

제 116회 필기시험 문제풀이

# 건축전기설비기술사

교수: 황모아



소방전기교육전문학원

**모아전기학원**

[www.moate.co.kr](http://www.moate.co.kr)

대표 (02) 2068-2851 FAX. (02) 2068-2881



## 모아전기학원

A strong electrical professor

금번 건축전기설비기술사 문제풀이를 도와준 모아전기학원의 하용일·모성은 기술사님과 모아학원에 전기교수팀 이진만, 이승주, 서베드로, 박정호, 김미진, 이대승, 임민혁 교수진들에게 진심으로 수고와 고생의 마음을 전달합니다.

본 도서는 수험생들의 공부에 도움을 주고자 본 학원에서 제작한 문제풀이 도서입니다. 오타와 틀린 내용이 있더라도 넓은 아량으로 봐 주시기 바랍니다.

황모아 원장 / 기술사



»모아는 Challenge다«

전기분야의 Legend, 모아전기학원

# 제 116회 건축전기설비기술사

[문제풀이집]

교수: 황모아

## Legend 모아전기학원의 자랑!

모아전기학원 2012~2018년

전체수강생의 1/7을 합격시킨, 진정한 Legend!

“실제 수강생 대비 합격률 대한민국 1위”

강의만족도 90%, 강의 평균 재수강률 80%

“7년간의 검증” 모방이 불가능한 커리큘럼”

열정적으로 2018년을 준비합니다.

## Legend 모아전기학원의 최강의 강사진!

황모아 원장 “건축전기 특강반과 기본반, 전기안전 특강반”

하용일 교수 “섬세한 발송배전 기본튼튼 강의”

오부영 교수 “최단기 합격비법 전기안전·전기응용반 강의”



MOA Technical Education

전기 교육전문학원

# 모아전기학원

02) 2068-2851

## » 모아전기학원 전기기술사반의 Strength!

### 첫 번째: 대한민국 최고의 강사진!

- ▷ 최고 전문성을 갖춘 검증된 소방기술사 교수진 5명 강의 중

### 두 번째: 충분한 공부시간 확보!

- ▷ 정규반/심화반 수업(상/하 총 88~110시간 확보)
- ▷ 별도의 스터디를 통한 학습효과 극대화

### 세 번째: Class Line-up!

- ▷ 건축전기 2개 Class, 발송배전 2개 Class, 전기안전 2개 Class, 전기응용 1개 Class 운영 중! ▷ 총 7개 Class 개강 운영 중!

### 네 번째: 동영상 무료제공!

- ▷ 동영상(PC+모바일)을 통한 공부환경의 극대화

### 다섯 번째: 스터디 룸 무료제공!

- ▷ 토요일/일요일: 정규반, 심화반 오전/오후 별도의 스터디룸 제공
- ▷ 평일 스터디룸(24시간) 무한 제공!

## 모아소방전기학원 / 전기기술사 개강일정

건축전기설비기술사 ( 왕모아 원장 )			
CLASS	개강일정 ( 10주 )		교재
건축전기의 중요핵심 "SGN 기본반"	9월 02일~11월 11일	일 (15시~20시30분)	모아건축기술사 +보충자료
연은있는 담안작성 "SBR 연구반"	9월 02일~11월 11일	일 (10시~18시)	모아건축기술사 +Sub note

발송배전기술사 ( 아용일 교수 )			
CLASS	개강일정 ( 11주 )		교재
철저한 기본주의 "토요기본반"	8월 25일~11월 10일	토 (15시~21시)	발송기본3권(송길영) 동일출발사
고정관념 제거 "심화연구반"	8월 25일~11월 10일	토 (09시~15시)	자체교재

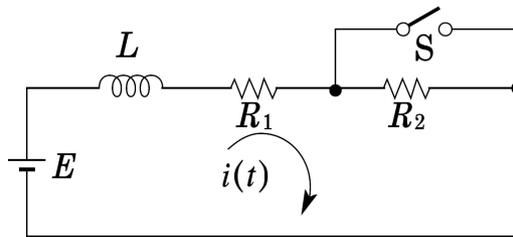
전기안전(응용)기술사 ( 오부영 교수 / 왕모아 원장 )			
CLASS	개강일정 ( 11주 )		교재
쓸 수 있는 공부 "SGN특강반"	8월 25일~11월 10일	토 (15시~20시)	모아전기안전기술사 +보충자료
마무리토론과모의고사 "SGN연구반"	8월 25일~11월 10일	토 (10시~15시)	모아전기안전기술사 +보충자료

## 제116회 건축전기설비기술사 1차 필기시험 문제 (2018년 8월 11일)

### 1 교시

※ 다음 문제 중 10문제를 선택하여 설명하시오. (각10점)

1. 피뢰기를 변압기에 가까이 설치해야 하는 이유에 대하여 설명하시오.
2. 내선규정에 의한 제2종접지선 굵기 산정기준에 대하여 설명하시오.
3. 교류자기회로 코일에 시변자속이 인가될 때 유도기전력을 설명하시오.  
(단, 자기회로는 포화와 누설이 발생하지 않는다고 가정)
4. 다음 그림에서  $t=0$ 에서 스위치 S를 닫을 때 과도전류  $i(t)$ 를 구하시오.



5. 전기설비기술기준의 판단기준 제289조(저압 옥내 직류전기설비의 접지)의 시설기준에 대하여 설명하시오.
6. 축전지의 충전방식을 초기충전과 사용 중의 충전방식으로 구분하여 설명하시오.
7. 변압기의 K-Factor에 대하여 설명하시오.
8. 전기방식 중에 희생양극법에 대하여 설명하시오.
9. 교류회로에서 전선을 병렬로 사용하는 경우 포설방법에 대하여 설명하시오.
10. 소방부하 겸용 발전기용량 산정 시 적용하는 수용률 기준에 대하여 설명하시오.
11. 3고조파 전류가 영상전류가 되는 이유에 대하여 설명하시오.
12. 변압기의 과부하 운전이 가능한 조건에 대하여 설명하시오.
13. 파셴의 법칙(Paschen's law)과 페닝효과(Penning effect)에 대하여 설명하시오.

---

## 2 교시

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 중성점 직접접지식 전로와 비접지식 전로의 지락보호를 비교하여 설명하시오.
2. 변류기(CT)의 과전류정수와 과전류강도에 대하여 설명하시오.
3. 전력용 콘덴서의 내부고장보호방식에 대하여 설명하시오.
4. 해상풍력발전의 전력계통 연계방안을 내부전력망(Array cable or Inter array), 해상변전소(Offshore substation) 및 외부전력망(Transmission cable or Export cable)으로 구분하여 설명하시오.
5. 전력시설물 공사감리업무 수행지침에 따라 물가변동으로 인한 계약금액 조정 시 계약금액 조정 방법, 지수조정율과 품목조정율의 개요 및 검토 시 구비서류에 대하여 설명하시오.
6. 3상 유도전동기가 4극, 50Hz, 10HP로 전 부하에서 1450rpm으로 운전하고 있을 때, 고정자 동손은 231W, 회전 손실은 343W 이다. 다음을 구하시오.
  - 1) 축 토크
  - 2) 유기된 기계적 출력
  - 3) 공극 전력
  - 4) 회전자 동손
  - 5) 입력 전력
  - 6) 효율

---

### 3 교시

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 케이블에서 충전전류의 발생원인, 영향(문제점) 및 대책에 대하여 설명하시오.
2. 접지형 계기용변압기(GVT) 사용 시 고려사항에 대하여 설명하고, 설치개수와 영상전압과의 관계에 대해서도 설명하시오.
3. 정부에서는 태양광발전산업을 장려하기 위하여 2018년 REC(Renewable Energy Certificate) 가중치를 개정하고, 발전차액지원제도(FIT ; Feed-In Tariff)를 한시적으로 도입하기로 결정하였다. 이에 대하여 설명하시오.
4. 분진위험장소에 시설하는 전기배선 및 개폐기, 콘센트, 전등설비 등의 시설방법에 대하여 설명하시오.
5. 최근 지진으로 인한 사회 전반적으로 예방대책이 요구되는 시점에서, 전기설비의 내진대책에 대하여 설명하시오.
6. VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)와 VVCF(Variable Voltage Constant Frequency)의 원리, 특징 및 적용되는 분야에 대하여 설명하시오.

---

## 4 교시

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 지중케이블의 고장점 추정방법에 대하여 설명하시오.
2. 골프장의 야간조명계획 시 고려사항에 대하여 설명하시오.
3. 분산형전원 배전계통 연계기술기준에 의거하여 한전계통 이상 시 분산형전원 분리시간(비정상전압, 비정상주파수)에 대하여 설명하시오.
4. 저항과 누설 리액턴스의 값이  $(0.01+j0.04)\Omega$ 인 1000 kVA 단상변압기와 저항과 누설 리액턴스의 값이  $(0.012+j0.036)\Omega$ 인 500 kVA 단상변압기가 병렬운전한다. 부하가 1500 kVA일 때 각 변압기의 부하분담 값을 구하시오.  
(단, 지상역률은 0.8이고 2차측 전압은 같다고 가정한다.)
5. KS C IEC 60364-4에서 정한 특별저압전원(ELV ; Extra-Low Voltage)에 의한 보호방식에 대하여 설명하시오.
6. 소방시설용 비상전원수전설비에 대하여 설명하시오.
  - 1) 특별고압 또는 고압으로 수전하는 경우의 설치기준
  - 2) 전기회로 결선방법

# 제 1 교시 문제풀이

1-1. 피뢰기를 변압기에 가까이 설치해야 하는 이유에 대하여 설명하시오.  
 1) 피뢰기의 설치목적                      2) 피뢰기와 피보호기기의 거리

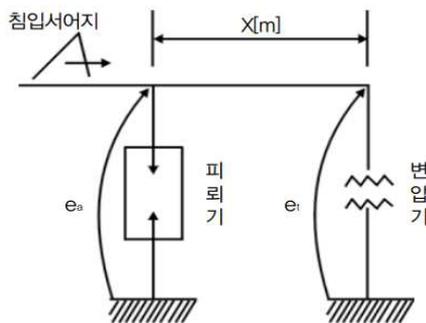
답) 출처' 모아건축전기설비기술사 2권 145p  
 파워세븐 엔지니어링(피뢰기 정격과 절연협조/이성우)

## 1. 피뢰기의 설치목적

- 1) 전기선로 내외부에서 발생하는 이상전압을 제한전압까지 낮추어 선로에 연결된 각종 기기의 손상 보호한다.
- 2) 피뢰기의 제한전압을 기준으로 기기간의 합리적 절연협조를 통한 경제적 전기 설비를 건설하는데 그 목적이 있다.

## 2. 피뢰기와 피보호기기의 거리

- 1) 피뢰기와 피보호기기가 떨어져 있으면 서지 임피던스 특성 때문에 거리에 의한 전압상승이 일어나 피뢰기의 보호 레벨이 낮아도 뇌서지를 보호하지 못하는 수가 있다.
- 2) 따라서 피뢰기는 변압기 등 주보호기기에 근접하여 설치하는 것이 이상적이지만 다른 기기도 함께 보호하기 위하여 보통 수전측의 모선이나 변압기 모선에 설치한다.

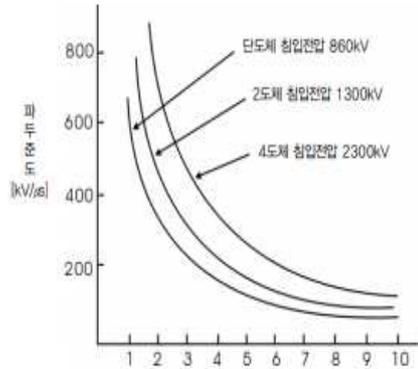


[그림1] 전위상승 계산회로

$$e_t = e_a + \frac{2}{n} \times \mu \times \frac{X}{v}$$

단,  $e_t$  : 변압기 단자의 전위[KV]                       $e_a$  : 피뢰기의 보호레벨[KV]  
 $v$  : 뇌서지의 진행속도[m/ $\mu$ s]                      X : 이격거리[m]  
 $\mu$  : 뇌서지의 파두준도[KV/ $\mu$ s]                      n : 회전수

3) 여기서 피뢰기의 보호레벨은 제한전압이라 생각해도 된다. 일반적으로 뇌서지의 파두준도는 아래와 같이 전파거리에 따른 저하가 발생하는 것을 볼 수 있다.



