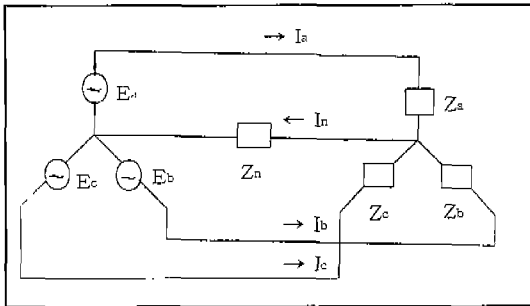


# 제52회 발송배전기술사 시험문제 모범답안 (2)

❖ 자료제공 : 서울공과학원 ❖

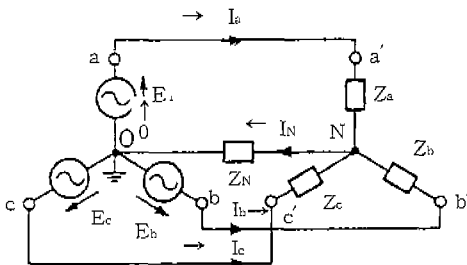
【Tel : 02)676-1113~5】

【문제1】 아래 회로와 같은 불평형회로에서  $Z_a=10[\Omega]$ ,  $Z_b=12.5[\Omega]$ ,  $Z_c=5[\Omega]$ ,  $Z_n=16[\Omega]$ 인 부하가 걸려있다. 전원에 대칭Y형 전원  $E=100[V]$ 를 인가할 때 각 선전류  $I_a, I_b, I_c, I_n$ 를 구하시오. (필수 25점).



## 해설

다음과 같은 회로에서



Y부하가 불평형인 경우 중성점의 전위를  $V_n$ 으로 하고 KCL(전류연속의 법칙)을 중성점에 적용하면

$$(E_a - V_n)Y_a + (E_b - V_n)Y_b + (E_c - V_n)Y_c - V_n Y_n = 0$$

$$\left( \text{단, } Y_a = \frac{1}{Z_a}, Y_b = \frac{1}{Z_b}, Y_c = \frac{1}{Z_c}, Y_n = \frac{1}{Z_n} \right)$$

따라서 중성점의 전위  $V_n$ 은

$$V_n = \frac{Y_a E_a + Y_b E_b + Y_c E_c}{Y_a + Y_b + Y_c + Y_n}$$

(즉 부하의 중성점 N의 전위를 밀만의 정리를 이용한 식과 같다)

로 되고, 각 선전류는

$$I_a = (E_a - V_n)Y_a$$

$$I_b = (E_b - V_n)Y_b$$

$$I_c = (E_c - V_n)Y_c$$

$$I_n = V_n Y_n \text{ 또는 } I_n = I_a + I_b + I_c \text{로 주어진다.}$$

$$\text{따라서 } Y_n = \frac{1}{Z_n} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

$$Y_b = \frac{1}{Z_b} = \frac{1}{12.5} = 0.08$$

$$Y_c = \frac{1}{Z_c} = \frac{1}{5} = 0.2$$

$$Y_n = \frac{1}{16} = 0.0625 \text{ 이므로}$$

$$V_n = \frac{0.1 \times 100 + 0.08 \times 100 \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) + 0.2 \times 100 \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{0.1 + 0.08 + 0.2 + 0.0625}$$

$$V_n = \frac{10 + 8 \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) + 20 \left( -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right)}{0.4425}$$

$$= \frac{(10 - 4 - 10) - j 4\sqrt{3} + j 10\sqrt{3}}{0.4425}$$

$$= \frac{-4 + j 6\sqrt{3}}{0.4425} = -9.04 + j 23.43 \text{ [V]}$$

$$I_n = [100 - (-9.04 + j 23.48)] \times 0.1$$

$$= (109.04 - j 23.48) \times 0.1 = 10.9 - j 2.348 \text{ [A]}$$

$$I_b = \left[ 100 \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) - (-9.04 + j 23.48) \right] \times 0.08$$

$$= (-50 - j 86.6 + 9.04 - j 23.48) \times 0.08$$

$$= -3.28 - j 8.806 \text{ [A]}$$

$$I_c = \left[ 100 \left( -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) - (-9.04 + j 23.48) \right] \times 0.2$$

