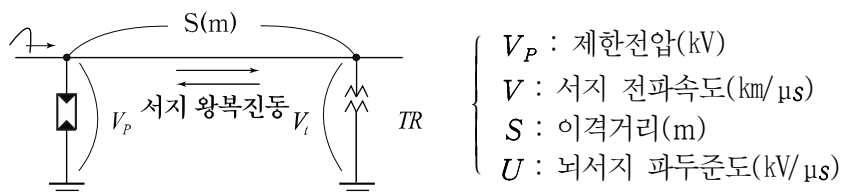


문 1-1) 피뢰기를 변압기에 가까이 설치해야하는 이유에 대하여 설명하시오
해설)



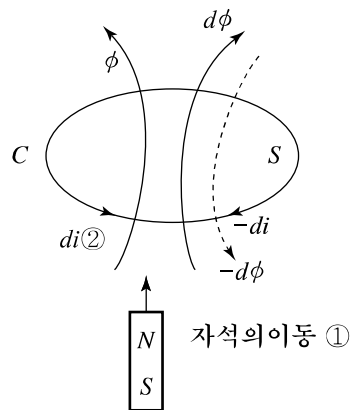
- (1) 변압기 단자전압 $V_t = V_p + 2U \cdot \frac{S}{V}$
- (2) 거리(S)가 길어지면 왕복 진동 서지전압의 누증으로 변압기 단자전압 상승
따라서 가능한 피보호기기 가까이 피뢰기 설치
- (3) 권장 이격거리

공칭전압(kV)	345	154	66	22.9
거리(m)	85	65	45	20

문 1-3) 교류 자기회로코일에 시변자속이 인가될 때 유도기전력을 설명하시오.(단,자기회로는 포화와 누설이 발생하지 않는다고 가정)

I. 전자유도법칙

1. Faraday 법칙



임의의 폐회로 C를 채교하는 자속 $\phi(\text{wb})$ 가 시간 $dt(\text{sec})$ 동안에 $d\phi(\text{wb})$ 만큼 변화하면 그 폐회로에는 채교자속의 변화량에 비례한 기전력이 유기됨

2. Lenz의 법칙

- (1) 유기 기전력의 방향은 처음의 채교자속의 변화를 방해하는 방향이 된다.
- (2) 채교자속 $d\phi$ 의 원천이 영구자석의 이동 ①일 경우
→ 역 기전력에 의한 전류 $-di$ 가 흐른다.
- (3) 채교자속 $d\phi$ 의 원천이 $di^{(2)}$ 일 경우
→ 자속의 변화를 방해하는 $-di$ 에 의해 $di^{(2)}$ 의 변화가 갑자기 발생하지 못함.
즉, Coil에 전원인가시 전류는 갑자기 발생 못하고 전압보다 90°위상이 뒤진다.

II. 유도기전력의 크기

Neumann식

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} = -L \frac{di}{dt} (\because N\phi = Li)$$

여기서, L : 자기인덕턴스(H)

N : 코일권수(turn)

문 1-5) 전기설비 기술기준의 판단기준 제289조(저압옥내 직류전기 설비의 접지)의 시설기준에 대하여 설명하시오.

해설)

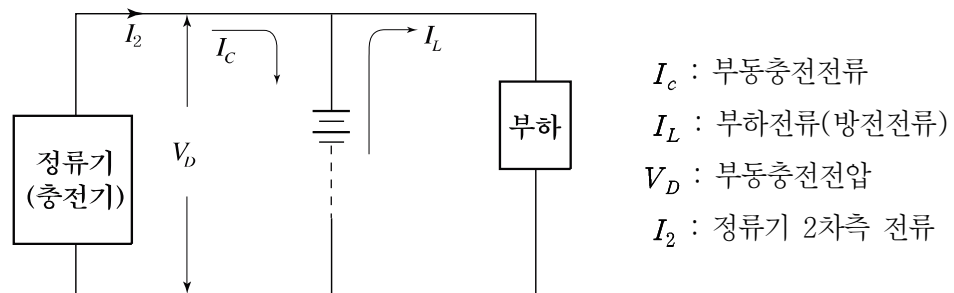
제289조(저압 옥내직류 전기설비의 접지)

1. 저압 옥내직류 전기설비는 전로보호장치의 확실한 동작의 확보, 이상전압 및 대지전압의 억제를 위하여 직류 2선식의 임의의 한 점 또는 변환장치의 직류측 중간점, 태양전지의 중간점 등을 접지하여야 한다. 다만, 직류2선식을 다음 각 호에 의하여 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.
 - 1) 사용전압이 60 V 이하인 경우
 - 2) 접지검출기를 설치하고 특정구역내의 산업용 기계기구에만 공급하는 경우
 - 3) 제23조의 규정에 적합한 교류계통으로부터 공급을 받는 정류기에서 인출되는 직류계통
 - 4) 최대전류 30 mA 이하의 직류화재경보회로
2. 제1항의 접지공사는 제21조, 제22조, 제22조의2 및 제27조제2항을 준용하여 접지하여야 한다.
3. 직류전기설비의 접지시설을 양(+)도체를 접지하는 경우는 감전에 대한 보호를 하여야 한다.
4. 직류전기설비의 접지시설을 음(-)도체를 접지하는 경우는 제293조에 준용하여 전기부식방지를 하여야 한다.
5. 직류접지계통은 교류접지계통과 같은 방법으로 금속제 외함, 교류접지선 등과 본딩하여야 하며 교류접지가 피뢰설비, 통신접지 등과 통합접지 되어있는 경우는 제18조 제7항에 따른다.

문 1-6) 축전지의 충전방식을 초기충전과 사용중의 충전방식으로 구분하여 설명하시오.

해설)

1. 초기충전 : 미 충전상태의 축전지에 전해액을 주입하여 초기에 행하는 충전
2. 사용중 충전
 - (1) 보통충전 : 필요할 때마다 표준 시간율로 소정의 충전을 행하는 방식
 - (2) 급속충전 : 비교적 단시간에 보통 충전전류의 2~3배의 전류로 충전하는 방식
 - (3) 부동충전
 - ① 충전장치를 축전지와 병렬연결, 전지의 자기방전을 보충함과 동시에 상용부하에 대한 전력공급을 충전기가 부담하고 충전기가 부담하기 어려운 일시적 대전류부하는 축전지가 부담하게 하는 방식



- ② 거치용 축전지설비에서 가장 많이 채용

(4) 균등충전

- ① 전지를 장시간 사용시 발생하는 단전지들의 전압 불균일을 해소하기 위해 충전이 완료된 후에도 얼마간 과충전을 계속하는 것
- ② 부동충전방식에 의해 사용시 발생하는 각 전해조 전위차를 보정하기 위해 1~3개월마다 1회 정전압(연 : 2.4~2.5, 알카리 : 1.45~1.5V/cell)으로 10~12시간 충전을 행하는 방식

(5) 세류충전(細流充電, 트리클 충전)

전지를 장시간 방치하면 자기 방전에 의해 용량이 감소하게 되는데 이때 자기 방전량만을 항상 충전하는 부동충전방식의 일종

문1-7) 변압기의 K-Factor에 대하여 설명하시오.