[그림2] 전파거리와 파두준도와의 관계

**1-2. 내선규정에 의한 제 2종 접지선 굵기 산정기준에 대하여 설명하시오.**

답) 출처: 모아건축전기설비기술사 2권 171p  
2016 내선규정 1445-5 (제 2종 접지공사의 시설방법)

**1. 과전류차단기의 접지선 굵기 산정**

1) 아래 약식에 의해 접지선의 굵기를 산정할 수 있다.

$$A = 0.00456I_n \quad (I_n: \text{과전류 차단기의 정격전류})$$

**2. 제 2종 접지공사 접지선 굵기 산정(내선규정 1445-5의 4항)**

- 1) 고압전로와 저압전로를 변압기에 의하여 결합하는 경우의 제 2종 접지공사의 접지선 굵기는 원칙적으로 표 1445-7(아래 표)에 의하여 결정된다.
- 2) 다만, 매입 토입 타입 접지극에 의한 제 2종 접지공사로서 이 접지극이 다른 목적의 접지 또는 매설 금속체와 연결하지 않은 경우는 표 1445-7중 동선 16mm<sup>2</sup>, 알루미늄선 25mm<sup>2</sup> (변압기를 전주 또는 금속제 외함 내에 시설하는 것에서는 동선 6mm<sup>2</sup>, 알루미늄선 10mm<sup>2</sup>)를 초과하는 부분에 대하여는 동선 16mm<sup>2</sup>, 알루미늄선 25mm<sup>2</sup>의 것을 사용할 수 있다. (변압기를 전주 또는 금속제 외함 내에 시설하는 것에서는 동선 6mm<sup>2</sup>, 알루미늄선 10mm<sup>2</sup>)

변압기 1상분 용량 [kVA]			접지선의 최소 굵기 [ $mm^2$ ]	
110 V	220 V	400 V	동선	알루미늄선
5 kVA까지	10 kVA까지	20 kVA까지	6	10
10 "	20 "	40 "	6	10
15 "	30 "	60 "	10	16
20 "	40 "	80 "	10	16
30 "	60 "	120 "	16	25
40 "	80 "	160 "	25	35
50 "	100 "	200 "	25	35
75 "	150 "	300 "	35	50
100 "	200 "	400 "	50	70
150 "	300 "	600 "	70	120
200 "	400 "	800 "	95	150
250 "	500 "	1,000 "	120	185
300 "	600 "	1,200 "	150	240
400 "	800 "	1,600 "	185	600
500 "	1,000 "	2,000 "	240	400

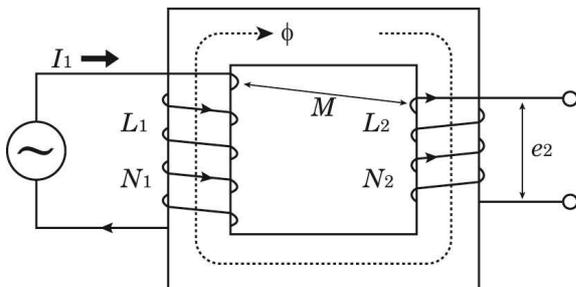
1-3. 교류자기회로 코일에 시변자속이 인가될 때 유도기전력을 설명하시오.  
(단, 자기회로는 포화와 누설이 발생하지 않는다고 가정)

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 1권 61p

### 1. 패러데이 - 렌츠의 법칙

- 1) 전류에 의해 만들어진 자기력선의 선속이 폐회로로 구성된 코일을 지나갈 때, 자기력선의 진행방향을 방해하는 방향으로 코일에 유도기전력이 생기는 현상



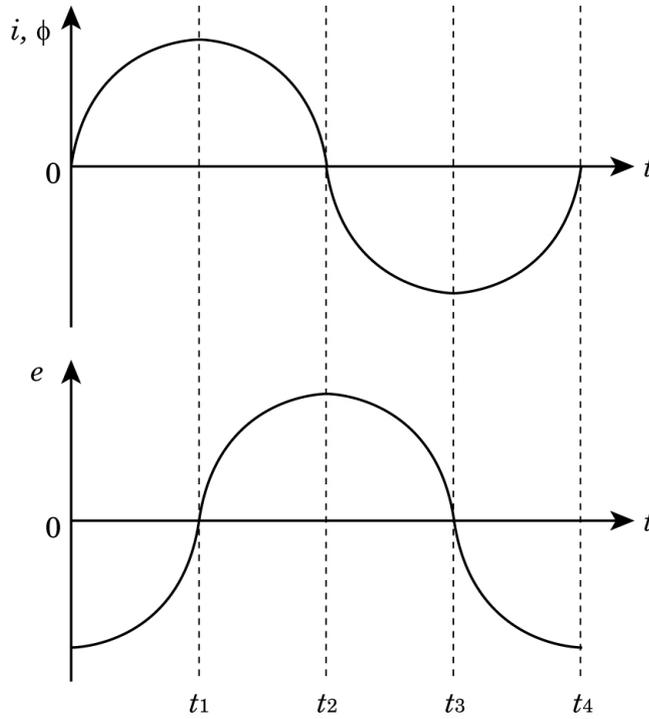
- 2) 유도기전력은 시간에 따라 전류나 자속이 변화가 되어야지만 생성된다.

3) 공식

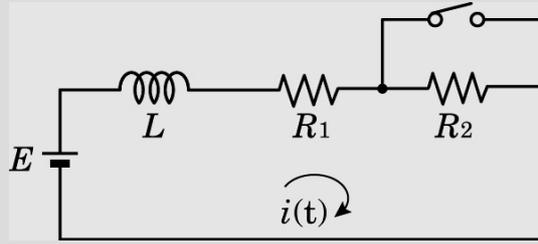
$$e = -N \frac{d\phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

4) 시간에 따른 유도기전력의 변화

아래와 같이 전류, 자속에 의해 유도기전력이 변화되는 것을 볼 수 있다.



1-4. 다음 그림에서  $t=0$ 에서 스위치  $S$ 를 닫을 때 과도전류  $I(t)$ 를 구하시오.



답)

출처 모아건축전기설비기술사 1권 81p

### 1. 용어 정의

1) 과도 전류 [transient current, 過渡電流]

회로가 과도상태일 때 흐르는 전류. 즉 회로를 개폐하거나 회로상수를 급변하거나 하는 순간에 회로 중간에 흐르는 전류를 말한다. 이와 같은 경우에는 전류가 정상적인 값에 이르는데 일정한 시간을 요한다.

2) 과도 상태 [transient state, 過渡狀態]

정상 상태에 이를 때까지의 상태이다.

3) 정상 상태 [stationary state, steady state, 定常狀態]

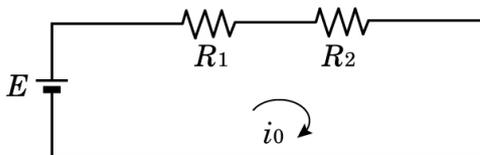
전기 회로에서 일어나는 형상은 어떤 시간 동안 과도적 상태를 경과하고부터 시간과 더불어 변화하지 않는 일정한 상태대로 되는 경우가 많다. 이 상태를 정상 상태라고 한다.

### 2. R-L 직렬회로의 과도현상

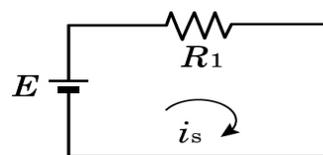
1) 스위치  $S$ 를 닫기 전 정상 상태 전류  $i_0$

스위치  $S$ 를 닫기 전 정상 상태에 이를 때의 전류로서 직류 전원은 주파수  $f=0$  이고 직류 전원이 인가된 후 일정 시간이 경과하면 코일의 리액턴스  $X_L = \omega L = 2\pi fL$  이므로  $X_L = 0$  이 되어 그림2 와 같이 회로에서 코일에 의한 리액턴스 성분은 무시할 수 있게 된다.

따라서 정상상태전류  $i_0 = \frac{E}{R_1 + R_2}$  으로 구할 수 있다.



<그림2>



<그림3>

2) 스위치  $S$ 를 닫은 후 정상 전류  $i_s$

위의 1)번과 마찬가지로

스위치 S를 닫은 후 정상 상태에 이를 때의 전류로서  
 그림3 과 같이 회로에서 코일에 의한 리액턴스 성분을 무시하면  
 정상상태전류  $i_s = \frac{E}{R_1}$  로 구할 수 있다.

3) 과도 전류  $i_t$

기전력 E=0 일 때 R-L회로의 과도전류  $i_t$  를 구해보면

$$L \frac{di_t}{dt} + R_1 i_t = 0$$

$$L \frac{di_t}{dt} = -R_1 i_t \quad , \quad \frac{di_t}{dt} = -\frac{R_1}{L} i_t \quad \text{이므로}$$

$$i_t = K e^{-\frac{R_1}{L} t} \quad \text{라 할 수 있다.}$$

4) 전체 전류  $i$  (초기 값을 고려할 때)

상수 K값을 알기 위해 전체 전류  $i$ 를 구해보면

전체전류( $i$ ) = 정상전류( $i_s$ ) + 과도전류( $i_t$ ) 이므로

$$i = \frac{E}{R_1} + K e^{-\frac{R_1}{L} t} \quad \text{라고 할 수 있다.}$$

여기서, K값을 구하기 위하여 초기 조건을 이용하면

$t=0$ 일 때  $i = i_0$ (초기조건)이므로

$$\frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{E}{R_1} + K e^0$$

$$K = -\frac{R_2 E}{(R_1 + R_2) R_1} \quad \text{이다.}$$

따라서 전체전류  $i$ 에 K값을 대입하면

$$\text{전체전류 } i = \frac{E}{R_1} \left( 1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} e^{-\frac{R_1}{L} t} \right) \quad \text{로 나타낼 수 있다.}$$

**1-5. 전기설비기술기준의 판단기준 제 289조(저압 옥내 직류전기설비의 접지)의 시설기준에 대하여 설명하시오.**

답) 출처‘ 전기설비 기술기준의 판단기준 제289조 (저압 옥내 직류전기설비의 접지), 내선규정 IEC 61851-23 기반의 전기자동차 직류충전 기술표준 현황(이현기)

**1. 직류 사용의 증가 추이**

**1) 전기자동차의 보급 증가 추이**

- (1) 최근 전기 자동차의 보급이 가속화되고 있는 추세이다. 전기 자동차를 충전하는 방법은 교류 충전방식, 직류충전방식으로 나눌 수 있다.
- (2) 교류충전은 ‘완속 충전’이라고 부르며 완충까지 약 7~8시간이 소요된다.
- (3) 직류충전은 ‘급속 충전’이라고 부르며 15분 이내에 배터리의 약 80%까지 충전할 수 있다.
- (4) 직류충전은 교류 380V를 받아 충전스테이션에서 직류전압 500V로 변환하기 때문에 소비자가 사용하기에는 위험성이 있다.
- (5) ‘급속 충전’의 수요의 증가는 필연적이며, 위험성을 내포하고 있기 때문에 직류 설비의 시설 시 기준의 준수가 필요하다.

**2) 신재생에너지의 증가 및 ESS 설비의 증가**

- (1) 화석연료의 사용이 줄이며 점차적으로 신재생에너지가 증가하는 추세이다.
- (2) 신재생에너지는 일정한 출력의 발전을 할 수 없기 때문에 ESS의 인버터와 컨버터를 이용한 직류와 교류의 변환이 필요하다.
- (3) 신재생에너지는 최초 발전 시 직류전력이 발생하며 이를 수용할 직류 설비가 필요하다. 따라서, 직류 설비에 맞는 접지방식이 필요해진다.

**2. 접지의 목적**

접지는 건물의 접지, 전주의 접지, 전기기기의 접지 등 전기가 들어가는 모든 곳에 들어간다.