$$= (-50 - j 86.6 + 9.04 - j 23.48) \times 0.2$$

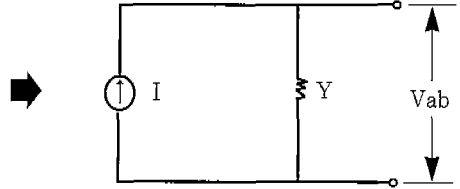
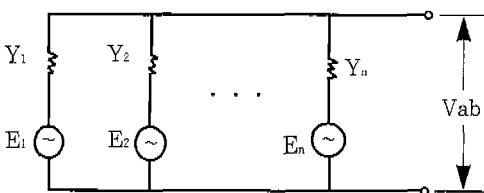
$$= -8.19 + j 12.624 \text{ [A]}$$

$$I_n = (-9.04 + j 23.48) \times 0.0625 = -0.565 + j 1.467 \text{ [A]}$$

**참고**

**밑만의 정리:**

내부 임피던스를 갖는 전압원이 여러개 병렬로 연결되어 있을 때 병렬접속점에 나타나는 합성전압은 개개의 전압을 단락하였을 때 흐르는 전류의 대수화합, 개개의 전원의 내부 임피던스의 대수화로 나누어 준것과 같다.



$$\Sigma Z = \frac{1}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}$$

$$\Sigma I = Y_1 E_1 + Y_2 E_2 + \dots + Y_n E_n$$

$$\therefore V_{ab} = \frac{Y_1 E_1 + Y_2 E_2 + \dots + Y_n E_n}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n} = ZI$$

**【문제2】 22.9 [kV] 지중케이블 접속방식별 접속재에 대하여 기술하시오(25점).**

**해설**

**1. 개요**

일반적으로 지중선로는 케이블과 케이블에 전압을 인가하기 위하여 반드시 시설하는 종단접속부, 선로의 길이가 긴 경우에 시설하는 직선접속재로 구성되어 있으며 XLPE 절연케이블의 접속재를 용도에 따라 분류하면 다음의 3가지로 분류할 수 있다.

- (1) 기중 또는 옥외종단접속재 : 변압기, 가공선, 모선에 연결된 일반적인 종단접속재
- (2) 기기 직렬 종단접속재 : 변압기, 기기로부터 직접 인출되는 형태의 종단접속재
- (3) 중간 접속재 : 직선접속재, T분기 접속재 등 케이블을 서로 연결하는 접속재

이와 같이 지중선로는 많은 부속재가 결합되어 하나의 선로로서 운용된다.

**2. 접속방식별 접속재 종류**

접속방식에는 직선접속, 분기접속, 종단접속이

있으며, 접속방식별 접속재 종류와 제작사는 다음 표와 같다.

접속방식	접속재종류	제 작 사
직선접속	테이프레진형	3M
	열수축형 조립형	RAYCHEM ELASTIMOLD
분기접속	조립형	ELASTIMOLD, RTE
중단접속	자기수축형	3M
	열수축형 조립형	RAYCHEM ELASTIMOLD

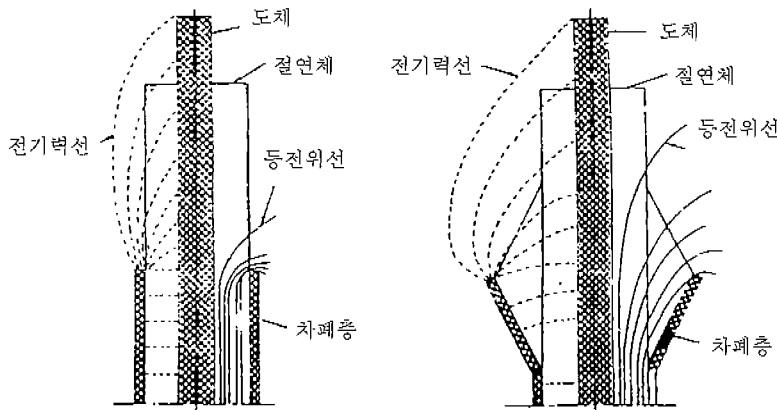
3. 전기적 스트레스(ELECTRICAL STRESS) 완화 방법

전기적 스트레스의 완화방법에는 다음 표와 같이 스트레스콘과 테이프(또는 튜브)가 있으며, 아래 그림은 스트레스콘의 경우 유전체 경계조건을 나타낸 것이다.

종류	스트레스 콘	테이프 또는 튜브
원리	절연보강	유전체 경계조건
재료	조립식 몰드	절연 테이프, 열수축형 튜브
방법	절연체상의 반도체층과 연결하고 반드시 접지	절연체상의 반도체 층과 반드시 연결

(a) 스트레스콘이 없는 경우

(b) 스트레스콘이 있는 경우



【문제3】 154 [kV]급 발 변전소 건설에 있어서 접지 공사 설계시 검토사항에 대하여 기술하시오(25점).