해설)

1. K-factor란

- (1) 비선형 부하에서 발생하는 고조파 부하전류에 의한 변압기 와류손 증가로 변압기가 온도상승하는 영향을 수치화한 개념
- (2) 비선형 부하에 건디는 변압기의 성능 측정 기준으로 고조파 영향에 대해 변압기가 과열없이 안정적으로 공급할 수 있는 능력을 나타내는 지표
- (3) 관련규정 : IEEE/ANSI C-57-110 (1986)
전류 왜형률 5%초과시 K-factor 적용토록 규정

2. K-factor 산출 및 적용

- (1) 환산식(변압기 2차측 고조파 전류 측정후 수식에 대입)

$$K\text{-factor} = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} (h^2 \cdot I_h^2)}{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2}$$

h : 고조파 차수

I_h : 제 h차 고조파 전류

- (2) 부하특성에 따른 대략 적용치

부하구분 K-factor	비선형		선형	부하특성
	1 φ	3 φ		
1	—	—	100	순수 선형부하(일그러짐 없음)
7	—	50	50	50% 선형, 50% 3상 비선형부하
13	—	100	—	100% 3상 비선형 부하
20	50	50	—	50% 단상, 50% 3상 비선형부하
30	100	—	—	100% 단상 비선형 부하

3. K-factor 적용 변압기

- 권선을 연속적으로 연가함(Y권선을 지그재그 결선하여 고조파 상쇄
- Delta 권선에 대해 권선 굵기를 표준 변압기보다 굵게 해서 제 3고조파가 Delta 권선을 순환하더라도 권선이 과열되지 않도록 함
- Y권선에 대해서는 제 3고조파가 흘러 중성점 접속부가 과열될 수 있으므로 중성점 접속부의 굵기를 상권선의 30% 이상 설계함

문1-8)전기방식중 희생양극법에 대하여 설명하시오

해설)

1.전기방식이란

이종금속간 방식전류를 흘려 부식을 방지

1) 원리 : 음극과 양극의 전위차 → 전류흐름 → 전위평형(동전위) → 부식정지

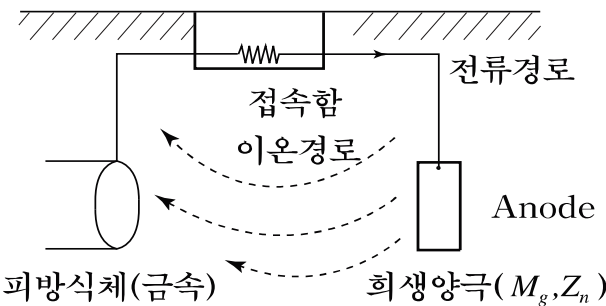
2)전기방식법에는 (1) 희생 양극법 (2) 외부 전원법 (3)배류법 등이 있음

2.희생양극법

1)원리

이종금속간 전위차로 방식전류 발생 (이온화 경향이 큰 금속을 양극으로 사용)

2)구성도



3)특징

장 점	단 점
· 간편하고 유지보수 불필요	· 효과범위 작음
· 타 시설물에 간섭 적음	· 양극소모 크다.(양극 보충 필요)
· 과방식 염려 없음	· 전류조절 곤란

4)적용

단거리, 소규모 구조물

문1-9) 교류회로에서 전선을 병렬로 사용하는 경우 포설방법에 대하여 설명하시오.

해설)

1. 개요

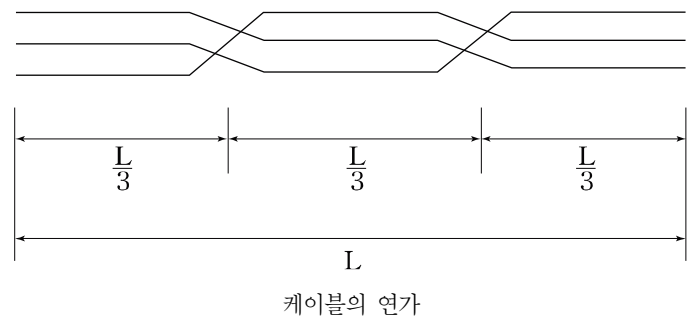
케이블 시설에 있어서 전선을 병렬로 사용하는 경우 전선 상호간의 인덕턴스, 자체 선로정수의 변화 등의 영향으로 선로에 불평형이 발생하므로 전류를 평형시키는 배치를 해야 한다.

2. 전선을 병렬로 포설하는 방법

- (1) 동일 굵기의 케이블 사용
- (2) 동일 종류의 케이블 사용
- (3) 동일한 길이
- (4) 선로정수가 평형이 되도록 케이블 포설

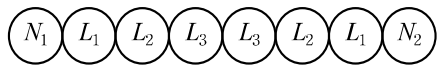
① 연가

선로의 전 구간을 3등분하여 각 선로를 일주시킨 것

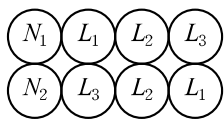


② 동상 다수조 케이블의 불평형이 없는 대표적인 배치 예(KSCIEC 60364-5-52)

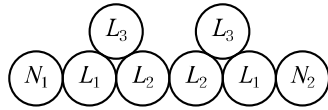
㉠ 6병렬 단심 케이블의 수평배치



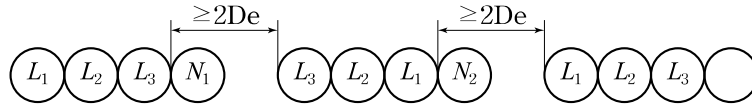
㉡ 6병렬 단심 케이블의 상위배치



㉢ 6병렬 단심 케이블의 삼각배치

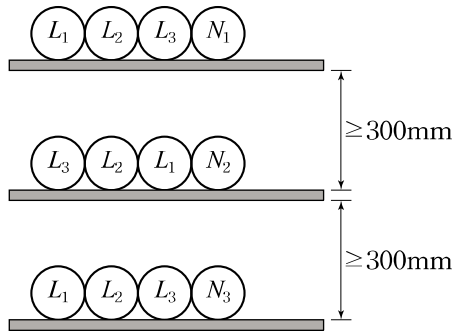


㉞ 9병렬 단심 케이블의 수평배치

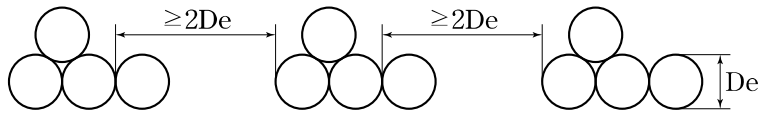


De : 케이블 바깥지름

㉟ 9병렬 단심 케이블의 상위배치



㊱ 9병렬 단심 케이블의 삼각배치

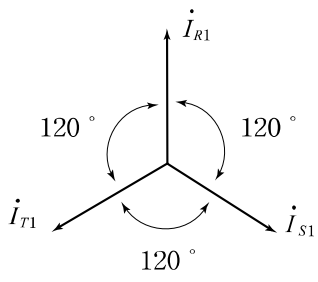
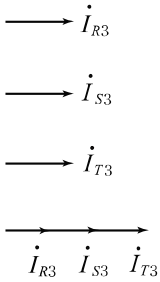


문1-11) 3고조파 전류가 영상전류가 되는 이유에 대하여 설명하시오.