※ 접지의 목적

- (1) 인축에 대한 감전사고 방지
- (2) 기기의 손상 및 오작동 방지
- (3) 계통접지 (장거리 전송, 송전계통 보호)

### 3. 직류 접지 시설기준

저압 옥내 직류전기설비의 접지<sup>1)</sup>

- (1) 저압 옥내직류 전기설비는 전로보호장치의 확실한 동작의 확보, 이상전압 및 대지전압의 억제 등을 위하여 직류 2선식의 임의의 한 점 또는 변환장치의 직류 측 중간점, 태양전지의 중간점 등을 접지하여야한다. 다만, 직류 2선식을 다음 각 호에 의하여 시설하는 경우는 그러하지 아니하다.
  - ① 사용전압이 60[V]이하인 경우
  - ② 접지검출기를 설치하고 특정구역내의 산업용 기계기구에만 공급하는 경우
  - ③ 제 23조의 규정에 적합한 교류계통으로부터 공급을 받는 정류기에서 인출되는 직류계통
  - ④ 최대전류 30[mA] 이하의 직류화재경보회로
- (2) 제 1항의 접지공사는 [수도관등의 접지극]<sup>2)</sup>, [수용장소의 인입구의 접지]<sup>3)</sup> 및 [전로의 중성점의 접지]<sup>4)</sup> 방법을 참고하여 시공하여야 한다.
- (3) 직류전기설비의 접지시설을 양(+)<sup>5)</sup>도체를 접지하는 경우는 감전에 대한 보호를 하여야 한다.
- (4) 직류전기설비의 접지시설을 음(-)<sup>5)</sup>도체를 접지하는 경우는 [저압 직류전기설비의 전기부식방지]<sup>5)</sup>의 기준에 의거하여 전기부식방지를 하여야 한다.
- (5) 직류접지계통은 교류접지계통과 같은 방법으로 금속제 외함, 교류접지선 등과 본딩 하여야 하며 교류접지가 피뢰설비, 통신접지 등과 통합접지 되어있는 경우는 [접지공사의 종류] 7항<sup>6)</sup>에 의거하여 시설하여야 한다.

1) 전기설비 기술기준의 판단기준 - 제 289조 (2017년도)

2) 전기설비 기술기준의 판단기준 - 제 21조 (2017년도)

3) 전기설비 기술기준의 판단기준 - 제 22조 (2017년도)

4) 전기설비 기술기준의 판단기준 - 제 27조의 2항 (2017년도)

5) 전기설비 기술기준의 판단기준 - 제 293조 (2017년도)

6) 전기설비 기술기준의 판단기준 - 제 18조의 7항 (2017년도)

**1-6. 축전지의 충전방식을 초기충전과 사용 중의 충전방식으로 구분하여 설명하시오.**

답)

출처: 모아 건축전기설비기술사 2권 104쪽

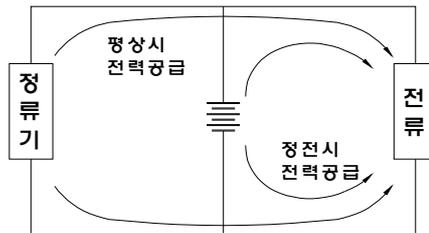
**1. 초기 충전**

초기 충전이란 축전지에 아직 전해액을 넣지 않은 미충전 상태의 축전지에 전해액을 주입하여 처음으로 행하는 충전을 말한다.

**2. 사용 중의 충전**

사용 중의 충전은 물의 보충과 함께 수명이나 방전의 가부를 결정하는 요소가 되므로 신중히 다뤄야 하며, 충전방식은 아래와 같다.

- 1) 보통충전: 필요한 때마다 표준 시간율로 소정의 충전을 하는 방식
- 2) 급속충전: 비교적 단시간에 보통충전 전류의 2~3배의 전류로 충전하는 방식
- 3) 부동충전: 축전지의 자기방전을 보충함과 동시에 상용 부하에 대한 전력 공급은 충전기가 부담하도록 하되, 충전기가 부담하기 어려운 일시적인 대전류 부하는 축전지로 하여금 부담케 하는 방식



- 4) 균등충전: 부동충전방식을 사용할 때 각 전해조에서 일어나는 전위차를 보정하기 위해서 1~3개월마다 정전압으로 1회 10~12시간 충전하여 각 전해조의 용량을 균일화 하는 방식 (연축전지: 2.4~2.5[V/cell], 알칼리 축전지: 1.45~1.5[V/cell])

① 균등충전 시기

- ㉠ 부동충전 시 매월 1회
- ㉡ 매월 총방전을 반복하는 경우: 매주 1회
- ㉢ 과방전시
- ㉣ 오래 방치했을 때
- ㉤ 방전 후 즉시 충전하지 않는 경우
- ㉥ 설페이션이 발생했을 때

② 충전방법

- ㉦ 20HR 전류 이하로 2~3시간 충전
- ㉧ 가벼운 설페이션이 일어났을 때: 20HR로 방전후 과충전 2~3회 실시
- ㉨ 전압 비중이 일정치에 도달해 가스발생이 심할 때까지 충전
- ㉩ 연축전지: 2.4[V]로 8시간 충전(2.3[V]로 24시간, 2.25[V]로 48시간 충전)
- ㉪ 알칼리 축전지: 1.65[V]로 8~10시간 충전

- 5) 세류충전: 자기방전량만 항상 충전하는 부동충전방식

**1-7. 변압기의 K-Factor에 대하여 설명하시오.**

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 2권 231p

“건축전기설비 총론 1권(최동수저)

**1. K-Factor 란?**

- 1) 기계설비, 전기설비 등의 제조, 제작 시에 데이터화된 값으로서 사용되는 값이다.
- 2) K는 상수 값이며, 비선형 부하에 의해 고조파의 영향을 받는 기계기구 (변압기)가 과열현상 없이 부하에 전력을 안정적으로 공급해 줄 수 있는 능력 요소(Factor)를 말한다.
- 3) K-Factor 의 부하특성<sup>7)</sup>

K	대표적인 부하의 특성
1	50 [%] 3상 비선형부하, 50 [%] 3상 선형부하
13	100 [%] 3상 비선형부하
20	50 [%] 단상 비선형부하, 50 [%] 3상선형부하
30	50 [%] 단상 비선형 부하

※ 건축전기설비 총론 1권 발췌

**2. 고조파에 의한 과열 대책**

변압기는 유도기기이므로 60Hz가 아닌 고조파에 대한 자속이 발생한다. 따라서 과열에 대한 대책이 필요하다. 그에 따른 대책은 다음과 같다.

- (1) 동의 굵기를 크게한다.
- (2) 자로에 대한 손실 감소를 위해 규소강판을 크게 하여 자속밀도를 줄인다. 즉, 변압기의 용량을 크게 한다.
- (3) 라디에이터를 크게 제작하여 냉각효과를 증대시킨다.

**3. K-Factor 변압기**

1) 고조파 전류의 영향을 충분하게 고려하여 설계한 변압기를 말한다.  
ANSI, IEEE C57.110-1998에서는 부하가 고조파전류를 발생하는 경우, 변압기의 과열을 방지하기 위하여 변압기의 용량을 저감시키는 계산식과 Factor 가 기술되어있다.

2) K-Factor를 적용하는 방법

- (1) 설치된 변압기의 부하 전류 중 고조파의 함유량을 직접 실측, 평가하여 변압기가 과열되지 않는 허용 부하율을 결정하여, 용량을 저감시키는 방법
- (2) 설계 단계부터 이 K-Factor를 고려하여 변압기를 설계하는 방법

※ "K-Factor"는 UL1562-1994에 명기되어 있으며, 고조파에 대한 변압기의 능력을 표시하는 표준 척도로 사용되고 있다.

※ ANSI / IEEE C57.110-1998에는 “K-Factor”라는 용어는 없으나, Harmonic Loss Factor라는 동일한 의미의 용어를 사용하고 있다.

7) K는 상수 값으로 제조사와 제품마다 다른 값을 가진다.

1-8. 전기방식 중에 희생양극법에 대하여 설명하시오.

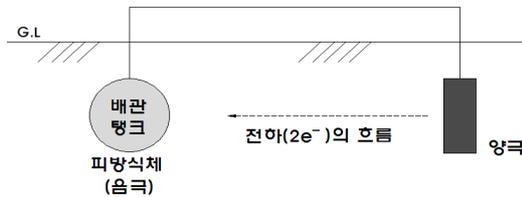
- 1) 희생양극법의 원리      2) 희생양극법의 장·단점      3) 희생양극의 특징

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 2권 201p

1. 희생양극법의 원리

- 1) 지하에 매설된 철(배관)보다, 고 전위 양극 물질(+방향)을 보호 하고자 하는 배관과 전선으로 연결 한다.
- 2) 양극 물질인 고전위금속(Mg,Zn,Al)이 저전위금속(배관)대신 희생하며 부식한다.
- 3) 이러한 희생양극(Anode)은 접지저항을 낮춰 발생전류를 많게 하기 위하여 벤토나이트 계통의 Backfill 재료를 넣어 사용한다.
- 4) 통산적으로 200~250m 간격으로 설치하며, 타구조물과 절연한다.



[ 희생 양극 방식 ]

2. 희생양극법의 장·단점

구 분	희생(유전) 양극법
방식전류	적다(0~10V)
양극종류	Mg Anode, Al Anode, Zn Anode 등
용 도	소전류로 소규모시설
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 인접한 타 시설물에 영향 없음</li> <li>· 시공이 간편하며, 전력 불필요</li> <li>· 인위적인 유지관리 불필요</li> <li>· 위험지역 설치 시 이상 무</li> <li>· 기존시설물에 시공 가능</li> <li>· 전류 분포 균등</li> <li>· 과다방식에 대한 염려 없음</li> <li>· 별도의 설치장소 불필요</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 설치 후 전류조절 불가능</li> <li>· 방식범위가 작고, 설치개소가 많음</li> <li>· 저항 높은 지역에 비경제적</li> <li>· 환경변화에 따른 전류조정 불가능</li> <li>· 긴 수명을 요하는 협소한 장소는 양극의 부피증가로 설치곤란</li> <li>· 타 공정에 영향을 줄 수 있음</li> </ul>

### 3.희생양극의 특징

#### 1) 마그네슘 합금 양극

- (1) 마그네슘 양극에서 Fe, Ni, Cu 등의 미량 불순물은 전위와 효율을 악화시키며, Mn의 첨가는 철의 악영향을 억제하므로 불순물이 극히 적은 Mg-Mn 합금이 사용된다.
- (2) 가장 낮은 전위이므로 대지 고유저항이 높은 토양이나 담수 시설물에 사용된다.

#### 2) 알루미늄 합금 양극

- (1)알루미늄의 특성상 부식에 대하여 부동태화 되기 쉽다.
- (2)마그네슘양극의 2배, 아연양극의 3배의 전기를 발생하므로 경제적인 설비관리가 가능하다.

#### 3) 아연 합금 양극

- (1) 고순도 아연(Fe 함유량 0.0015[%] 이하)에 Al, Cd, Si 적당량 첨가한 합금이 우수한 양극이다.
- (2) Zn-Al-Cd 합금(해양 구조물), Zn-Al 합금(50[°C] 이상 고온 구조물)에 사용된다.

**<금속의 이온화 경향>**

(고전위, + 화)

(저전위, - 화 )

K > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > Cu > Hg > Ag > Pt > Au  
 크 카 나 막 / 알 아 페 니 / 주 납 구 수 / 은 백 금

1-9. 교류회로에서 전선을 병렬로 사용하는 경우 포설방법에 대하여 설명하시오.