해설

접지공법에는 망상접지식과 접지봉타입식이 채용되고 있다. 초고압 계통에서는 일반적으로 망상 접지식이 채용된다. 망상접지식은 망상접지선을 지하 0.5~1m 이상의 깊이에 매설하는 일종의 연 접 접지방식으로서 접지선 상호간의 간격 또는 사용하는 접지선의 형태는 보폭전압과 접촉전압의 크기에 관계하므로 사고시의 변전소 접지전위의 상승과 이것이 기기 또는 인축에 주는 장해에 대하여 충분한 검토가 필요하며, 접지공사 설계시 검토사항은 다음과 같다.

【접지공사 설계시 검토사항】

1. 토양 특성의 검토

가. 토질의 검토

지질 조사 결과, 토양의 종류를 확인하는 것이 필요하다. 토양의 종류에 따라 대략 고유저항 특성을 알 수 있다.

나. 고유저항의 측정

부지내의 수거소에 걸쳐 4점법으로 측정한다. 1주일 전후의 사이를 두고 측정해 보면 측정치에 약간의 변화가 나타나는 것을 알 수 있다. 그러므로, 반복해서 측정하여 가급적 정확한 값을 알아내야 한다.

2. 최대 교류 접지전류의 결정

예정계통구성에 기초를 두고 계산한 결과에서, 지락시에 흐르는 중성점 전류를 상정하고, 변압기 임피던스, 선로 임피던스, 변전소 접지저항, 가공지선 임피던스 탭, 각 접지저항 등을 가정해서, 변전소 접지저항에 흐르는 접지전류를 결정할 수 있다.

중성점직접접지 계통에 있어서는 지락 고장전류

와 접지선 전류와의 비율은 변전소와 고장점 간에서는 거리가 커지는데 따라 증대하고, 한편 고장 전류는 감소하므로, 양자의 분포에서 최대 접지전류를 정한다.

### 3. 소요접지저항의 결정

일반적으로 최고 접지 전위 상승치가 전압의 허용치의 3~5배 이하로 되게 한다. 또, 접지저항은 접지망의 표면 면적과 같은 면적의 평면 접지판을 생각해서 대략의 값을 구할 수 있으므로 소요치를 초과할때는 대책을 강구할 필요가 있다.

또, 접지전위 상승이 저압 회로의 절연내력을 초과할 경우에는, 변전소 외부에서 접하는 전화선, 제어선 등에 적당한 보호 대책을 강구할 필요가 있다.

### 4. 접지 구성 방법의 선택과 접지저항의 계산

소요접지저항이 결정되면 접지저항 계산식에 따라 메시(mesh)수 또는 매설선의 총연장 등을 역산할 수 있다. 실제의 메시(mesh)구성은 이 계산결과와 기기, 철구의 배치 계획에 따라한다. 기타 저항망의 구성에 따라 건물의 철근, 수도관 등 양전기도체시설은 접지망과 연결한다. 또 접지망 주변 등의 전위가 높은 곳은 보조접지선을 시설한다.

### 5. 전위경도의 예측

교류 대지면 전위 분포와 보폭전압, 접촉전압 등에 대하여는 계산식이 나와 있으므로 이것을 참고로 한다.

그러나 실제의 변전소 접지계는 복잡한 구성을 하기 때문에 국부적인 전위경도에 대하여는 실측에 의한 검토가 필요하다.

### 6. 소내 인입 저압회로와 인입 도체에 대한 대책

밖에서 안으로 인입하는 통신선, 신호선, 저압선, 관, 계도, 수도관 등의 도체는 변전소 구내·외의 전위차로 그 접촉부에 직접 중대한 장애를 발생시킬 수 있다. 그러므로 이들에 대한 대책이 필요하다.

### 7. 보충적인 접지개선

기본 설계에서 계산한 결과, 변전소내에 위험한 전위차가 있다는 것이 발견되면 이에 대한 보강책

을 강구한다.

가. 접지망 외에 이에 연결시켜 접지봉을 깊이 때려 박는다.

나. 전위의 경도를 개선하도록 접지망의 간격을 단축시킨다.

다. 지락전류의 일부를 다른 회로에 분류시키도록 한다.

라. 접지전류를 낮은 값으로 제한한다.

마. 철탑각과 대지간의 접촉저항을 증가시키기 위하여 지표에 아스팔트, 자갈 등을 퍼서 고저항 표면층을 형성시킨다.

