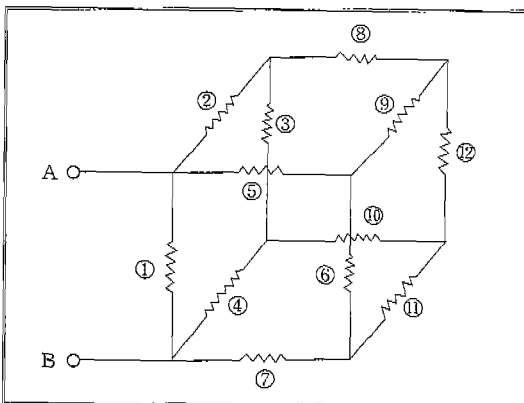
제55회 발송배전기술사 문제 해설 ①

◆ 자료제공 : 서울공과대학원
해설/기술사 용인송담대 교수 유상봉
기술사 두원공대 교수 김세동

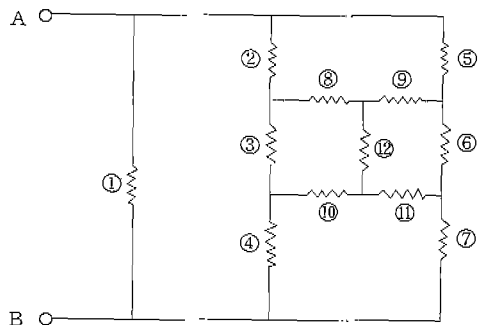
본 시험정보는 '98. 9. 20 시행한 국가기술자
격검정 기술사분야에 출제된 1교시 ~ 4교시의
시험문제로서 1교시를 발췌하여 게재합니다.
[회원출판과]

1 교 시

【문제 1】 저항 100Ω 짜리 도체 12개를 가지고
그림과 같은 정육면체의 모서리 모양의 회
로를 만들었을 때 A, B 점에서 본 등가
저항을 구하십시오. (30점)

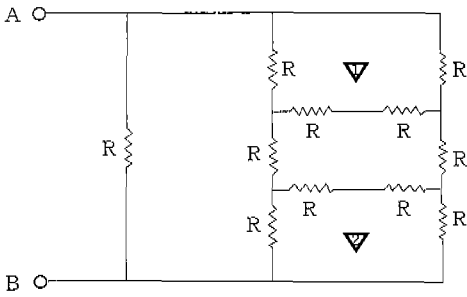


최측 하단 그림에서 각 저항마다 번호를 정하
고, 다음과 같이 전개할 수 있다.



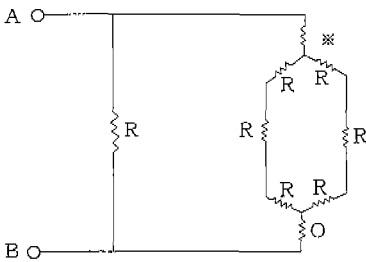
<그림 1>

그림 1에서 12번 회로의 저항에는 휘스톤 브리
지의 원리에 의해서 전류는 흐르지 않으므로 무시
할 수 있다. 그리고 각회로의 저항 R 을 100Ω 이라
하고, 다시 등가회로를 그리면 그림 2와 같다.



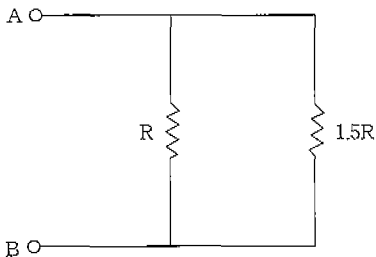
<그림 2>

그림 2에서 Δ, ∇ 회로를 Y결선으로 바꾸면 다음과 같다.



$$\begin{aligned} * \quad O &= \frac{R+R-2}{2} = 0 \\ &= \frac{R+2R-R}{2} = 0 \end{aligned}$$

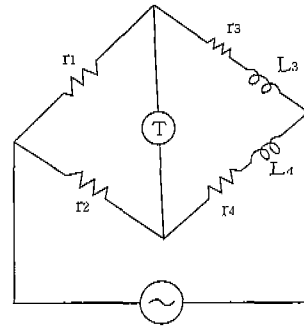
따라서, 다시 정리하면 다음의 결과가 도출된다.



$$\text{합성 등가저항} = \frac{R \times 1.5R}{R + 1.5R} = \frac{3}{5}R$$

R 대신 100Ω을 대입하면 합성 등가저항은 60Ω이 된다.