답) 출처‘ 전기설비기술기준의 판단기준(전기설비) - 2015년도, 내선규정 제 2225절 - 2016년도 케이블의 시설방법(한국전기안전공사)

1. 교류회로에서 전선을 병렬로 사용하는 이유

1) 전기설비기술기준의 판단기준(전기설비) - 2015년

제 11조 (전선의 접속법) 中

- 6. 두개 이상의 전선을 병렬로 사용하는 경우에는 다음 각 목에 의하여 시설할 것.
  - 가. 병렬로 사용하는 각 전선의 굵기는 동선 50 mm<sup>2</sup> 이상 또는 알루미늄 70 mm<sup>2</sup> 이상으로 하고, 전선은 같은 도체, 같은 재료, 같은 길이 및 같은 굵기의 것을 사용할 것.
  - 나. 같은 극의 각 전선은 동일한 터미널러그에 완전히 접속할 것.
  - 다. 같은 극인 각 전선의 터미널러그는 동일한 도체에 2개 이상의 리벳 또는 2개 이상의 나사로 접속할 것.
  - 라. 병렬로 사용하는 전선에는 각각에 퓨즈를 설치하지 말 것.
  - 마. 교류회로에서 병렬로 사용하는 전선은 금속관 안에 전자적 불평형이 생기지 않도록 시설할 것.

2) 내선규정. 제2225절 금속관 배선[2016년]

→ 2225-2 전자적 평형

교류회로는 1회로의 전선 전부를 동일 관내에 넣는 것을 원칙으로 한다. 다만, 동극 왕복선을 동일 관내에 넣는 경우와 같이 전자적 평형 상태로 시설하는 것은 적용하지 않는다.

[주] 1회로의 전선 전부를 단상 2선식 회로는 2선을, 단상 3선식 회로 및 3상 3선식 회로는 3선을, 3상 4선식 회로는 4선을 말한다.

→ 2225-3 전선의 병렬사용

교류회로에서 전선을 병렬로 사용하는 경우는 1435-1의 제 2항, 제 ⑤호(병렬전선 사용)에 따르며, 관내에 전자적 불평형이 생기지 않도록 시설하여야 한다. (판단기준 11)

[주] 금속관배선에서 전선을 병렬로 사용하는 경우의 예는 그림 2225-1과 같다.

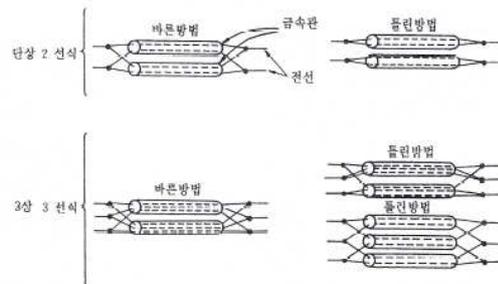


그림 2225-1 전선을 병렬로 사용하는 경우(예)

## 2. 케이블의 동상 다조포설 방법

### 1) 케이블의 동상 다조포설 시 유의사항

- (1) 단심 케이블을 여러 선 부설하면 주위의 케이블 부하전류 및 그 선심 상호간 거리에 의한 자속의 영향을 받아 인덕턴스가 변화한다.
- (2) 이러한 인덕턴스 불평형의 영향은 부하를 포함한 회로 전체의 임피던스에 좌우된다.
- (3) 도체 저항 값보다 인덕턴스의 값이 지배적이 되면 이 불평형의 영향은 커진다.
- (4) 동일한 상을 2선 이상의 케이블로 병렬 부설한 경우 인덕턴스의 불평형이 생기면 부하전류가 케이블별로 임피던스에 반비례하여 분담하는 전류가 각각의 케이블에 흐른다.
- (5) 이것이 허용전류를 초과하는 값이면 과전류에 의해 케이블을 과열 열화시켜 생각하지 못한 지락사고가 발생하게 된다.

### ※ 불평형이 발생하지 않는 대표적인 배치의 예시

1) 3조 삼각 포설	
2) 3조 병렬 삼각포설	
3) 3조 병렬 2단포설	
4) 3조 병렬 3단포설	
5) 6조 병렬 2단포설	
6) 6조 병렬	

※ 케이블의 시설방법(한국전기안전공사)

1-10. 소방부하 겸용 발전기용량 산정 시 적용하는 수용률 기준에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 1권 312p, 2권 83p

1. 소방부하 겸용 발전기 개념

- 1) 화재발생 시 상용전원의 정전에도 불구하고 소방부하에는 비상전원을 공급해야 한다는 것이 소방전원우선 확보의 기본적인 개념이다.
- 2) 소방부하의 비상전원은 3가지 방법 중에 하나를 선정한다.
  - (1) 소방부하 전용발전기: 정전용 및 소방용 발전기를 별도 설치하는 경우
  - (2) 소방부하 겸용발전기(합산부하 발전기): 정전과 소방부하를 합산한 용량의 발전기를 설치한다.

**<소방부하 겸용 발전기의 수용률 적용>**  
 · 소방부하는 “1”로 하고,  
 · 기타부하는 “1”또는 건축전기설비기술기준의 수용률 범위 중 최대값 이상.

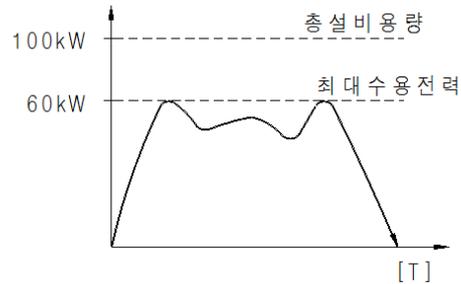
- (3) 소방부하 보존형 발전기: 정전과 소방용 부하는 큰 부하를 선정함, 별도의 장치 필요하다.

2. 수용율의 정의

- 1) 수용율(demand factor)이란? 수용설비가 동시에 사용되는 정도를 의미한다.
- 2) 변압기 용량을 선정할 경우에 적용한다.
- 3) 수용율 계산

$$\text{수용율} = \frac{\text{최대 수용 전력 (1시간 평균)}}{\text{총 설비용량}} \times 100$$

$$\text{수용율} = \frac{60 \text{ kW}}{100 \text{ kW}} \times 100 \% = 60 \%$$



3. 적용되는 수용율 기준 설명

- 1) 전기설비에 적용되는 수용율은 오랜시간 사용 하고 있는 전기설비에 대한 연구결과이며, 이 수용율은 지속적으로 사용하면서 검토된 자료이다.
- 2) 소방부하 겸용 발전기의 계산시 적용되는,
  - (1) 소방부하의 수용율 “1”에 대한 근거는, 화재시 사용되는 소방부하설비에 대한 연구결과에 따라야 한다.
  - (2) 기타부하의 수용율 “1” 또는 “최대값” 경우, 위 와 마찬가지로 화재시에 사용되는 소방부하 설비에 대한 연구결과에 따라서 적용해야 한다.
- 3) 현재 국내의 경우, 실제화재시 사용되는 소방부하설비 용량에 관계없이 필요 이상의 발전기 용량을 산정하여 적용되고 있다.

1-11. 제 3 고조파 전류가 영상전류가 되는 이유에 대하여 설명하시오.

답) 출처 '모아건축전기설비기술사 2권 129p'   
 'http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/373375C-01/lveptconcepts/ep\_harm\_interharm/'

1. 개요

1) 고조파 [harmonics, 高調波]

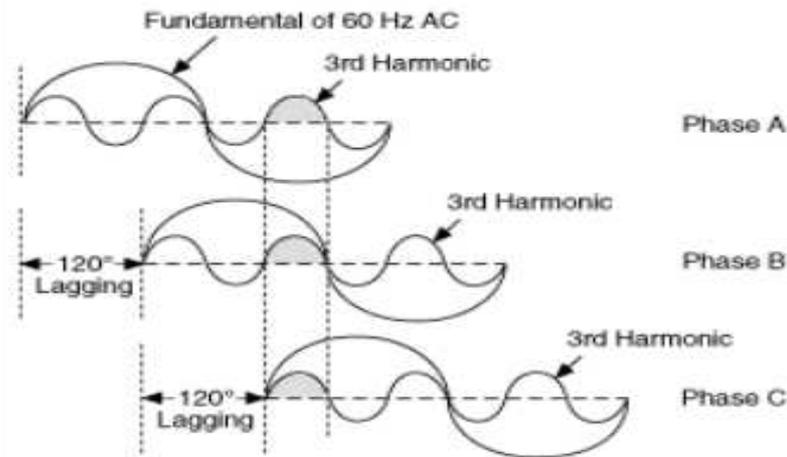
사인파가 아닌 주기적 반복파형은 그 기본주파수를 가지는 사인파와 사인파 주파수의 정수배의 주파수를 갖는 파동으로 분해되는데, 이 때 반복파형을 구성하는 기본파 이외의 파동들을 고조파라고 한다.

2) 제 3 고조파 [3rd harmonics]

주파수가 n배인 파동을 제n차 고조파라 한다.

따라서 기본파 주파수의 3배의 주파수를 갖는 고조파를 제 3 고조파라고 할 수 있다.

2. 영상전류가 되는 이유



- ① 예를 들어 위의 그림과 같이 120°의 위상차를 갖는 A, B, C 3상의 전류가 있다고 해보자.
- ② 위의 그림처럼 A, B, C상의 전류의 기본파[Fundamental]는 합이 0이 되는 것을 알 수 있다.
- ② 그러나 3배수의 고조파의 경우  $120^\circ \times 3 = 360^\circ$  이므로 동위상인 제 3 고조파 전류의 합은 0이 되지 않고 3배가 된다.
- ③ 그러므로 3상 4선식 전로의 경우 3상이 만나는 중성선에 3배의 3고조파 전류가 흐르게 되는데 이를 영상분 고조파라고 한다.
- ④ 3 고조파 이외에도 6 고조파, 9 고조파 등과 같이 기본파의 3 배수의 고조파는 모두 영상분 고조파가 된다.

### 3. 영상분 고조파가 주는 영향

#### 1) 변압기에 주는 영향

- ① 비선형 부하에서 발생 되는 고조파는 전원측으로 유출 되므로 그림에서와 같이 유출되는 영상분 고조파는 변압기 1 차로 변환되어  $\Delta$ 권선 내를 순환하게 되는데, 이 순환전류는 변압기 내부에서 열을 발생 시키므로 변압기가 과열 된다.
- ② 대형건물에는 OA 기기들을 많이 사용하게 되는데 OA 기기들은 대부분 단상정류기를 사용하므로 고조파가 많이 발생하여 변압기를 과열시키는 경우가 많다.

#### 2) 중성선에 주는 영향

- ① 중성선의 굵기는 일반적으로 다른 상에 비해 같거나 또는 가는 선을 사용하는데 위의 그림에서와 같이 중성선에 영상분 전류가 많이 흐르게 되면 중성선이 과열될 우려가 있다.
- ② 또한 제 3 고조파는 기본파의 3 배인 180 Hz 의 주파수 성분을 가지기 때문에 표피효과에 의해서 케이블의 유효 단면적을 감소시켜 실효 저항이 증가하므로 발열 현상이 더욱 심해지게 된다.

#### 3) 중성점 전위에 미치는 영향

중성선에 제 3 고조파 전류가 흐르면 중성점과 대지간의 전위는 중성선에 흐르는 전류×중성선의 임피던스만큼 올라가게 된다. 중성선의 기본파에 대한 임피던스를  $Z = R + jX$  라고 하면 제 3 고조파에 대해서는 리액턴스가 3 배가 되므로 중성점의 전위  $V = 3I_0 \times (R + j3X) [V]$

**1-12. 변압기의 과부하 운전이 가능한 조건에 대하여 설명하시오.**

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 1권 316p

**1. 변압기의 수명**

유입변압기의 수명은 변압기에 사용되는 절연지의 열화에 따른 온도와의 함수관계로 표시된다.

- ① 업그레이드 된 지절연방식 유입변압기 온도상승한도: 65[°C]
- ② H종 절연물 온도상승한도 : 95~115[°C]
- ③ 유입변압기의 수명

$$\text{수명 L[시간]} = e^{(B/\theta - A)}$$

$e$  : 자연대수

$\theta$  : 273 + [120(권선의 가장 뜨거운 곳의 온도)-10] [°C]

$A$  : 온도상승한도 65[°C] 지절연(28.082), H종 (19.917)

$B$  : 온도상승한도 65[°C] 지절연(15,000), H종 (14,300)

**2. 과부하 운전(유입변압기)**

1) 과부하 운전조건

- ① 과부하 운전 기준특성은 아래 표에 의하고, 최대부하는 2.0pu이하로 한다.