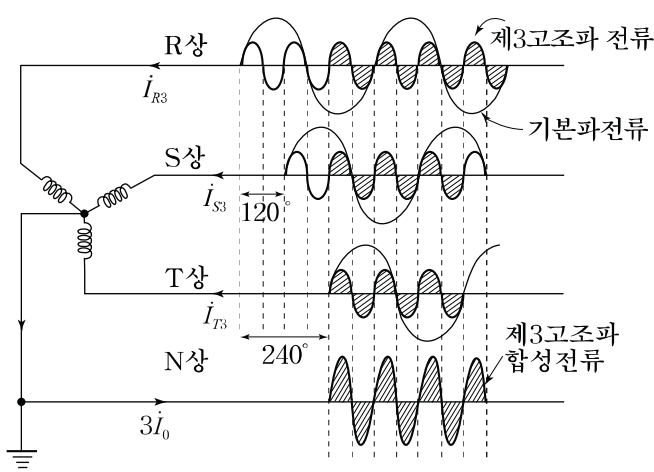
해설)

1.3고조파 전류가 영상전류가 되는 이유

1) 기본파와 영상 고조파(3고조파)관계

구분	Vector도	중성선전류 계산식
기본파 (3상평형분)		$\begin{aligned} \dot{I}_{R1} + \dot{I}_{S1} + \dot{I}_{T1} &= I_{m1} \sin \omega t + I_{m1} \sin(\omega t - 120^\circ) \\ &\quad + I_{m1} \sin(\omega t - 240^\circ) \\ &= 0 \end{aligned}$
3고조파 (영상분)		$\begin{aligned} \dot{I}_{R3} + \dot{I}_{S3} + \dot{I}_{T3} &= I_{m3} \sin 3\omega t + I_{m3} \sin 3(\omega t - 120^\circ) \\ &\quad + I_{m3} \sin 3(\omega t - 240^\circ) \\ &= 3I_{m3} \cdot \sin 3\omega t \\ &= I_{m1} \sin 3\omega t \\ &\quad \left(\text{여기서 } I_{m3} = \frac{1}{3} I_{m1} \right) \end{aligned}$

2) 제 3고조파 전류 중첩의 원리



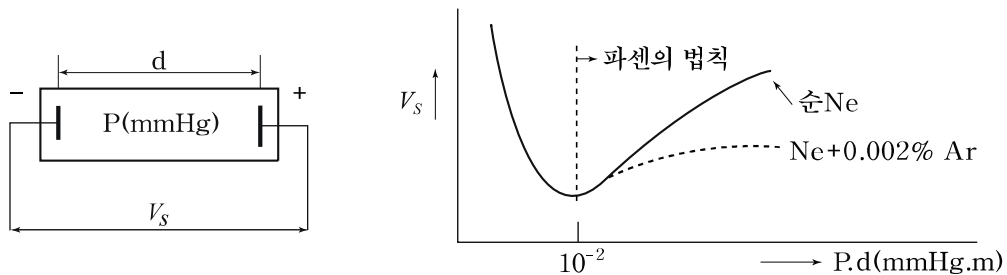
중성선에 흐르는 3고조파전류 합성값은 기본파 전류의 크기(I_{m1})와 같고 3배의 주파수 ($\frac{1}{3}$ 배의 주기)를 갖는다.

문1-13) 파센의법칙과 페닝효과에 대하여 설명하시오.

해설)

1. 파센의 법칙(Paschen's Law)

- 1) 방전 개시전압(또는 기동전압) V_s 는 전극간 거리(d)와 방전관 내부기압(P)에 비례한다는 법칙(II영역)



$$2) \text{ 관계식 } V_s = \frac{B \cdot P \cdot d}{\ln \left[\frac{A P d}{\ln \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right)} \right]} = k \cdot P \cdot d$$

$$\begin{cases} A, B : \text{기체상수} \\ \gamma : \text{양이온에 의한 2차 전자 방출 수} \end{cases}$$

- 3) 일정 전극재료와 기체의 조합에 대해 γ 는 일정하므로 방전개시전압은 $P \cdot d$ 만의 함수로 나타낼 수 있다.

2. 페닝효과(Penning Effect)

- 1) Ne, Hg 등 불활성 기체에 극히 미량의 Ar을 넣은 혼합기체의 방전 개시전압은 원기체에 비해 심히 낮아져 기동이 용이하게 되는 현상
- 2) 이것은 네온의 준안정 상태의 여기전압이 아르곤의 전리전압보다 약간 높아서 준안정 상태의 네온원자가 소량의 아르곤 원자를 효율 좋게 전리시키거나 또한 이미 전리된 아르곤 기체의 전자들이 준안정상태에(10^{-2}sec 동안) 머물고 있는 네온기체를 가격하여 쉽게 전리시키기 때문
→ 비탄성 충돌(2중 충돌현상)에 의한 전리작용

문2-2) 변류기의 과전류정수와 과전류강도에 대하여 설명하시오.

해설)

I. 개요

1. 변류기(CT : Current Transformer)란 대전류를 소전류로 변성하여 계기, 계전기에 공급하는 기기로써 특성을 고려하여 적정하게 선정 되어야 함

4. 정격 과전류 강도

(1) 정의

CT 1차에 고장전류가 흐를 때 정격전압, 정격 주파수하에서 열적, 기계적 손상 없이 1초 간 흘릴 수 있는 최대 전류 한도로서 정격 1차 전류의 몇 배까지 견딜 수 있는가를 정한 것

(2) 표준

40, 75, 150, 300 (300이상은 별도 주문)

(3) 열적 과전류 강도

① 권선의 온도 상승으로 인한 용단에 견디는 강도

② $S_n = S\sqrt{t} \text{ (kA)}$ $\left\{ \begin{array}{l} S: \text{통전시간 } t\text{초에 대한 열적 과전류 강도} \\ S_n: \text{정격 과전류 강도(kA)} \end{array} \right.$

(4) 기계적 과전류 강도

① 단락시 전자력에 의한 권선의 변형에 견디는 강도

② 열적 과전류의 2.5배에 해당하는 초기 최대순시치의 과전류에 견딜 것

③ CT 기계적 과전류 강도 $\geq \frac{\text{단락 전류}}{\text{CT정격 1차 전류}}$

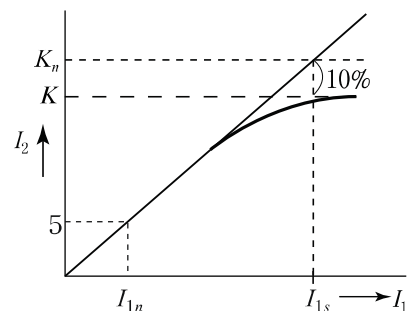
5. 비오차

(1) 실제 변류비와 공칭 변류비가 얼마만큼 다른가의 정도를 나타냄

(2) $\varepsilon = \frac{K_n - K}{K} \times 100(\%)$

K_n : 공칭 변류비

K : 실제 변류비



6. 정격 과전류 정수

(1) 정의 : 정격부담(Pf 0.8lag), 정격 주파수에서 변성비 오차가 -10%한도내의 1차 전류값 과 정격 1차 전류의 比

(2) 표준 : $n > 5, 10, 20$

(3) 과전류 정수 $\times$ 부담 $\simeq$ 일정

$$\textcircled{1} \quad n' = n \times \frac{\text{정격 부담(내부 손실 포함)}}{\text{사용 부담(내부 손실 포함)}}$$

VA	정격부담	사용부담		
	40VA	25VA	15VA	10VA
과전류 정수	$n > 10$	$n' > 15$	$n' > 20$	$n' > 25$

② 정격 부담에 대해 사용부담이 커질수록 과전류 특성이 나빠져 계기 오차증가

③ 과전류 정수를 크게 하는 방법 : CT의 철심 단면적 및 권선수 증가

V. 결론

과전류 정수 값이 크면 사고시 대전류 영역에서 계전기 동작의 신뢰성은 향상되나 계기 소손이 우려되고 그 값이 작으면 계기 보호 측면에선 유리하나 계전기 오부동작 원인을 초래하므로 정격선정시 이를 고려해야한다

문 2-3) 전력용 콘덴서의 내부고장보호방식에 대하여 설명하시오.