【문제 2】 다음 브리지회로에서 수화기 ①의 소리가 나지 않을 때 다음의 관계가 성립됨을 증명하십시오. (30점)



$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} = \frac{L_3}{L_4}$$

브리지회로의 평형조건에서

$$\begin{aligned} r_1(r_4 + j\omega L_4) &= r_2(r_3 + j\omega L_3) \\ r_1r_4 + j\omega L_4r_1 &= r_2r_3 + j\omega L_3r_2 \end{aligned}$$

따라서

$$r_1r_4 = r_2r_3$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}$$

또한,

$$j\omega L_4r_1 = j\omega L_3r_2$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{j\omega L_3}{j\omega L_4} = \frac{L_3}{L_4}$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4} = \frac{L_3}{L_4}$$



가스터빈 150 ppm)

- ③ 전력계통의 병렬운전과 관련하여 제어시스템의 개발 필요
- ④ 진동, 소음 대책이 필요

[문제 4] 전력계통의 전압조정 방법을 설명하시오

전압조정은 변압기의 권선비를 변경시키는 변압기의 Tap 및 유도전압 조정기와 같이 직접 조정하는 설비와 무효전력을 조정함으로써 역률을 조정하여 간접적으로 전압을 조정하는 방법을 들 수 있으며 그 방법은 아래와 같다.

1. 직접적인 방법

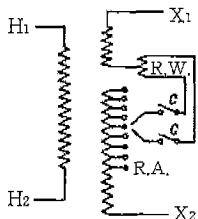
가. 변압기의 Tap을 조정하는 방법

(1) 무부하 Tap 조정기

정전된 상태에서 변압기의 권선비를 변경시켜서 전압을 조정하는 방법으로 전류가 적은 고압측에 설치하는 것이 일반적이다.

(2) 부하시 Tap 절환장치 (O.L.T.C)

전기를 사용하는 상태에서 Tap을 변경시키는 방법으로 2개의 Tap이 있어 먼저 한 개의 Tap이 옮겨고자 하는 곳으로 옮겨지고 다음에 먼저 연결되었던 Tap을 개방하는 방법으로 무정전으로 전압을 교체 할 수 있으며, 이 경우는 2개의 가동 Tap이 모두 연결되는 순간이 있으며 이때 Tap간을 큰 순환전류가 흐를 수 있으므로 그림과 같이 리액턴스 R.W를 연결하여 사용한다.



권선 증상에 탭변환기를 접속한 16스텝의 부하시 탭변환변압기 결선도

나. 유도전압 조정기

권선형 유도 전동기의 회전자를 구속하고 고정자측에 전압을 가하면 2차 권선(회전자 권선)에 기전력이 발생하고 2차 권선의 1단을 1차 권선에 연결하면 단권 변압기가 되며 이 경우 2차 권선을 직렬권선 1차 권선을 병렬권선이라 하고 직렬권선의 위치를 변경하여 2차전압의 위상을 변경시키므로 계속적인 전압조정이 가능 하다.

2. 간접적인 방법

가. 무효전력을 조정하는 방법

무효전력을 조정하여 전류의 역률각을 조정하면 계통의 전압강하가 + 또는 -로 발생하게 되므로 전압이 상승 또는 저하하게 된다.

즉 지상 무효전력공급이 부족하면 계통전압이 저하하며 공급이 과잉되면 계통전압이 상승한다.