구 분	자냉식, 수냉식	풍냉식	송유식
권선 최고점 온도상승	65℃	65℃	65℃
최고 유온 상승	45℃	45℃	45℃
정격부하시의 시정수	3시간	2시간	1.5시간
동손과 철손의 비	2.5 : 1	3.5 : 1	5 : 1
주위온도	℃	℃	℃

2) 과부하 운전 금지 조건

- ① 사용년수가 15년 이상인 변압기
- ② 유중가스 분석결과 가연성가스 총량의 값이 1,000ppm(요주의)을 초과하는 변압기
- ③ 수리 경력이 있거나 절연물의 수리 실적이 있는 변압기
- ④ 직렬기기(CB, LS, CT등)의 상태가 과부하 운전시 정격을 초과하는 경우
- ⑤ 주위온도가 40[°C]를 초과하는 경우

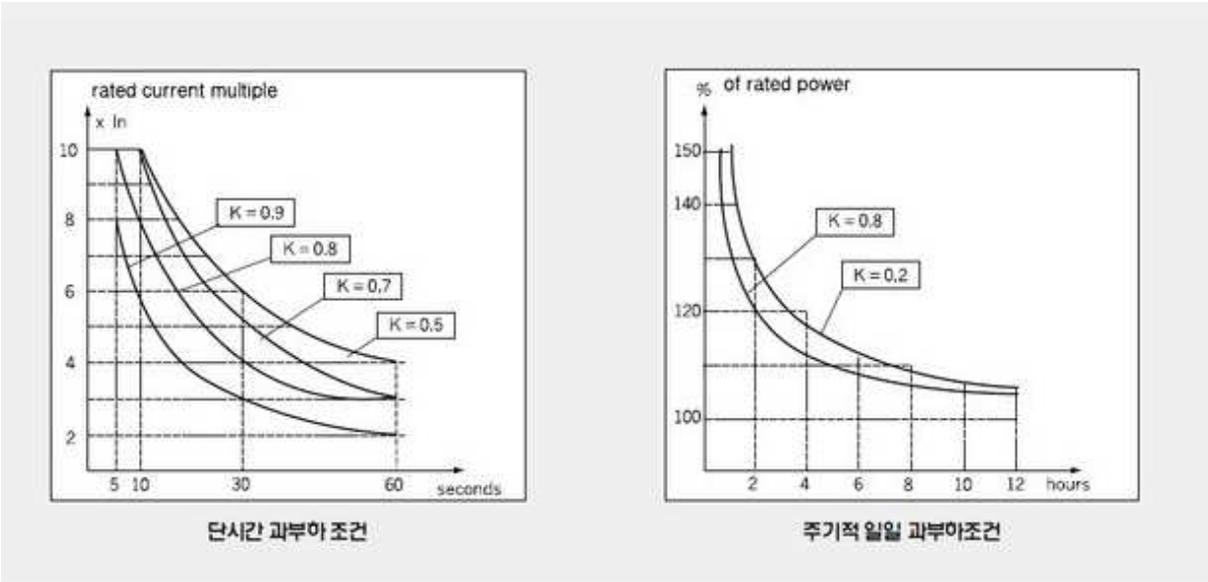
### 3. 과부하 운전조건(몰드변압기)

변압기를 일정시간 과부하 운전하고자 할 경우, 운전 중인 변압기의 부하율에 따라 변압기의 수명을 줄이지 않고 과부하운전을 할 수가 있다.

$$\text{부하율}(K) = \frac{\text{부하}}{\text{정격용량}}$$

연평균 주위온도가 20°C이상의 경우 표와 같이 변압기 용량을 줄여서 운전이 가능하다.

주위온도	용량
20 ° C	P
25 ° C	0.97×P
30 ° C	0.94×P
35 ° C	0.90×P



1-13. 파센의 법칙(Pashen's law)과 페닝효과(Penning effect)에 대하여 설명하시오.

답)

출처: 모아건축전기설비 기술사 1권, 147p

1. 방전등의 개념

루미네센스(물체의 온도를 높여서 발광시키는 온도방사 이외의 모든 발광)를 이용한 발광원리를 적용한 광원을 말하며 루미네센스 발광은 반드시 어떤 자극이 필요하다.

2. 점등원리

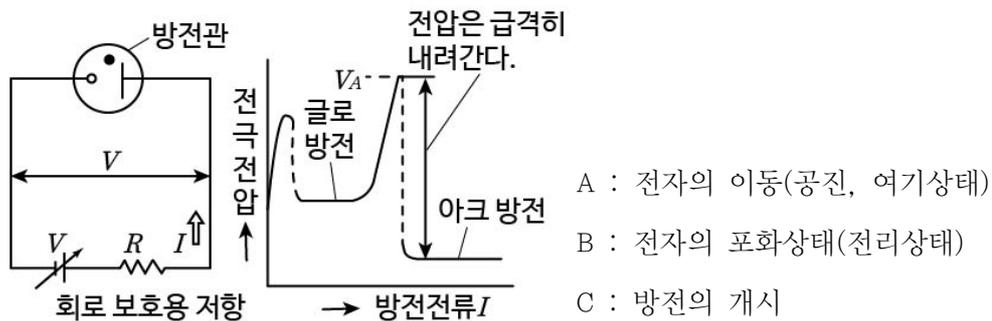
1) 투명관에 불활성 기체나 수은증기를 봉입 후, 일정전압을 인가하면 방전관 내부 기체의 절연파괴 현상이 일어나고 자유전자가 발생하여 발광(방전)된다.

2) 발광 메카니즘

- (1) 여기: 전자가 기저상태 이외의 안정궤도에 있다.
- (2) 공진전압: 전자가 기저상태로부터 제1 안정궤도 상으로 이동시킬 수 있는 크기의 전압.
- (3) 여기전압: 전자가 기저상태로부터 제2 안정궤도 이상으로 이동시킬 수 있는 크기의 전압.
- (4) 전리전압: 전자를 원자로부터 완전히 분히할 수 있는 크기의 전압.

3) 방전현상

- (1) Glow 방전: 전계전자 방출에 의한 방전
- (2) Arc 방전
  - ① Glow방전에 의하여 방전전류가 증가하면 양이온의 충격에 의한
  - ② 음극의 가열로 음극으로부터 전계 전자 방출이 아닌 열전자 방출이 이루어지고
  - ③ 음극강하가 급격히 적어져 (전류가 급격히 증가) 기체의 전리전압이 되면서
  - ④ 방전의 최종형식을 이루게 되는 것



[그림1] Glow방전에서 Arc방전이 되는 과정

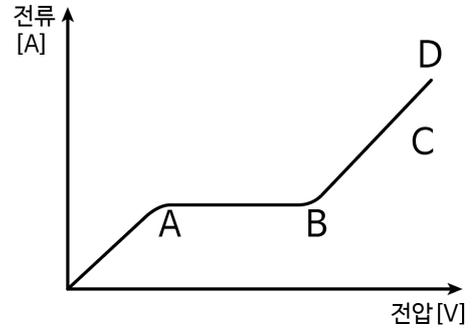
## 2. 파센의 법칙

### 1) 정의

- (1) 평등전계 중의 방전개시전압은 방전관 내부 기체의 압력과 전극간격에 비례한다.
- (2) 방전개시전압 =  $K_s \times \text{기압} \times \text{전극간격}$  ( $K_s$ : 기체상수)

### 2) 고휘도 방전등 점등에 시간이 소요되는 이유

- (1) 방전에 필요한 전압은 파센의 법칙에서와 같이 기압과 전극간격에 비례하여 결정되고,
- (2) 또한 방전등은 각각의 특성에 적합한 온도와 기압에 이르러 최고효율의 발광을 한다.
- (3) 따라서 처음 점등 시 압력과 온도가 "0"인 상태에서 고전압에 의한 불꽃으로 점등되면서
- (4) 일정압력까지 도달하는데 소요되는 시간(10분정도)이 필요하게 된다.
- (5) 또한 점등 중 어떤 원인에 의해 소등되어 재 점등하게 될 경우 기압이 높은 상태이므로
- (6) 점등에 필요한 전압은 전원전압보다 높은 전압이 필요하게 되므로,
- (7) 결국 기압이 낮아질 때까지의 시간이 더 소요된다.

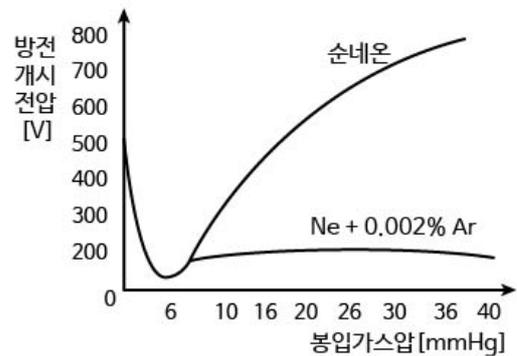


[그림2] 방전전압과 방전전류

## 3. 페닝효과

### 1) 정의

- (1) 수은, 불활성 기체에 극소량의 아르곤 혼합 시 혼합기체의 전리전압이 원기체의 여기전압보다 낮아져 방전전압이 낮아져 기동이 용이하게 되는 효과를 말함
- (2) 네온과 아르곤의 혼합기체 방전개시전압 그래프
  - ① 이와같이 준안정상태를 형성하는 기체에 극히 미량의 다른 기체를 혼합했을 때
  - ② 혼합된 기체의 전리전압이 원래 기체의 준안정상태 여기전압보다 낮은 경우에
  - ③ 방전전압이 심히 낮아지는 현상을 위와 같은 그래프로 나타낼 수 있음



[그림3] 네온과 아르곤 혼합기체의 방전개시전압

### 2) 방전개시전압

- (1) 불활성 기체에 미량(0.002%)의 아르곤을 투입할 경우 혼합기체의 전리전압이 원기체의 준안정상태의 여기전압보다 매우 낮아져 기동이 용이하게 되는 현상.
- (2) 불활성 기체의 준안정상태가 아르곤의 여기상태보다 낮기 때문이다.

# 제 2교시 문제풀이

2-1. 중성점 직접접지식 전로와 비접지식 전로의 지락보호를 비교하여 설명하시오.  
 1) 개요            2) 직접접지방식            3) 비접지방식

답) 출처' 모아건축전기설비기술사 2권 109p

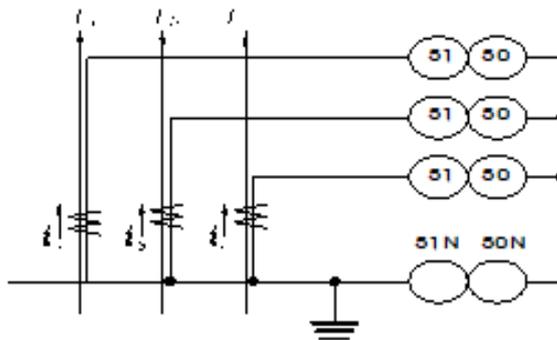
### 1) 개요

- ① 변압기의 결선방법과 중성선 접지여부에 따라서 전력공급 접지계통이 결정된다.
- ② 전력공급 접지계통은 접지의 형태에 따라서 직접접지계통, 저항접지계통, 비접지계통으로 구분이 된다.
- ③ 직접접지계통은 지락전류가 매우커서 보호동작이 확실하여 보호방식이 간결하지만, 비접지계통은 지락 시 고장전류가 매우 작아서 보호방식이 매우 복잡하고 저항접지계통은 저항값에 따라 직접접지의 보호방식 또는 비접지형태의 보호방식을 적용할 수 있다.
- ④ 수변전설비 접지계통은 전력공급 시 접지의 상태에 따라서 전력공급 형태를 의미하는 것으로, 수용가의 일반적 접지(Grounding)와 혼동하면 안된다.