해설)

I. 개요

1. 전력용 콘덴서 사용목적

전력계통의 전압조정, 역률개선, 배전선 손실경감, 송전용량 증대 등

2. 전력용 콘덴서 보호방식

(1) 계통 이상시 콘덴서 보호

(2) 단락, 지락 사고보호

(3) 내부소자 사고보호

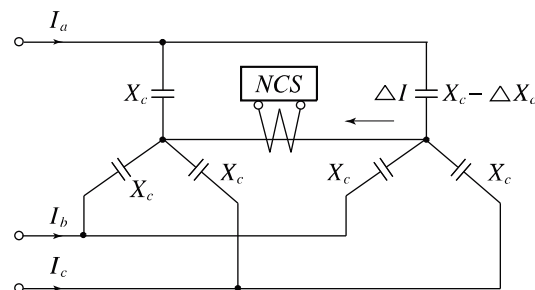
3. 관련근거 : 판단기준 제 49조(조상설비의 보호장치)

설비종별	뱅크용량 구분	자동적으로 전로 차단장치
전력용 커패시터 및 분로리액터	500kVA 초과 15,000kVA 미만	내부고장 또는 과전류
	15,000kVA 이상	내부고장, 과전류, 과전압

II. 전력용 콘덴서 내부 고장보호방식

(1) 중성점간 전류 검출방식(NCS : Neutral Current Sensing)

① Y결선된 콘덴서 2조로 하여 고장시 중성점간 흐르는 전류 검출



$$\Delta I = \frac{1.5K}{6-5K} \cdot I_a$$

$$K = \frac{\Delta X_c}{X_c}$$

$$\begin{cases} I_a : \text{정격전류} \\ \Delta X_c : \text{변화분 리액턴스} \end{cases}$$

② 특징 : 검출이 빠르고 동작 확실

고조파 영향이나 오동작 없음

(2) 중성점 전압 검출방식(NVS : Neutral Voltage Sensing)

① 단상 콘덴서 3대 Y결선, 6.6~3.3kV 계통에 주로 사용

② 직렬소자 고장시 중성점간 전압 $\Rightarrow V_n = \frac{V_P}{3P(S-1)+1}$

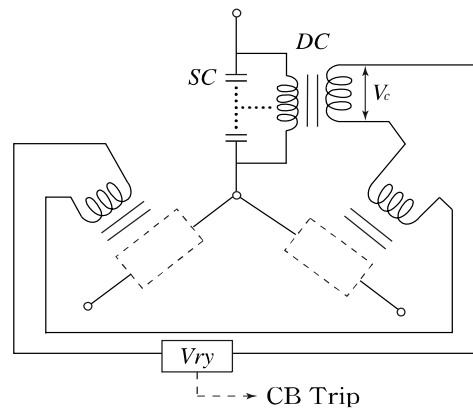
$$\left\{ \begin{array}{l} P : \text{SC병렬 회로수} \\ S : \text{SC직렬 회로수} \\ V_P : \text{상전압} \end{array} \right.$$

③ Single star와 Double star 방식이 있음

구분	Single-star	Double-star
구성		
검출 방법	단일 Y결선에 보조저항 설치 중성점 불평형 전압 검출	콘덴서 2조 병렬 Y결선 1대 고장시 중성점 불평형 전압검출

(3) Open-Delta 방식

- ① 방전 Coil의 2차측을 open-△결선, 사고시 V_{ry} 에 이상전압 검출
(단점 : 계전기 동작시 고장 발생한 상(Phase)을 찾아야하는 불편)



- ②
$$V_{ry} = \frac{3V_c}{3P(S-1)+1}$$

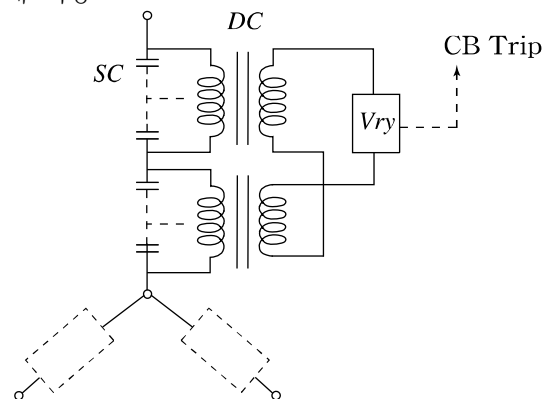
 V_c : 방전 coil 2차전압
 P : SC병렬 회로수
 S : SC직렬 회로수

③ 일반적으로 22.9kV 계통의 소용량 설비에 적용

(4) 전압 차동방식

- ① open-△ 방식과 동일한 검출방식이나
절연처리의 이점으로 22.9kV~6.6kV의
대용량 설비에 적용
 ② 내부소자(직렬)수 多
 → 1개만 고장나도 검출 가능

- ③
$$V_{ry} = \frac{3V_c}{3P(S-1)+2}$$



(5) Arm switch 방식

콘덴서 외함의 팽창 변위 검출(마이크로 스위치 동작), 고장 판별하는 방식

(6) Lead-cut 방식

콘덴서 절연파괴시 내부압력 상승, 외함 변형을 일으켜 보호 장치 동작

문 2-6) 3상 유도전동기가 4극, 50HZ, 10HP으로 전부하에서 1450rpm으로 운전하고 있을 때 고정자 동손은 231W, 회전자손실은 342W 이다. 다음을 구하시오.

- 1) 축토크 2) 유기된 기계적 출력 3) 공극전력 4) 회전자 동손
5) 입력전력 6) 효율

해설)

- (1) 축토크

$$P = \omega \cdot T = 2\pi n T$$

여기서, $P(W)$, $n(rps)$, $T(N \cdot m)$

$P(kW)$, $N(rpm)$, $T(kg \cdot m)$ 단위로 환산하면

$$P = \frac{NT}{974}(kW), 1Hp = 0.75kW$$

$$\therefore T = \frac{974}{N} P = \frac{974}{1450} \times 10 \times 0.75 = 5(kg \cdot m)$$

- (2) 유기된 기계적 출력

$$P_o = (1 - S)P_2 \quad N_s = \frac{120}{P} f = \frac{120}{4} \times 50 = 1500(rpm)$$

$$P_2(\text{회전자입력}) = \text{고정자입력} - \text{회전손실} = 10 \times 0.75 - 0.343 = 7.157(kW)$$

$$\text{슬립 } S = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1500 - 1450}{1500} = 0.03$$

$$\therefore P_o = (1 - 0.03) \times 7.157 = 6.94(kW)$$

- (3) 공극전력 : 회전자 입력 $\therefore P_2 = 7.157kW$

- (4) 회전자 동손

$$P_{c2} = (1 - S)P_c = (1 - 0.03) \times (0.231) = 0.224(kW)$$

- (5) 입력전력 : $P_o + \text{전손실} = 6.94 + 0.231 + 0.343 = 7.514(kW)$

$$(6) \text{효율} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 = \frac{6.94}{7.514} \times 100 = 92.36(\%)$$

3-1) 케이블에서 충전전류 발생원인,영향(문제점) 및 대책에 대하여 설명하시오.

I. 개요

1. 계통의 1선 지락시 건전상 이상전압 상승은 계통의 유효접지 전류와 충전전류의 관계에 의해 좌우됨
2. Cable 충전전류는 가공 배전선로의 나동선에 비해 약 30배정도 크기로
 개략 3kV Cable의 경우 0.6~1.5A/km
 6kV Cable의 경우 0.9~2.0A/km 정도임

II. Cable 충전전류 발생원인

1. 1선지락시 1선과 대지간 대지전압(상전압)에 의해 대지정전용량을 통해 건전상에 역방향의 충전전류가 발생함
2. 충전전류 크기

$$I_c = j3\omega CE_a = j\omega C_0 E_a = j\omega C_0 \times \frac{V}{\sqrt{3}} \times 10^{-6} (A/km)$$