**【문제4】 지중송전선로 설계시 검토해야 할 사항에 대하여 기술하시오(25점).**

## 해설

지중 송전선은 건설공사 기간이 장기간 소요되고 그 공사비가 많이 소요되므로 설계시 관계법규 및 제 규정을 준수하고 장기계획 등을 고려하여 신뢰성이 있고 경제적인 설계가 되도록 유념하여야 한다.

### 1. 경과지의 선정

지중 송전선로 경과지는 다음 사항을 충분히 고려하여 선정하여야 한다.

- 장래의 송전계통 구성과 수요 분포의 동향
- 공동 용지의 효율적 이용
- 선로의 설치, 운전 및 보수의 용이성과 안전성
- 송전선로의 길이
- 도시계획, 도로의 개설 및 확장 계획
- 타 지하 매설물의 현황 및 건설계획
- 도로의 굴곡 및 고저차
- 화학적 영향이나 열을 받을 우려가 있는지 여부 및 고열의 발생
- 각종 재해(수해, 염진해, 화재, 산사태, 지반 조건, 진동 등)의 영향
- 송전손실 및 보수경비의 절감
- 시설 관료, 전력구와의 연결 및 효율적 이용
- 지역 환경과의 조화

- 법적 제한
- 다조수 포설에 의한 송전용량 및 유도장해의 영향
- 교통 상황

## 2. 부설방식의 선정

부설방식의 선정시에는 장래의 계통구성, 소요 송전용량, 경과지, 케이블 종류 등의 기본이 되는 모든 조건 및 환경보전, 시공조건, 사고대책, 설비 변경 등을 고려하여야 하며 직매식, 관로식, 전력구식에 의함을 원칙으로 하고 필요에 따라 교량첨가식, 수저식 등을 채용할 수 있다. 또한 케이블 냉각을 필요로 하는 경우에는 이에 필요한 공간 등의 확보에 유의해야 한다.

### 가. 직매식

장래 지중선의 증설 전망이 없는 발·변전소, 개폐소, 케이블헤드(Cable Head)부지, 수용가 구내 등에서 동일 경과지에 2회선 이하의 케이블을 시설하는 경우 또는 임시선로에 적용한다.

### 나. 관로식

- (1) 동일 경과지에 케이블을 다회선 시설할 때
- (2) 케이블의 증설 및 교체가 예상될 때
- (3) 경과지가 도로이거나 도로 개설이 예상될 때
- (4) 기타 직매식에 의함이 불리할 때

### 다. 전력구식

- (1) 동일 경과지에 케이블을 다회선 시설할 때에는 다음의 경우 전력구로 시설한다.  
(송전 회선수×3+배전용 관의 공수+사고 대비 공수)의 합이 20을 초과할때
- (2) 케이블의 증설 및 교체가 예상되며 회선수가 많은 경우
- (3) 송전용량, 케이블 및 부속자재의 배치, 장래 신기술 적용의 가능성, 시공여건 등 제반 면에서 관로식으로는 부적당하다고 생각되는 경우 (수요밀도가 큰 지역의 주요간선도로 또는 변전소의 인출부 등)
- (4) 345kV 케이블이 수용되는 경우

### 라. 개거식

발·변전소, 개폐소, 케이블 헤드 부지, 수용가 구내 등에서 중량물의 영향을 받지 않는 장소

### 마. 교량 첨가식 및 전용교식

이용할 수 있는 교량이 있을 경우에는 교량에 첨가하고 첨가가 부적당한 경우에는 전용교식 등을 적용한다.

### 바. 수저식

비교적 포설길이가 길고 다른 방식으로는 시설이 곤란한 바다 또는 하천횡단에 적용한다.

### 사. 지상전선로식

임시선로 등에서 필요한 경우

## 3. 부설위치

가. 지중 전선로를 도로에 매설하는 경우 해당 도로관리자가 지정하는 점용위치로서 운전 및 보수 점검이 용이한 위치에 매설한다.

- (1) 지중전선로를 중심선과 도로의 중심선이 가급적 교차하지 않도록 시설한다.
- (2) 도로의 한 측에 지하 매설물이 있을 경우는 부득이한 경우를 제외하고 그 반대측에 시설함을 원칙으로 한다.

### 나. 매설 깊이

#### (1) 직매식

지중전선을 콘크리트제 기타 견고한 트라후에 넣어 아래 조건에 따라 시설한다.