### 2) 직접접지방식

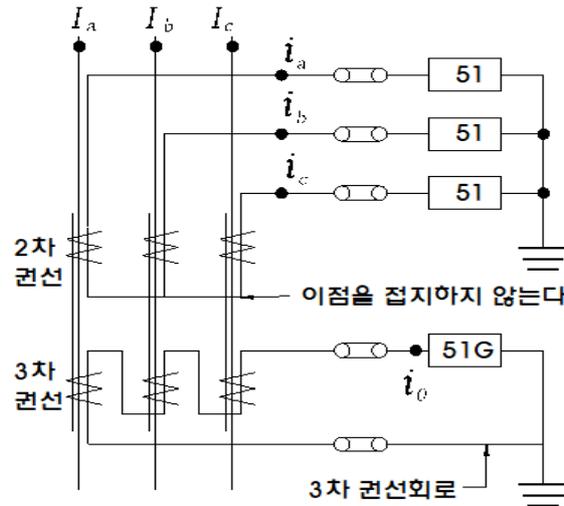
직접접지계통은 지락전류가 매우 크고 보호동작이 확실하여 보호방식이 간결하며 잔류회로방식, 3차 영상분로방식, 중성점 변류기방식 세 가지로 분류된다.

#### ① 잔류회로방식



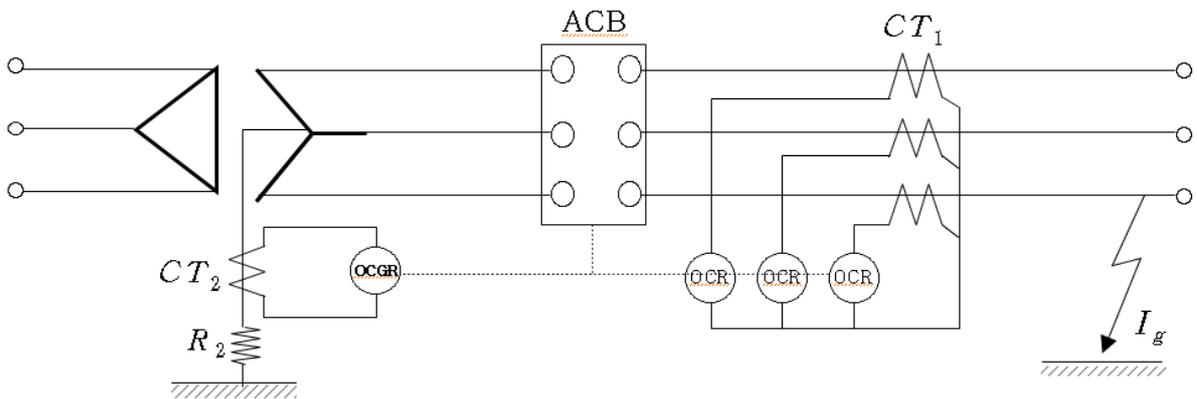
- a. CT비 300/5A 이하의 비교적 소규모 계통에 가장 널리 사용되고 있다.
- b. 직접접지계통 또는 저저항 접지일 때 주로 사용된다.
- c. 각상은 OCR로 단락보호 되며 잔류회로는 OCGR로 지락보호 한다.
- d. 잔류회로의 영상전류는  $3I_0 = I_a + I_b + I_c$ 이다.
- e. 변류비가 큰(대규모계통) 경우는 지락전류 검출하지 못하는 부동작 영역이 생겨 적당하지 않다.

#### ② 3차 영상분로회로 방식(3차 권선영상 CT회로방식, 분로회로법)



- a. CT비가 300/5A 이상의 비교적 용량이 큰 곳에 사용한다. 고저항 또는 CT비가 큰 장소에 잔류회로방식을 사용하면 영상전류값이 적고, 검출감도가 낮아진다.
- b. 영상전류가 작은 경우 별도의 3차 권선을 두어서 지락을 검출하는 방식이다.
- c. 동심철심에 2차권선(과전류검출)과 3차권선(영상전류검출)동시에 감겨 있는 구조이다.
- d. CT비는 1차/2차=정격1차전류/5A , 1차/3차=100/5A 이다.
- e. CT비 300/5A 이하는 잔류회로로 영상전류를 검출하고, 300/5A 이상은 3차 CT로 영상전류를 검출한다.

③ 중성점 변류기 방식



- a. 주로 저항접지 계통의 중성점 접지에 CT와 OCGR를 사용하여 지락전류를 검출하는 방식이다.
- b. 다른 변압기나 다른 설비의 접지선과 일부 연접되어 있는 경우 간섭받을 수 있다.
- c. CT비 100/5A 이하가 바람직하며, 200/5A이상이면 부동작 영역이 생길 수 있다.

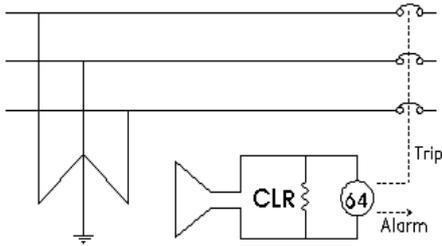
### 3) 비접지방식

비접지계통은 지락 시 고장전류가 매우 작아서 보호방식이 매우 복잡하고 단락보호, 영상전압검출 방식, 영상전류검출방식 세 가지로 분류된다.

#### ① 단락보호

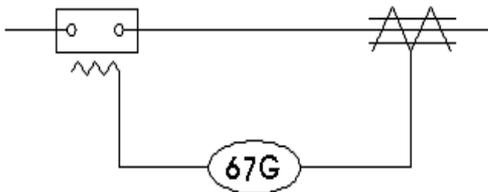
- a. 보통 CT와 OCR 2개로 단락을 검출한다.
- b. OCR에 의한 DC Trip 방식으로, CT 2차 전류 Trip, 콘덴서 Trip방식이 있다.

#### ② 영상 전압검출 방식



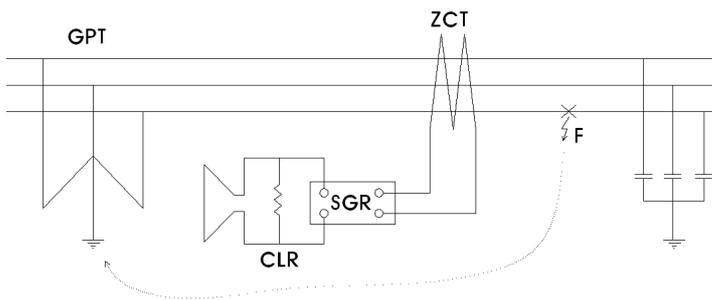
- a. GPT+OVGR(64)의 조합으로 지락시 영상전압을 검출한다.
- b. 한시계전기와 조합하고, 주로 후비보호용으로 사용된다.

#### ③ 영상 전류검출 방식(ZCT, DGR방식)

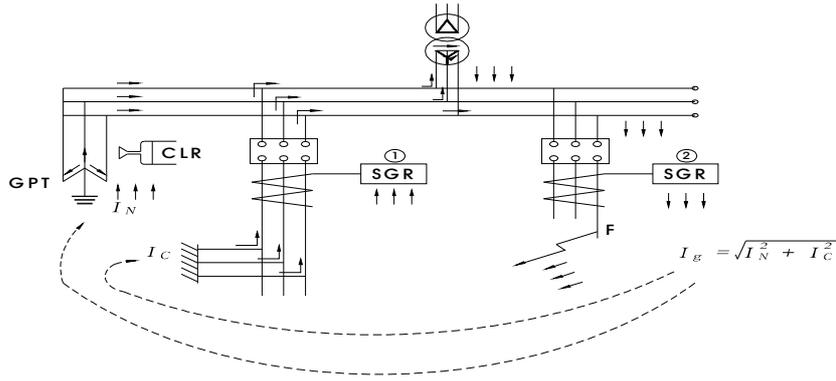


- a. ZCT+DGR(67G;방향지락계전기)의 조합하여 사용한다.
- b. 지락시 영상전류 검출하여 차단한다.
- c. 저항접지계통, 비접지 계통에 적용할 수 있다.

#### ④ 영상 전류검출 방식(GPT+ZCT+SGR방식)



- a. GPT+ZCT+SGR(67:선택지락계전기)의 조합하여 사용한다.
- b. 비접지식 다회선 전로의 고장회선 선택 차단한다.
- c. 고감도 소세력 동작이므로 오동작 방지위해서 OVGR, SGR연결하여 사용한다.
- d. 사고회선과 건전상의 전류방향 반대이기 때문에 선택성 갖는다.
- e. 한류저항기(전류제한저항기; CLR; Current Limit Resistor)



[그림1] 비접지 계통의 지락시 동작원리

- GPT의 3차측 Open Delta회로에 부착하여 비접지계에서 지락방향계전기(SGR,DGR)사용시 지락전류의 유효분을 얻기 위해서 사용된다.
- GPT의 3고조파 발생을 억제하고, 중성점 이동등의 이상 현상을 억제하기 위하여 사용된다.
- 저항접지계에서도 GPT 자체의 철공진 같은 이상현상을 방지하기 위해서 사용된다.

2-2. 변류기(CT)의 과전류정수와 과전류강도에 대하여 설명하시오.

- 1) 개요      2) 과전류 정수      3) 과전류 강도

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 1권 366p

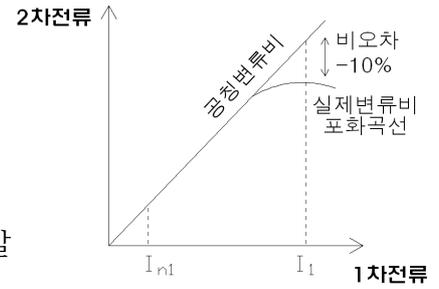
1) 개요

- 1) 변성기란 고전압·대전류를 직접적으로 계측·보호용으로 사용이 어려워 저전압·저전류로 변성을 하여 계측기와 보호용계전기를 사용하도록 하는 기기를 말한다.
- 2) 전류를 변성하는 것을 계기용 변류기(CT; Current Transformer)라고 하고, 전압을 변성하는 것을 계기용변압기(PT; Potential Transformer 또는 VT; Voltage Transformer)라고 한다.
- 3) 전력회사 전력사용량을 측정하기 위한 계기용 변성기(MOF; Metering Out Fit)가 있다. MOF에는 항상 적산전력량계가 같이 붙어 있어 전력사용량을 측정한다.
- 4) 과전류 정수는 변류기 1차측이 과전류가 되었을 때 포화되는 전류값을 정수비로 표현한 값을 나타내고 과전류 강도는 정격 1차 전류에 몇 배의 과전류 까지 견딜 수 있는가를 표현한 값이다.

2) 과전류 정수

- a. 변류기 1차측이 과전류가 되었을 때 포화되는 전류값을 정수비로 표현한 값이다.
- b. 즉, 전류비오차(비오차)가 -10%가 되는 1차전류에 대한 정격1차 정류의 배수 n을 의미한다.

$$n = \frac{\text{비오차가 } -10\% \text{ 일때 1차전류}}{\text{정격 1차전류}}$$



c. 표준:  $n > 5$ ,  $n > 10$ ,  $n > 20$ ,  $n > 40$

d. 선정 시 유의사항

- ①  $n$ 이 클 때 계기 및 계전기에 열적, 기계적 내량 문제가 발생할 수 있다.(보호용 변류기 적용)
- ②  $n$ 이 작을 때 기기보호엔 유리하나 오부동작에 원인이 된다.
- ③ 계측기용 변류기에는 일반적으로 과전류 정수를 적용하지 않는다.

e. 과전류 정수 선정표

보호대상	계전방식	표준(특수) 과전류 정수
발전기, 2권선 변압기	차동	10(20)
3권선 변압기	차동	20(40)
전동기	과전류	10(20)
배전선	과전류	5(10)

### 3) 과전류 강도

a. 과전류강도는 정격 1차 전류에 몇 배의 과전류 까지 견딜 수 있는가를 표현한 값이다.

b. 과전류강도  $\approx$  열적과전류강도 + 기계적과전류 강도

$$CT\text{과전류강도} = \frac{\text{단락전류}(I_s)}{\text{정격 1차전류}(I_{1n})}$$

c. 과전류강도(JEC1201)

1차 전류 배수	2차 부담	역율
40, 75, 150, 300	정격부담	0.8

d. 열적과전류강도

- 표준시간 1초에서 정격 1차 전류의 몇 배까지 견딜 수 있는가를 표현한 값이다.
- 열적과전류강도

$$S = \frac{S_n}{\sqrt{t}}$$

$S$  : 열적과전류 강도

$S_n$  : 정격과전류 강도(kA)

$t$  : 통전시간(1초)

e. 기계적 강도

- 전자력에 의해 전기·기계적으로 손상하지 않는 1차 전류의 파고치
- 일반적으로 열적과전류 강도의 2.5배(IEC, JEC)를 적용한다.