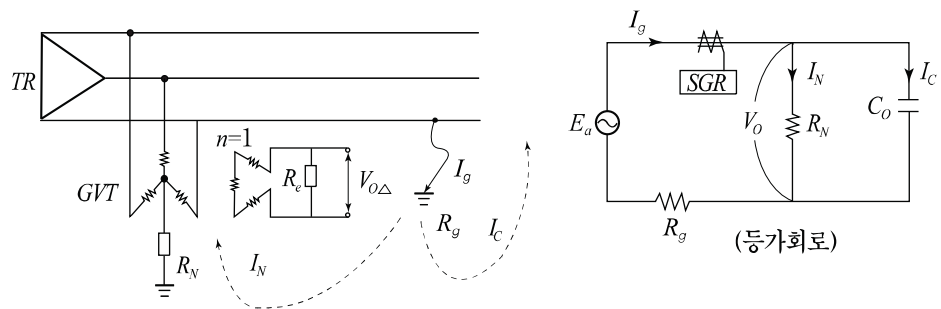
여기서 C , C_0 : 1심, 3심 일괄 대지정전용량($\mu F/km$), $C_0 = 3C$

E_a : 상전압(V)

V : 선간전압(V)

III. Cable 충전전류에 따른 문제점 및 대책(비유효 접지계통)

1. 접지 계전기 오동작
 (1) 현상



- ① 1선 지락시 건전 Feeder의 접지 계전기에 역방향으로 충전전류가 흐르고 이것이 계전기 동작값 이상이면 오동작 발생
- ② 1선 지락전류의 대지 충전전류와 유효 접지전류의 비에 따라 결정

$$\textcircled{3} \text{ 지락전류 } I_g(3I_0) = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g}$$

$$Z_1 = Z_2 \ll Z_0 \text{ 이고 완전지락시 } (R_g = 0)$$

$$Z_0 = \frac{1}{\frac{1}{3R_N} + j\omega C} \text{ 에서 } I_g \simeq \frac{3E_a}{Z_0} = \frac{E_a}{R_N} + j3\omega CE_a = I_N + jI_c$$

$$\text{즉, 완전지락시 } I_g = \sqrt{I_N^2 + I_c^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{I_c}{I_N} = \tan^{-1} \omega C_0 R_N$$

(2) 대책

- ① 방향성 접지계전기 사용
- ② CLR 설치 : 유효지락전류 발생

2. 건전상 대지전위 상승

$$(1) \text{ 1선지락시 } V_b = \frac{Z_0(a^2 - 1) + Z_2(a^2 - a)}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \times E_a$$

$$V_c = \frac{Z_0(a - 1) + Z_2(a - a^2)}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \times E_a$$

$$Z_0 \gg Z_1, Z_2 \text{ 라면 } V_b \simeq (a^2 - 1)E_a, V_c \simeq (a - 1)E_a$$

$$\therefore |V_b| = |V_c| = \sqrt{3}E_a$$

따라서 1선지락시 $Z_0 \gg Z_1, Z_2$ 이면 건전상 대지전압은 정상 대지전압의 $\sqrt{3}$ 배,
즉 선간전압까지 상승함

(2) 대책 : 적정 유효전류(I_N)결정

비접지방식	고저항 접지방식	저저항 접지방식
0.2~0.5A	10A	100A

3. 지락 전압계전기 검출감도 저하

(1) GVT 2차 영상전압 크기

$$\text{등가회로에서 } \dot{E} = R_g \dot{I}_g + R_N \dot{I}_N = R_g(\dot{I}_N + \dot{I}_c) + R_N \dot{I}_N$$

$$\therefore \dot{I}_N = \frac{\dot{E} - R_g \cdot \dot{I}_c}{R_N + R_g}$$

$$\dot{V}_{0\Delta} = \frac{nR_e}{3} \times \dot{I}_N = \frac{3R_N}{n} \times \frac{\dot{E} - R_g \cdot \dot{I}_c}{R_N + R_g}$$

$$(\text{여기서 } R_e = \frac{9}{n^2} R_N)$$

- (2) GVT 2차 영상전압 저하 $\rightarrow$ 계전기 검출감도저하
 - ① 지락점 저항 R_g , 충전전류 I_c 가 클수록 저하
 - ② 계통 접지저항 R_N 이 작을수록(GVT 설치개소가 많을수록)저하
- (3) 대책
 - ① GVT 설치개소를 줄인 것
 - ② 계전기 정정치 변경
 - ③ 3차 출력전압(V_0)증폭
 - ④ 케이블 길이 짧은 저전압계통에 적용

V. 결론

가공배선이 많았던 종래에는 충전전류도 작아 비접지 방식이 별 문제가 되지 않았으나 근래에는 Cable 배선이 주류를 이루게 되어 계통 계획 시 반드시 충전전류를 고려한 신중한 검토가 필요하다.

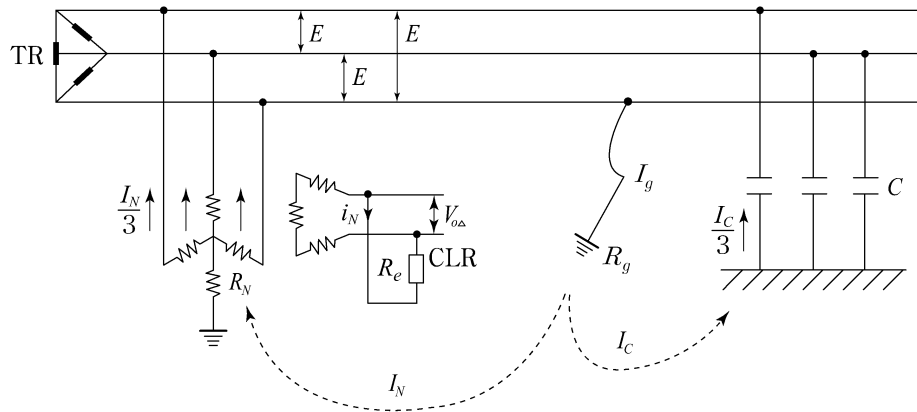
문 3-2) 접지형 계기용변압기(GVT)사용시 고려사항에 대하여 설명하고, 설치개수와 영상전압과의 관계에 대해서도 설명하시오.

답)

I. 개요

비접지 계통은 지락 사고시 사고 전류가 매우 작아 검출이 곤란하므로 GVT 및 CLR을 이용, 보호계전기 동작에 필요한 영상전압과 유효전류를 얻는다.

II. GVT 접지 계통 구성



E : 상전압

C : 1상 대지 정전용량

n : GVT 변압비

R_e : GVT 2차측 제한 저항

R_N : R_e 의 1차 환산 등가 NGR 값

R_g : 지락저항, I_g : 지락전류

I_N : GVT 1차 영상전류

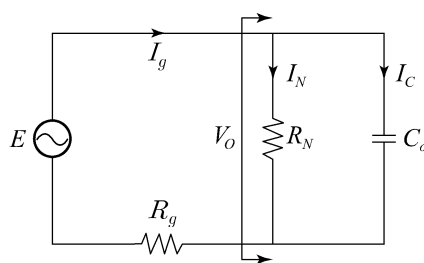
I_C : 3상 일괄 대지 충전전류

$V_{o\Delta}$: GVT 2차 영상 출력 전압

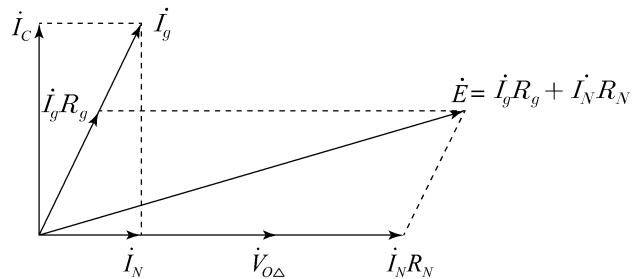
V_o : GVT 1차 영상 전압

IV. 지락전류와 영상전압

1. 등가회로 및 Vector도



등가회로도



Vector도

4. 지락저항과 충전전류가 영상전압에 미치는 영향

- (1) 지락점 저항 R_g 가 클수록 지락시 GVT 2차측에 나타나는 영상전압은 작다.
- (2) 충전전류 I_C 가 클수록 지락시 GVT 2차측에 나타나는 영상전압은 작다.
- (3) 계통의 접지저항 R_N 이 작을수록(즉, GVT 설치개소가 많으면 병렬 임피던스가 되어 값이 작아지므로) GVT 2차측 영상전압은 작다.