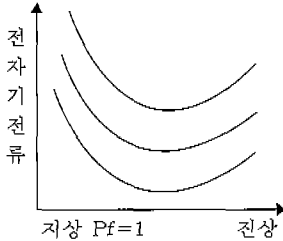
(1) 발전기

동기발전기는 여자 전류를 증감 함으로써 저여자 운전 (진상 운전), 또는 고여자 운전(지상 운전)을 임의로 쉽게 조정할 수가 있다. 따라서 전압조정이 용이하고 경제성도 있다고 하겠으나, 저여자 운전의 경우에는 안정도가 심히 저하하고 저여자로 인해서 (계자) 자속의 불포화로 인한 누설 자속이 많아지게 되어 고정자의 단부와 동기 속도로 채교하게 되므로 고정자 단부 가열이 문제가 된다. 또한 고여자 운전 시에는 여자기의 과부하가 문제가 된다. 손실 측면에서는 저여자, 고여자 어느쪽이든 역률이 1일 때 보다는 전류가 증가하게 되므로 동손의 증가는 필할 수 없다.

(2) 동기조상기

그림과 같은 동기전동기의 V 곡선 특성을 이용해서 선로의 역률을 조정하는 것으로 한마디로 동기전동기를 무부하로 운전하면서 필요에 따라 그 계자 전류를 조정하는 것이다. 지상에서 진상까지 연속적으로 역률을 조정 할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 회전기이기 때문에 손실이 크고, 기계가 커지며 정지기에 비해 고장이 많은 등의 단점이 있어서 경제적으로는 부가가치가 없다. 그러

나 안정도 측면에서는 계통의 중간조상방식에 사용하면 계통의 안정도를 크게 향상 시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다.



(3) 전력용 콘덴서

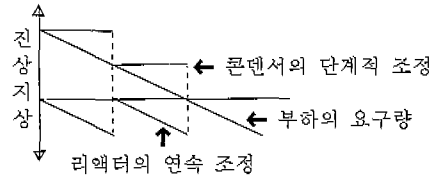
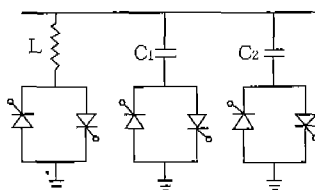
지상 무효 전력만을 보상할 수 있으므로 동기 조상기 같은 용통성은 없으나 전기 부하가 거의 다 지상 부하이므로 이를 보상하기 위해 많이 T 이고 있다. 계통의 안정도에 크게 기여한다고 할 수는 없으나 정지기로서 손실이 최소이고 가격이 경제적이며 고장이 적어서 유지 보수가 편하다는 등의 장점을 가지고 있다.

(4) 분로 리액터

분로 리액터는 전력용 콘덴서와 반대의 기능을 가진 지상 무효 부하로서 심야 경부하시 등의 장거리 송전 선로의 정전 용량 등에 따른 페란티 효과 등을 방지하기 위함 목적 등으로 사용한다. 결국 계통의 안정도를 위해서 일조를 한다고 할 수 있으며 손실이나 경제성 측면에서는 동기조상기 보다는 낫다고 하겠으나 전력용 콘덴서 보다는 못하다고 해야 할 것이다.

(5) SVC (Static Var Compensator)

최근 사이리스터 Switching 작용을 이용하여 Shunt Reactor 와 콘덴서를 조합하여 진상에서 지상 범위까지 조정하는 기기가 사용되고 있다.



동작원리는 위의 그림과 같이 콘덴서는 단계적 Switching을 하고 리액터는 연속제어를 하여 진상, 지상 어느쪽이든 연속적으로 제어 할 수 있다.

(6) STATION (Static Condenser)

이는 정지형 동기 조상기라고 할 수 있는 것으로 직류 축전용 콘덴서로 구동되는 3상 인버터로 되어 있으며 출력전압은 교류 계통의 전압과 그 위상이 일치 하도록 되어 있다.