2-3. 전력용 콘덴서의 내부고장보호방식에 대하여 설명하시오.

- 1) 콘덴서 보호      2) NCS방식      3) NVS방식

답)

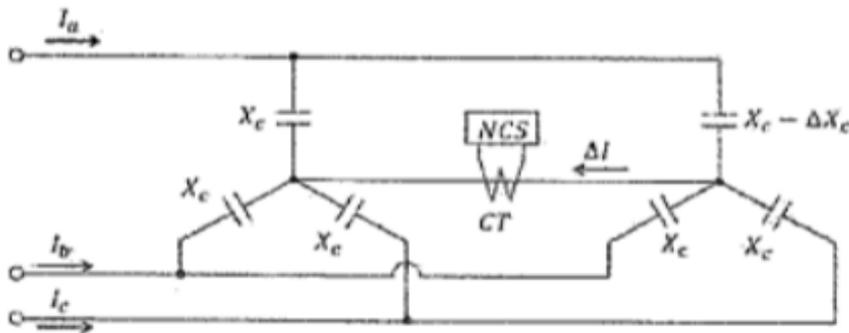
출처: 건축 전기 설비 기술사 과년도문제

1. 콘덴서 보호

- 1) 콘덴서 보호방식에는 과전류 계전기에 의해 보호방식과 콘덴서 내부 고장 보호방식인 NCS(Neutral Current Sensor) 및 NVS(Neutral Voltage Sensor) 방식이 이용되고 있다.

2. NCS(Neutral Current Sensor) 방식

1) 개요도



- ① Y결선된 콘덴서 2조를 병렬로 결선
- ② 2개 회로의 중성점을 연결한 중성선에 CT를 설치하여 전류를 감지하여 고장회로를 제거하는 방식
- ③ 3.3/6.6[KV] 계통에서는 150~500[KVA] 까지 사용
- ④ 반드시 Y결선이 이중이어야만이 적용가능

2) 동작원리

- ① 정상상태에서는 중성선에 전류가 흐르지 않는다.( $\Delta I=0$ )
- ② 소자가 고장나면 3상 평형이 깨지므로 고장 소자의 중성점 전압이 상승하여 중성점 연결선에 전류가 흐른다.
- ③ 이 전류를 검출하여 차단기를 차단시킨다.
- ④ 고장 시 중성점간 전류

$$\Delta I = \frac{1.5K}{6-5K} I_a \left( K = \frac{\Delta X_c}{X_c} \right), I_a: \text{콘덴서의 정상전류}$$

$X_c$ : 정상상태에서의 리액턴스,

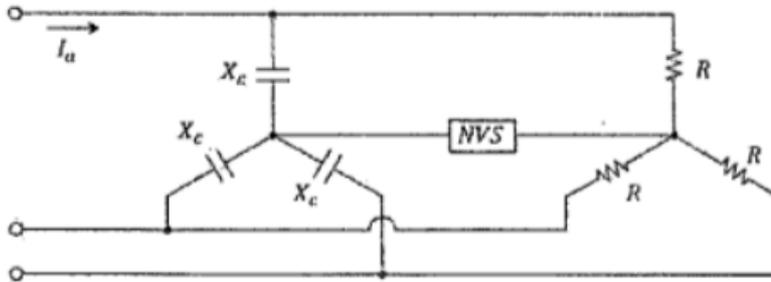
$\Delta X$ : 고장분의 리액턴스)

3) NCS 방식에서의 중성점간 전류 예

전압 [KV]	결선도 및 고장상태	리액턴스 변화율( $\Delta X/X$ )	중성점간 전류 $\Delta I$ [A]	고장상 전류
3.3		1	$1.5I_a$	$3I_a$
6.6		0.5	$0.22I_a$	$1.5I_a$
		1	$1.5I_a$	$3I_a$

2. NVS(Neutral Voltage Sensor) 방식

1) 개요도



- ① 콘덴서 소자 파손시 중성점간의 전압을 검출하는 방식
- ② 보조 저항을 Y결선 단자에 연결하여 보조 중성점을 만들어 불평형 전압 검출하는 방식
- ③ 콘덴서 결선이 단일 Y결선이어도 적용 가능

2) 동작원리

- ① 콘덴서 소자 고장시 중성점간의 전압이 상승하는 것을 감지하여 차단기를 차단

② 중성점 전위 상승  $V_N = \frac{E}{3(S-1)+1}$

여기서 E : 상전압

S : 직렬 소자수

3) 내부소자 고장 시 전압, 전류 변화

구성	직렬 소자수	고장 소자수	$V_N$	콘덴서 단자전압		전류	
				사고상	건전상	사고상	건전상
단일 Y결선	1	1	E	0	1.73E	$3.0I_a$	$1.73I_a$
	2	1	0.25E	0.75E	1.73E	$1.5I_a$	$1.73I_a$
	1	2	E	0	1.73E	$3.0I_a$	$1.73I_a$
2중 Y결선	1	1	E	0	1.73E	$2.0I_a$	$1.73I_a$
	2	1	0.25E	0.75E	1.73E	$1.25I_a$	$1.73I_a$
	2	2	E	0	1.73E	$2.0I_a$	$1.73I_a$

2-4. 해상풍력발전의 전력계통 연계방안을 내부전력망(Array cable or Inter array), 해상변전소 (Offshore substation) 및 외부전력망(Transmission cable or Export cable)으로 구분하여 설명하시오.

답) 출처' Journal of the Electric World - Special Issues4 (2015.04)

**1. 해상풍력발전의 전력계통 연계방안**

- 1) 해상풍력단지 전력시스템 원리
  - (1) 풍력터빈과 내부망 케이블로 구성되는 내부전력망.
  - (2) 효율적인 에너지 전송을 위한 해상변전소.
  - (3) 외부 전력망등으로 구성됨.

**2. 해상변전소 형태 및 구성**

- 1) 해상변전소는 크게 수면위의 상부구조물, 수중의 하부구조물, 해저의 기초로 구성.
- 2) 해상변전소 위치는 크게 손실을 줄이기 위한 목적이며, 내부망 케이블 비용 줄이기 위한 목적.
- 3) 해상풍력 단지 전체에 대한 경제성 및 신뢰성 평가에 기반하여 상부 구조물이 결정된다.
- 4) 그에 따라, 환경조건 및 해저상태를 고려 하부구조물 및 기초가 결정된다.



**3. 내부 전력망(Array cable or Inter array)의 전압 및 구성**

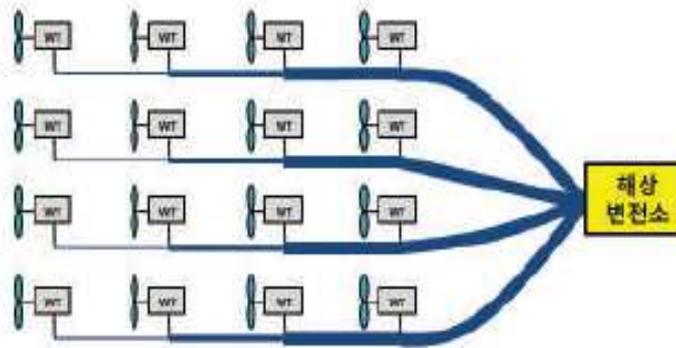
- 1) 내부망 전압
  - (1) 풍력터빈발전기는 690~1000V의 전압레벨에서 전력을 생산한다.
  - (2) 너셀이나 터빈 하부에 설치되어 있는 변압기에 의해 배전급의 내부 전력망 전압레벨로 상승.
  - (3) 전압의 크기가 커질수록 풍력터빈 내에 설치되어야 하는 변압기 혹은 개폐장치 등의 규모가 커져서
  - (4) 설치가 어려워져서 규격화 되어있는 전압레벨인 33~36kV가 일반적이다.

2) 내부망 구성

(1) 내부전력망 피더구조는 해상풍력단지의 규모, 신뢰도 레벨 등에 따라 그 형태가 다양하다.

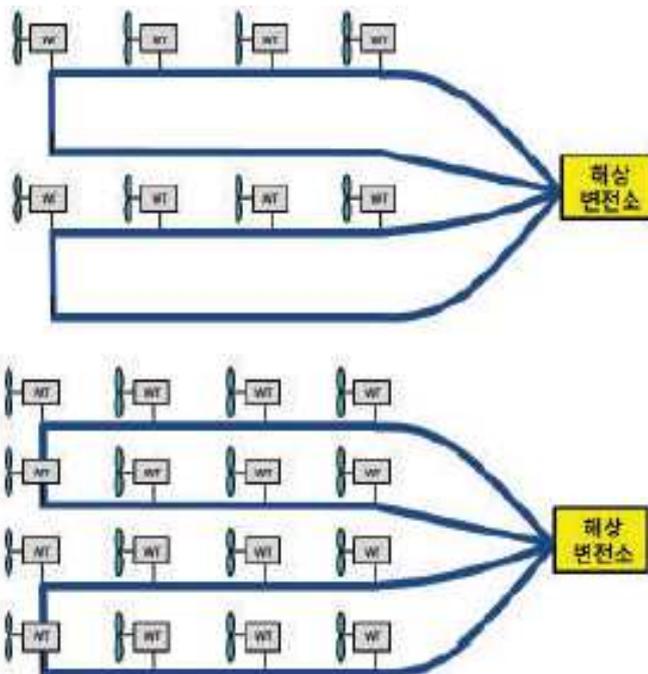
① 방사형

- ㉠ 가장 일반적인 구성.
- ㉡ 각각의 회선에 풍력터빈을 최대로 연결.
- ㉢ 해상변전소에서 먼 해저케이블일수록 직경이 작아지므로 비용절감 가능.
- ㉣ 해저 케이블 고장 시, 고장점 이후에 설치된 모든 풍력터빈의 출력이 중단된다.



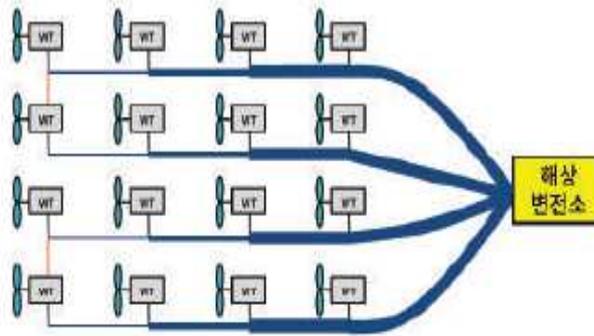
② 환상형

- ㉠ 방사형 구성에 각 회선별 해저 케이블을 추가적으로 설치하여 신뢰성 확보.
- ㉡ 회선 간 연결을 하지 않은 경우와 연결하는 경우로 구분한다.
- ㉢ 해저케이블 추가로 인한 초기 투자비용이 커진다.
- ㉣ 동일한 정격의 해저케이블이 필요하므로 비용은 더욱 커지게 된다.



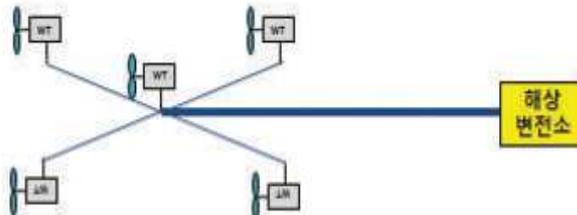
③ 비상전원 공급용 환상형

- ㉠ 내부 그리드 고장시 풍력터빈의 통신시스템, 냉난방공조시스템에 전력을 공급.
- ㉡ 해저 케이블 고장시 풍력터빈에 비상전력 공급 가능.
- ㉢ 해저 케이블 정격을 줄일 수 있으므로 경제적이다.
- ㉣ 해저 케이블 고장시, 고장점 이후에 설치된 모든 풍력터빈의 출력 중단된다.