3. 영상전압 계산

(1) 1차 영상전압

$$\begin{aligned}\dot{V}_o &= \dot{E} \times \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_N} + j3\omega C}}{R_g + \frac{1}{\frac{1}{R_N} + j3\omega C}} \Rightarrow \text{양변에 } (\frac{1}{R_N} + j3\omega C) \text{를 곱하면} \\ &= \dot{E} \times \frac{1}{R_g(\frac{1}{R_N} + j3\omega C) + 1} = \frac{\dot{E}}{(1 + \frac{R_g}{R_N}) + j(\frac{I_C}{E} \cdot R_g)}\end{aligned}$$

(2) 2차 영상전압

$$\begin{aligned}\text{등가회로에서 } \begin{cases} \dot{E} = R_g \cdot \dot{I}_g + R_N \dot{I}_N = R_g(\dot{I}_N + \dot{I}_C) + R_N \cdot \dot{I}_N \\ \therefore \dot{I}_N = \frac{\dot{E} - R_g \cdot \dot{I}_C}{R_N + R_g} \end{cases} \\ \therefore \dot{V}_{o\Delta} = \frac{nR_e}{3} \times \dot{I}_N = \frac{3R_N}{n} \times \frac{\dot{E} - R_g \dot{I}_C}{R_N + R_g}\end{aligned}$$

V. 결론

1. CLR은 SGR 동작에 필요한 유효전류 발생과 동시에 안정된 영상전압 검출을 위해 필요하다.
2. 상기식으로부터 충전용량이 큰 계통이나 GVT 설치 개소가 많은 계통은 지락전압 계전기의 검출 감도가 저하하므로 주의가 필요하다.

문 3-5) 최근 지진으로 인한 사회 전반적으로 예방대책이 요구되는 시점에서
전기설비의 내진대책에 대하여 설명하시오.

해설)

I. 개요

1. 최근 전세계적으로 지진에 대한 피해가 매우 심각하며 한반도 역시 지진 안전지대가 아닌
바 이에 대한 대책이 요구됨
2. 내진설계의 목적
 - (1) 인명의 안전
 - (2) 재산의 보호
 - (3) 설비 기능유지

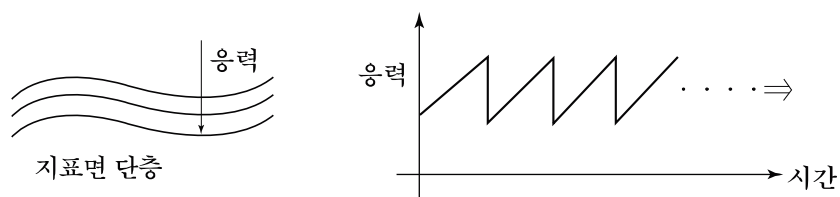
II. 관련근거

1. 건축법 제38조, 영32조 2항
 - (1) 3층이상, 연면적 1,000m² 이상 건축물(창고, 축사 제외)
 - (2) 국가적 문화유산
 - (3) 기타 정부지정 건축물
2. 전기설비 기술기준 제21조 5항
3. 건축전기 설비 설계기준(내진시공지침)

III. 지진 발생학설

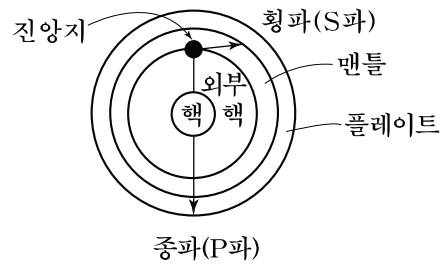
1. 탄성 반발론

지각속에 축적된 탄성에너지가 어느 지표면 단층에 가해져 지각이 파괴되면서 진동 전파



2. 판구조론

맨틀의 이동으로 지표면의 플레이트가 움직이는 것



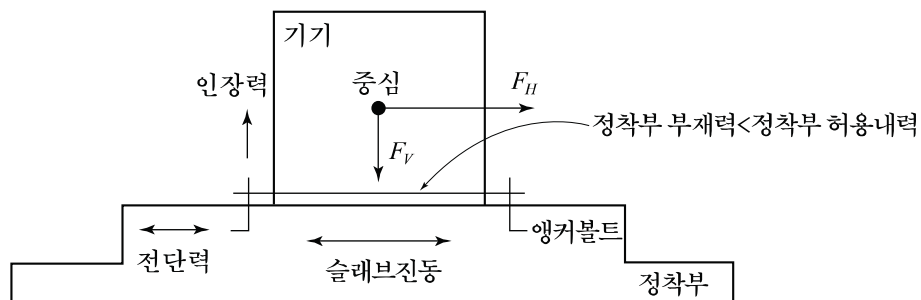
(1) 실제파 : 지구 같은 곳에서 표면으로 나오는 진동

- { P파(중파) : 지구내부 통과
- { S파(횡파) : 맨틀까지만 도착

(2) 표면파 : 지표면에 전해지는 진동(LP파, LQ파)

IV. 내진 설계시 고려사항

1. 내진설계 개념



2. 지진 위험도 평가

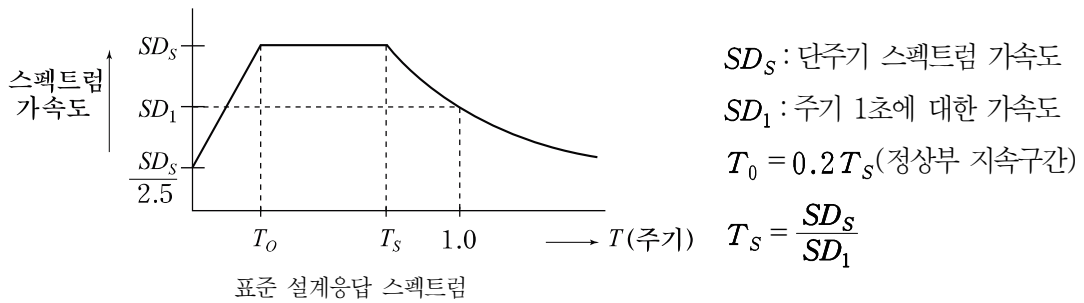
(1) 지역계수

지진지역	행정구역	지역계수
1	지진지역 2를 제외한 장소	0.11(설계기준)
2	강원북부, 전남 남서부, 제주도	0.07

(2) 지반등급

지반종류에 따라 $S_A \sim S_E$ 5종으로 구분

(3) 지진 응답 예측



지진지역, 지반종류에 따라 가속도 계수 결정

3. 설계하중 계산

(1) 수평설계 지진력 $F_H = F_P$ (단, $F_P = \text{가속도 계수} \times \text{기기중량}$)

(2) 수직설계 지진력 $F_V = \frac{1}{2} F_H$

(3) 가속도 계수 $\alpha = \frac{F_H}{W_P(\text{기기중량})}$

(4) 내진등급 선정

① 건축 전기설비의 내진등급

등급	S	A	B
할증계수	2.0	1.5	1.0
선정기준	건축물 기능유지 및 안전확보상 중요 설비	손상시 2차 피해가 우려되는 설비	피해정도가 작고 복구, 보수가 간단한 설비
대상	비상 발전기, E/V, 간선 등	변압기, 배전반	조명, 콘센트

② 전기배관의 내진 지지재 종류 및 설치 방법

㉠ 내진 지지재 종류

- S_A 종 : 지지부재에 작용하는 인장, 압축, 휨모멘트에 저항 할 수 있는 부재
- A 종 : S_A 종과 동일한 부재력을 받는 지지부재로 구성
- B 종 : 행거와 진동 방지용 부재로 구성