동작 원리는 출력 전압이 교류 계통 전압 보다 높으면 STATION 이 콘덴서 부하 역할을 하여 진상 전류가 흐르고, 계통 전압보다 낮으면 진상 전류가 흘러 유도성 부하 역할을 하게 된다.

이 때 양 전압의 차에 의해 전류치가 결정되고 보상 무효 전력이 결정된다.

나. 무효 전력의 발생원과 소비원

발생원이란 지상 무효 전력을 공급하는 것으로 생각하고 소비원은 지상무효 전력을 소비하는 것으로 생각한다.

따라서 실효적으로는 진상 무효전력을 소비하는 것은 발생원에 진상 무효 전력을 공급하는 것을 소비원에 포함시키기로 한다.

발생원	소비원
· 전력용 콘덴서(SC)	· 수용가 부하의 지상 무효 전력
· 발전기(지상 운전시)	· 송, 배전선 및 변압기
· 송, 배전선(특히 케이블 계통의 정전 용량)	· 에서의 리액턴스
· 동기 조상기(RC 진상 운전시)	· 분로 리액터(ShR)
	· 발전기(진상 운전시)
	· 동기 조상기(RC 지상 운전시)



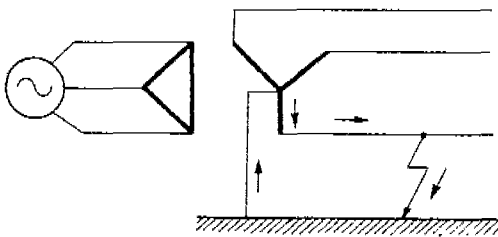
【문제 5】 전력계통의 직접접지 방식의 장·단점을 설명하십시오. (20점)

계통 변압기의 중성점을 금속선으로 직접접지하는 방식을 직접접지 방식이라 하고, 유효접지의 조건이 만족되는 범위내에서 일부 변압기의 중성점을 비접지(부동운전 이라고 함)로 하는 방식을 유효접지 방식이라고 한다.

실제의 직접접지 방식은 모두 유효접지 방식을 채택하고 있다. 높은 전압(보통 220[kV] 이하, 우리나라에서는 154[kV] 이상)에서는 이 방식만이 채택되고 있는데 그 이유는 1선지락시 건전상의 전위상승이 거의 없어 절연이 유리하다는 것, 지락고장 전류가 커서 보호계전기가 신속·확실하게 동작한다는 점에서, 이 방식을 채택한다.

보통, $X_0 / X_1 \leq 3$, $R_0 / X_1 \leq 1$ 의 유효접지의 조건을 만족하면, 1선 지락시 건전상의 상전압은 고장전보다 1.3배 이거나 또는 선간전압의 0.8배 이하이다.

그림 5-1은 이 방식의 1선 지락시 고장 전류 분포의 개념을 보인 것이다.



<그림 5-1> 직접접지 방식

이 방식의 장단점은 다음과 같다.

1. 장 점

(1) 낮은 이상전압

1선 지락시의 건전상의 대지전압 상승이 없으며(최대 1.3배 이하), 아크접에 의한 이상전압도 없고, 개폐 서지의 파고치도 낮다.

(2) 낮은 절연 레벨

따라서 낮은 정격전압의 피뢰기로 계통을 보호할 수 있어, 기기의 절연을 낮추는 소위 저감절연이 가능한 경제적인 계통이 된다.

(3) 변압기의 단절연

중성점이 고장시에도 거의 대지전위로 유지되므로, 변압기의 단절연(중성점으로 갈수록 절연을 약하게 하는 절연방식)이 가능하여 경제적이다.

(4) 보호계전기의 신뢰성

1선지락 고장전류가 매우 크기 때문에, 보호계전기의 동작이 신속, 확실하여 보호방식의 신뢰도가 높다.

2. 단 점

(1) 유도장해

1선지락 전류가 커서, 통신선에 대한 유도장해가 크므로, 적당한 대책이 필요하다.