가) 차도 및 중량물의 영향을 받을 우려가 있는 경우는 1.2[m]이상

나) 기타의 장소는 0.6 [m]이상

#### (2) 관로식 및 전력구식

원칙적으로 직매식에 준하며 해당경과지 관리자와 별도 협의가 있는 경우는 이에 따른다.

다. 직매식의 경우 지중전선로의 위험표시가 된 표시 시트(sheet)를 지표면 약30[cm]또는 포장 두께, 매설 깊이에 따라 적당한 깊이에 시설한다.

## 4. 지중 전선로의 이격거리

### 가. 지중 약전류전선과의 거리

지중 약전류전선로에 유도장해의 방지 및 지중 전선과 지중 약전류전선의 접근 및 교차하는 경우의 공사는 다음에 의한다.

(1) 지중 전선로는 기설 지중 약전류전선로에 대한 누설전류 또는 유도작용에 의하여 통신상 장애를 미치지 않도록 기설 지중 약전류전선로에서 충분히 이격시키고 또 기타 적당한 방법으로 시설한다.

(2) 지중 전선로와 지중 약전류전선과 접근 또는 교차하는 경우로서 특별고압 지중 전선에서는 60[cm] 이하의 경우는 접근 또는 교차하는 부분을 가급적 단축하고 또 지중 전선과 지중 약전류전선 상호의 사이에 견고한 내화성 격벽을 시설한다. 단, 지중전선과 전력보안 통신용의 지중 약전류전선과 직접 접촉하지 않도록 시설하는 경우는 이에 의하지 않는다.

나. 가연성이나 유독성의 유체를 내포하는 관과의 거리

특고압 지중 선로가 가연성이나 유독성의 유체를 내포하는 관과 접근하거나 교차하는 경우에 상호의 이격거리가 1[m] 이하인 경우 지중 전선과 관과의 사이에 견고한 내화성의 격벽을 시설한다.

(1) 직류식 전기철도와의 거리

직류식 전기철도와 귀선의 비절연부분과 금속성 지중관로가 접근 또는 교차하는 경우는 상호 이격거리를 1[m] 이상으로 한다.

단, 공사상 부득이한 경우 귀선의 비절연 부분과 관로와의 사이에 부도체의 격리물을 설치해서 전류가 1m 이상을 통과하지 않아 양자간을 유통되지 않도록 할 경우는 이에 의하지 않는다.

(2) 케이블 상호간의 거리

저압지중전선과 고압지중전선 또는 저압 혹은 고압지중전선과 특별고압지중전선이 접근 또는

교차하는 경우 상호간의 거리가 30[cm] 이하의 경우는 상호간 견고한 내화성의 격벽을 시설한다. 단, 맨홀내에서는 별도 검토한다.

【문제5】 고압 부하개폐기의 종류별 특징, 용도 및 선정시 고려사항에 대하여 기술하시오(25점).

**해설**

회로조건에 따라서는 차단기까지는 필요없으나 상시 부하전류 정도는 개폐되는 것이 요구되는 수가 있다. 이러한 때 사용하는 것이 부하개폐기이다. 즉 부하개폐기는 상시의 부하전류의 개폐는 가능하나 이상시(과부하, 단락시)의 보호기능은 없으며, 대부분이 수동조작이고, 개폐빈도가 적은 부하개폐용 스위치로서 사용된다.

부하개폐기는 3극 연동의 개폐기에 간단한 소호실과 속단기구를 부착한 것과 같으며, 전력퓨즈와의 조합에 의해 300kVA 이하의 고압수전설비(JIS C 4620 큐비클식 고압수전설비 PFS 형)에서는 차단기 대신에 변압기 1차측에 사용되고 있다.

용도에 따라 대전류 용량, 각종 접속, 조작식의 것이 있다. 고압개폐기는 기중개폐기, 진공개폐기 등의 불연방식의 것이어야 할 것(유입개폐기의 경우는 주위 5m의 범위에 울타리를 두어야 하는 등 특별한 조치가 필요하다), 또 구분개폐기를 주상에 설치하고 있는 경우에도 이에 준해서 무유화를 요망하고 있다. 다음 표는 부하개폐기의 종류별 사양을 든 것이다.

형식	정격 전압	정격 전류	정격차단 전류	조작방식	설치장소	적 용
LCB	7.2 ~ 24	600 ~ 1200	600	직접수동, 압축공기 원방수동	옥 내	부하전류, 여자전류, 충전전류의 차단이 가능하다.
VLB	12 ~ 120	600 ~ 1200	600	원방수동 압축공기 전동	옥 외	