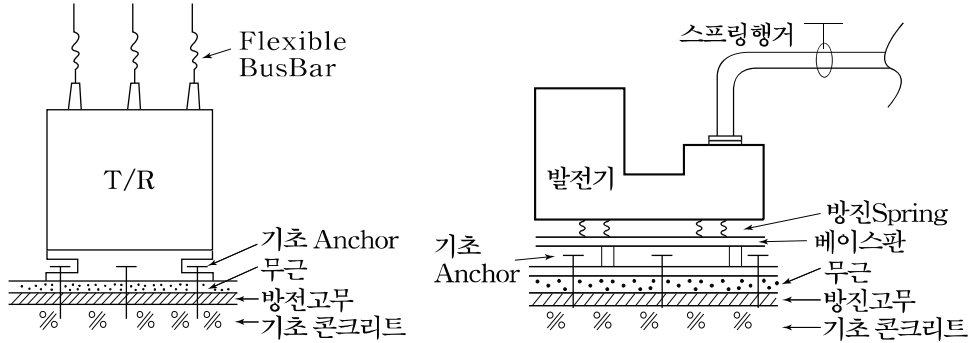
㉡ 설치방법

설치장소 \ 내진등급	S급	A, B급
상층, 옥상, 옥탑	약 12m 마다 1개소 S_A 종 설치	약 12m마다 1개소 A, B 종 설치
중간, 1층, 지하층	약 12m 마다 1개소 A, B 종 설치	일상적인 시공방법에 따름

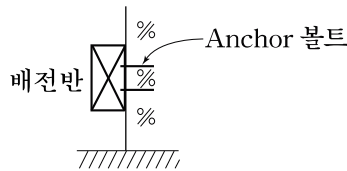
V. 전기설비 내진시공 대책

1. 수변전 설비

- (1) 변압기 : 기초 Anchor 보강, 접속부 가요성 부여, 방진시공
- (2) 발전기 : 기초위 방진시공, 연료 및 냉각수 배관은 가요관 사용, 배기관 스프링행거 고정



- (3) 배전반, SWGR : 부재의 강성을 높이고 기초 보강



- (4) 옥외배자 : 동적하중에 견디고 고강도형 사용
- (5) GIS : 기초부는 정적 설계, Bushing은 동적 내진설계

2. 축전지 설비

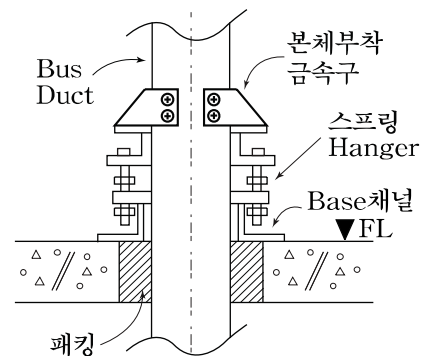
- (1) Angle Frame은 관통볼트 or 용접방식
- (2) 축전지 인출선은 가요성 배선

3. Bus Duct

- (1) Rigid/Spring Hanger와 Flex-Joint 조합 시공
- (2) BusDuct 고유 진동 주기

$$T = \frac{2\pi \ell^2}{\lambda^2} \sqrt{\frac{\rho_A}{E_I \cdot g}}$$

$$\begin{cases} \rho_A : \text{중량(kg/cm)} \\ E_I : \text{휨강성(kg \cdot cm}^2\text{)} \end{cases}$$



4. 조명기구

- (1) 행거용 볼트, 낙하방지용 체인 설치
- (2) 파이프 행거, Race way 등은 볼트와 철선 이용하여 진동방지

5. Elevator

- (1) 기기전도, 변형, 레일 이탈방지
- (2) 로프나 Cable이 승강로內 돌출부에 걸리지 않도록 조치
→ Rope Guide 설치, 돌출부는 막음 경사판 시공
- (3) 지진 관제 운전장치

VI. 결론

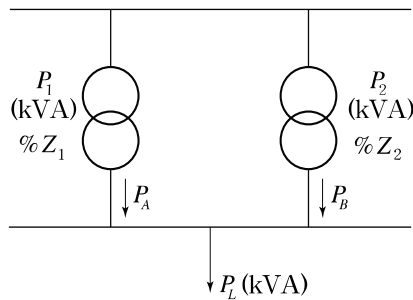
지진발생시 인명피해는 물론, 전력공급 중단 등 2차적 재해가 국가의 사회적 경제적으로 막대한 손실을 끼치는 바 전기설비의 내진 설계에 대한 관련 지침이나 기준마련 등 세부적인 제도적 정비가 시급하다.

문4-4) 저항과 누설리액턴스값이 $(0.01+j0.04)\Omega$ 인 1000KVA 단상변압기와
저항과 누설리액턴스의 값이 $(0.12+j0.036)\Omega$ 인 500KVA 단상변압기가
병렬운전한다.부하가 1500KVA일 때 각 변압기의 부하분담값을 구하시오.
(단,지상역률은 0.8이고 2차측전압은 같다고 가정한다)

해설)

1. 용량, %임피던스와 부하분담 관계

- (1) 용량이 다르면 : 자신의 용량에 비례한 부하분담
- (2) %Z가 다르면 : 자신의 %Z에 반비례한 부하분담



관계식

$$\begin{cases} P_A = \frac{\%Z_2 \cdot P_1}{\%Z_1 P_2 + \%Z_2 P_1} \times P_L = \frac{m \%Z_2}{\%Z_1 + m \%Z_2} \times P_L \\ P_B = \frac{\%Z_1 \cdot P_2}{\%Z_1 P_2 + \%Z_2 P_1} \times P_L = \frac{\%Z_1}{\%Z_1 + m \%Z_2} \times P_L \end{cases}$$

여기서, $m = \frac{P_1}{P_2}$

$$\begin{cases} P_1, P_2 : \text{각 TR정격용량} \\ P_A, P_B : \text{각 TR부하분담 용량} \\ P_L : \text{TR 총 부하분담 용량} \end{cases}$$

2. 변압기 부하분담 계산

$$P_A = \frac{\%Z_2 P_1}{\%Z_1 P_2 + \%Z_2 P_1} \times P_L$$

$$P_B = \frac{\%Z_1 P_2}{\%Z_1 P_2 + \%Z_2 P_1} \times P_L$$

$$\%Z_1 = \sqrt{0.01^2 + 0.04} = 0.04123(\%)$$

$$\%Z_2 = \sqrt{0.12^2 + 0.036^2} = 0.1253(\%)$$

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 1000KVA \\ P_2 = 500KVA \\ P_L = 1500KVA \end{array} \right\} \text{이므로}$$

$$\therefore P_A = \frac{0.1253 \times 1000}{0.04123 \times 500 + 0.1253 \times 1000} \times 1500 = \frac{125.3}{145.915} \times 1500 = 1288.1KVA$$

$$\therefore P_B = \frac{0.04123 \times 500}{145.915} \times 1500 = 211.9KVA$$

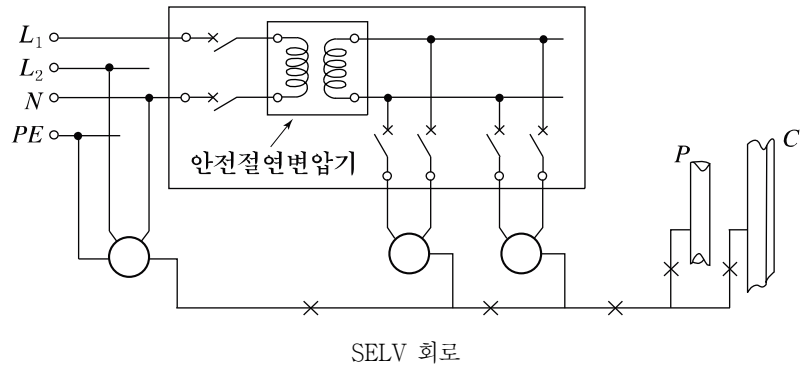
문4-5) KSC IEC 60364-4에서 정한 특별저압전원(ELV: Extra-Low Voltage)보호방식에 대하여 설명하시오.