(2) 안정도

고장전류가 (고장전류는 선로와 전원측의 임피던스에 의해서 제한되고, 유도리액턴스가 일반적으로 매우 크기 때문에) 대전류이므로, 과도안정 극한전력이 적으며 역시 대책이 필요하다.

(3) 기기에 대한 충격

지락전류가 매우 크므로 기기에 충격을 줄 수 있다. (1)에 대한 대책으로서는 고장의 고속도 차단 및 차폐선의 사용 (2)에 대해서는 고속도 재폐로방식의 채용에 의해서 문제점이 거의 해소되었다.

이와 같이 유효접지 방식은 송전전압이 높아질수록 절연설계의 경제성이 더욱 뚜렷해지고 절점에 대한 기술적 극복이 가능하여 대략 200[kV]급 이상이 되면 모두 이 방식이 사용되고 있다.

※ 참 고 : 중성점 접지 방식의 비교(표 1)

<표 1> 증성점 접지 방식의 비교

항 목	비 접 지	직 접 접 지	고저항 접지	소호리액터 접지
1. 지락사고시의 건 전상의 전압 상승	크다. 장거리 송전 선의 경우 이상 전압을 발생함.	작다. 평상시와 거의 차이가 없다.	약간크다. 비접지의 경우보다 약간 작은 편이다.	크다. 적어도 $\sqrt{3}$ 배까지 올라간다.
2. 절연레벨, 애자 개수, 변압기	감소불능 최고, 전절연	감소시킬 수 있다. 최저, 단절연 가능	감소불능 전절연, 비접지보다 낮은 편이다.	감소불능 전절연, 비접지보다 낮다.
3. 지락전류	작다. 송전 거리가 길어지면 상당히 큼.	최대	중간정도 증성점 접지 저항으로 달라진다. (100~300A)	최소
4. 보호계전기 동작	곤란	가장 확실	확실	불가능
5. 1선 지락시 통신 선에의 유도장해	작다	최대. 단, 고속 차단으로 고장 계속 시간의 최소화 가능(0.1초)	중간정도	최소
6. 과도안정도	크다	최소. 단, 고속차단, 고속도 재폐로방식으로 향상 가능	크다	크다

【문제 6】 전력계통의 손실전력 측정방법을 설명하시오.

모든 전력설비의 효율이 100%가 될 수 없듯이 입력(발생전력)모두를 출력(사용전력)으로 변환할 수 없으며 전력손실은 발전기, 송전선로 변압기 배전선로 부하설비 모두에서 발생하게 되며 전력은 에너지가 실제로 공급 또는 소비되는 유효전력과 순간적으로 공급과 회수가 되풀이되어 시간 평균으로 보면 공급과 소비가 없는 무효전력의 두 종류가 있다.

그리고 송전단 유효전력에서 수전단 유효전력을 뺀 값은 항상 정수이며, 이를 송배전손실 또는 송배전 유효손실이라 하며, 이 손실은 주로 선로의 손실과 변압기 손실이며 이의 측정법에 대해 논하기로 한다.

1. 직접적인 측정방법

- 송전단의 전력량계와 수전단(사용량의 합) 전력량의 차이로 구한다.

2. 계산식에 의한 방법

(1) 송전선로

- 단거리 송전선을 예로 든다.
- $V_R = KE_R$ $E_R = E_R e^{Rl}$
- 단상의 경우 $K = 2$
- 3상의 경우 $K = \sqrt{3}$
- K' = 증성선 제외한 선수
- Q_R = 부하의 역률각
- R = 선로의 직렬 저항
- X = 선로의 직렬 리액턴스

유효전력손실

$$P_L = K' R I^2 = \frac{K'}{K} \times \frac{R P_R'}{V_R^2 \cos^2 \theta_R}$$

무효전력손실

$$Q_L = K' X I^2 = \frac{K'}{K} \times \frac{X P_R'}{V_R^2 \cos^2 \theta_R}$$

$$= \frac{K^2}{K'} \times \frac{X Q_R^2}{V_R^2 \sin^2 \theta_R}$$