I. 개요

1. 감전 보호방식의 종류
 - (1) 기본보호 : 정상 운전시의 감전 보호수단
 - (2) 고장보호 : 고장시 감전 보호수단
 - (3) 특별저압에 의한 보호 : 전압을 낮게 제한하여 감전보호
2. 관련규격 : KSC IEC 60364-4-41

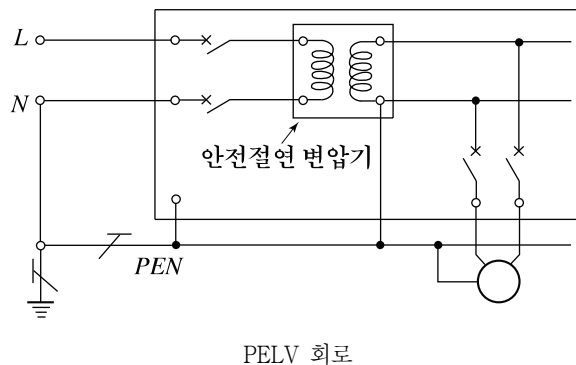
II. 특별저압에 의한 보호방식

1. 전압을 교류 50V, 직류 120V 이하로 제한하여 기본 및 고장보호 동시에 실시하는 방법
→ SELV, PELV, FELV 등이 있음
2. SELV, PELV 시스템
 - (1) 전원공급
 - ① 안전절연변압기, 또는 이와 동등하게 절연된 전동발전기
→ 가반형(이동식)전원은 Class II 기기(2중 절연의 것) 사용
 - ② 축전지 또는 디젤 발전기
 - ③ 전자장치에서 내부 고장시 출력 단자전압이 50V 이하 유지
 - (2) 회로
 - ① 회로 충전부는 상호간, 또는 다른 회로로부터 안전 절연변압기의 입력회로와 출력회로 간의 절연과 동등이상의 성능의 것으로 전기적으로 분리
 - ② 회로도체는 모든 다른 회로의 도체와 물리적으로 분리
 - 분리할 수 없는 경우의 조치
 - ㉠ 각 회로도체는 기초절연과 비금속외장이 있어야 함
 - ㉡ 전압이 다른 회로의 도체는 접지된 금속제 실드 또는 접지된 금속외장이 있어야 한다.
 - ㉢ 전압이 다른 회로를 다심케이블 속에 개별 또는 조합해서 시설할 경우 전압이 다른 회로의 최대전압에 견디는 절연
 - ③ 플러그 및 콘센트
 - ㉠ 사용하는 플러그는 다른 전압회로의 콘센트에 삽입되지 않을 것
 - ㉡ 콘센트에는 보호도체 접촉자가 없고, 다른 전압회로의 플러그가 삽입되지 않을 것
 - (3) SELV시스템 설계조건
 - ① 충전부는 대지 또는 다른 회로의 충전부 또는 보호도체에 접촉하지 않음
 - ② 노출 도전성 부분은 대지, 다른 회로의 보호도체 또는 노출 도전성 부분에 접촉하지 않을 것(계통의 도전성 부분의 전압이 50V 이하시 제외)
 - ③ SELV회로 공칭전압이 교류 25V, 직류 60V 초과시 기본보호 실시
 - ㉠ 보호등급 IPXXB 이상의 격벽 또는 외함에 의한 보호
 - ㉡ 교류 500V(실효값) 1분간 내압시험에 견딜 수 있는 절연



(4) PELV 시스템 설계조건

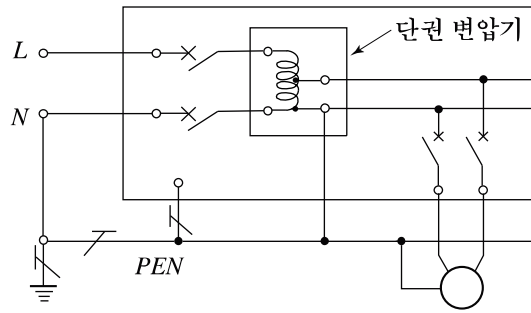
- ① 회로가 접지되어 있고 ELV가 필요한 경우의 시설로써 기본보호 실시
 - ㉠ 보호등급 IPXXB 이상의 격벽 또는 외함에 의한 보호
 - ㉡ 교류 500V, 1분간 내압시험에 견딜수 있는 절연
- ② 보호접지와 보호본당을 실시하고 PELV 공칭전압이 다음값을 초과 않을시 기본보호는 필요 없다.
 - ㉠ 건조한 장소에 사용하고 접촉 우려가 없는 경우 AC 25V, DC 60V(리플프리)
 - ㉡ 기타 교류 6V, 직류 15V(리플프리)



3. FELV시스템에 의한 보호

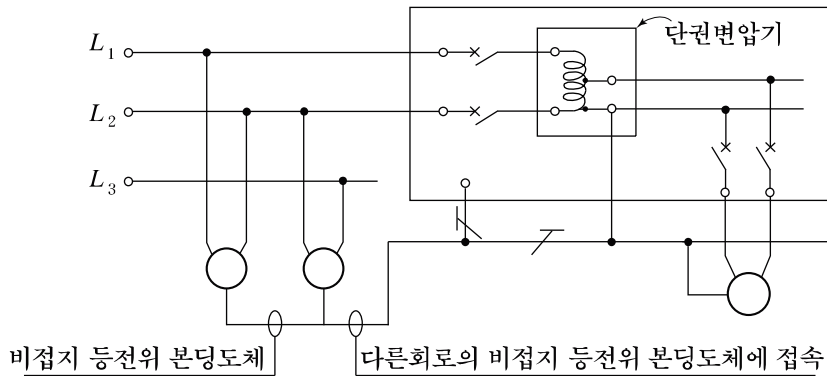
- (1) 기능적인 이유로 전압이 AC 50V 이하(DC120V 이하)의 회로에서 적절한 보조수단을 이용하여 기본 및 고장보호를 추가하는 방식

→ 회로전원은 단권변압기 사용
- (2) FELV 기본보호
 - ① 격벽 또는 외함에 의한 보호
 - ② 1차측 회로에 요구되는 내압시험에 견디는 절연
- (3) FELV 고장보호
 - ① 1차측 회로에 전원의 자동차단에 의한 보호 적용시 1차측 회로의 보호도체에 FELV 회로의 기기 노출 도전성 부분(충전용 도체포함)을 접속



FELV 회로1

② 1차측 회로에 전기적 분리에 의한 보호 적용시 1차측 회로의 비접지 등전위 본딩 도체에 FELV회로의 기기 노출 도전성 부분을 접속



FELV 회로2

(4) FELV회로의 콘센트와 플러그

- ① 플러그는 다른 전압 회로의 콘센트에 삽입할 수 없다.
- ② 콘센트에는 다른 전압 회로의 플러그가 삽입될 수 없다.

4. SELV, PELV, FELV 비교

항목	전원	회로	대지와의 관계		적용
SELV	안전 절연변압기	구조적 분리	비접지회로		감전보호 설비
PELV	또는 이와 동등전원		접지회로 허용		
FELV	안전전원이 아님 (단권변압기)	구조적 분리 없음	전원 자동차단에 의한 보호	접지회로 허용	기능상 전압제한 설비
			전기적 분리에 의한 보호	비접지 등전위 본딩	