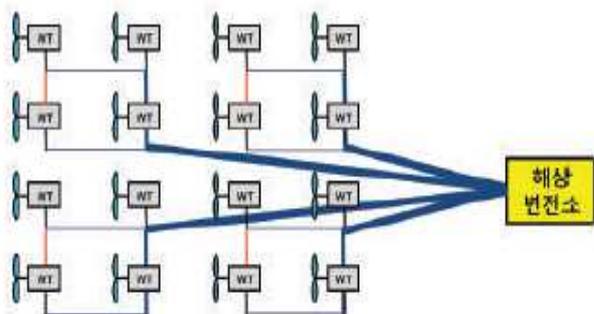
④ 스타형

- ㉠ 각각의 풍력터빈의 출력이 1개의 풍력터빈으로 모여서 해상변전소로 송전하는 구성.
- ㉡ 해저 케이블 고장시, 출력이 중단되는 풍력터빈 최소화
- ㉢ 각 풍력터빈과 해상변전소를 연결하는 해저케이블이 필요하므로 초기 투자비용 높음.



⑤ 혼합형

- ㉠ 다수 풍력터빈 출력을 해상변전소로 송전시키는 방법.
- ㉡ 내부그리드 고장시 풍력터빈의 통신시스템, 냉난방공조 시스템에 전력을 공급.
- ㉢ 해저 케이블 고장 시, 출력 중단되는 풍력터빈 최소화.
- ㉣ 해저 케이블 고장 시, 풍력터빈에 비상전력 공급 가능.
- ㉤ 각 풍력터빈과 해상변전소를 연결하는 해저케이블이 필요하므로 초기 투자비용 높음.



### 4. 외부전력망(Transmission cable or Export cable)의 전압 및 구성

#### 1) 외부망 전압

(1) 풍력발전단지의 최대 전송 용량에 따라 다음과 같이 적용한다.

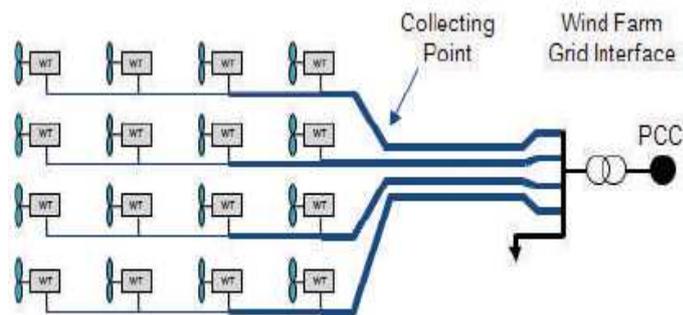
발전소 최대전송용량	전압
20MW 이하	22.9kV
500MW 이하	154kV
1,000MW 이하	345kV 또는 154kV
1,000MW 초과	345kV 이상

#### 2) 외부망 구성

(1) 풍력단지 용량, 육상에서 떨어진 거리, 연계될 전력계통의 전압을 고려하여 선정한다.

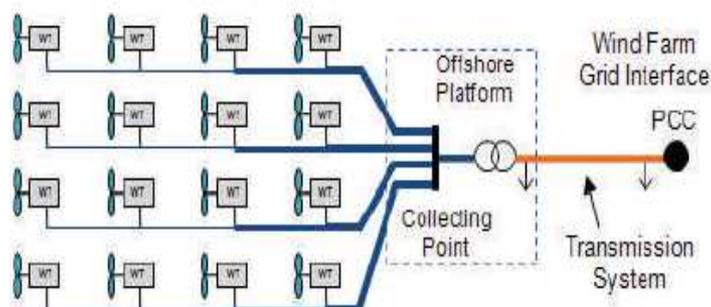
##### ① 배전급 MVAC

- ㉠ 내부그리드 전압으로 배전계통에 연계.(해상변전소 불필요)
- ㉡ 단지 용량이 작고 육상까지의 거리가 짧은 경우 유용하다.
- ㉢ 단지용량이 클 경우, 다수 회선의 외부 그리드를 설치로 해저케이블 비용이 상승.



##### ② 송전급 HVAC

- ㉠ 내부 그리드 전압을 승압하여 송전계통에 연계.(해상변전소 필요)
- ㉡ 단지 용량이 작고 육상까지의 거리가 짧은 경우 유용하다.
- ㉢ 단지용량이 상당히 크거나 육상까지의 거리가 상당한 경우 전력손실이 증가한다.

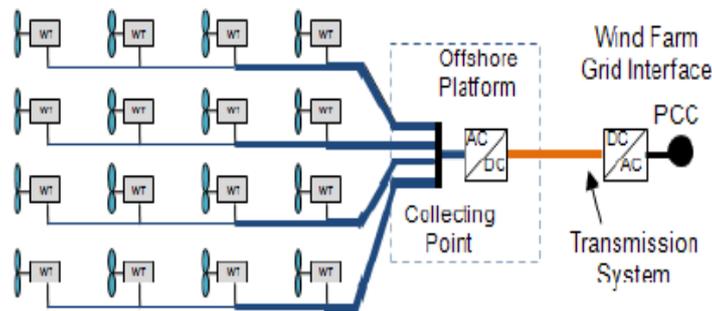


③ 송전급 HVDC

- ㉠ 내부 그리드 전압을 해상변전소를 통해 승압 한 후, 직류로 변환하여 송전한 후,
- ㉡ 육상에서 다시 교류로 변화하여 전력계통에 연계.
- ㉢ 단지 용량이 상당히 크며, 육상까지의 거리가 상당한 경우 유용하다.

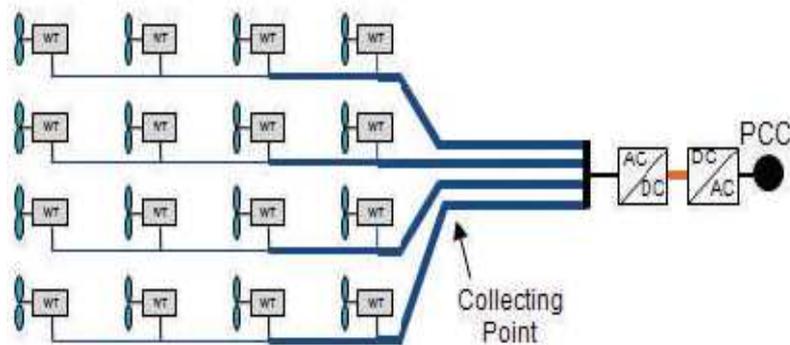
④ 송전급 HVDC 1

- ㉠ 해상 변전소에서 HVDC 시스템 추가 설치.
- ㉡ DC로 송전된 전력을 육상에서 교류로 변환.



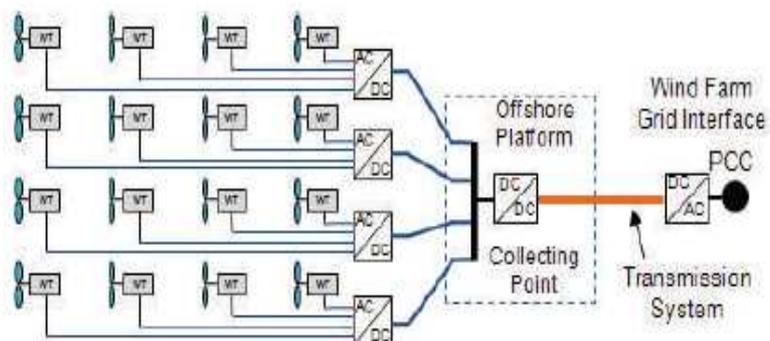
⑤ 송전급 HVDC 2

- ㉠ 육상에서 HVDC 시스템 설치.



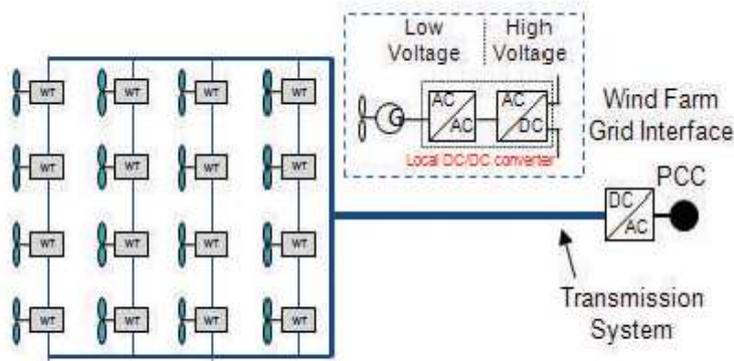
⑥ 송전급 HVDC 3

- ㉠ 풍력단지 각 회선에 AC/DC 컨버터 장착.
- ㉡ 해상에 DC/DC 컨버터를 설치하여 DC로 송전한 전력을 다시 육상에서 교류로 변환.



⑦ 송전급 HVDC 4

㉠ 풍력터빈에서 DC 전력을 생산하여, 육상에서 교류로 변환.



2-5. 전력시설문 공사감리업무 수행지침에 따라 물가변동으로 인한 계약금액 조정 시 계약 금액 조정 방법, 지수 조정율과 품목조정율의 개요 및 검토 시 구비서류에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 조달청(감리ES계재용/나라장터/2018년)

1. 계약금액 조정 시 계약금액 조정방법

- 1) 계약금액 조정 시 '증액조정'의 경우에는 계약대상자의 조정 신청에 의하여 계약금액을 조정하는 것이다.
- 2) 제22조 제3항의 규정에 따라 계약대상자는 제40조의 규정에 의한 준공대가 수령 전까지 조정신청을 해야 조정금액을 지급받을 수 있음.

2. 지수조정율 검토시 유의사항

- 1) 비목군 분류에 따라 해당되는 지수를 적용.
- 2) 1회 물가변동을 시행하고 2회 물가변동 검토 시는 변경 계약내역서 기준으로 작성.
- 3) 최초 계약체결시에 제출한 감리원의 투입계획서 첨부.
- 4) 조정기준일 이전에 변경계약이 체결된 경우 담당공무원이 승인한 조정 기준일 현재 감리원의 투입계획서를 첨부.
- 5) 감리대상공사의 공사공정예정표와 실시공정을 확인할 수 있는 월간보고서등의 자료 첨부.
- 6) 조정기준일 현재의 감리원의 투입 계획 대비 실 투입을 확인할 수 있는 자료 첨부.

**3. 지수조정율에 의한 물가변동 조정 시 구비 서류**

- 1) 물가변동으로 인한 계약금액 조정에 대한 종합의견서 1부.
- 2) 물가변동으로 인한 계약금액 조정내역 총괄표 1부.
- 3) 물가변동에 적용한 각종지수의 산정표 1부.
- 4) 물가변동 조정을 산출표 1부.
- 5) 물가변동 적용대가 집계표 1부.
- 6) 물가변동 적용대가 분류 내역서 1부.
- 7) 물가변동 적용대가의 비목군 분류집계표 1부.
- 8) 물가변동으로 인한 계약금액 조정 참고자료 1부.
- 9) 기타 참고 사항 1부.
- 10) 첨부할 자료의 1에서 9까지의 내용이 저장된 디스켓 1매.

**3. 품목조정을 검토시 유의사항**

- 1) 품목에 대한 가격 및 업체 조사는 예정가격 작성 시와 동일한 조건 및 방법으로 조정기준일 가격을 산정하여 등락을 검토.
- 2) 물가변동 조정기준일 이후에 물가변동을 신청하는 경우 기성대가를 지급받은 경우에는 적용대사에서 기성대사를 공제 적용.
- 3) 최초 계약 체결시에 제출한 감리원의 투입계획서 첨부.
- 4) 조정기준일 이전에 변경계약이 체결된 경우 담당공무원이 승인한 조정 기준일 현재 감리원의 투입계획서를 첨부.
- 5) 감리대상공사의 공사공정예정표와 실시공정을 확인할 수 있는 월간보고서등의 자료 첨부.
- 6) 조정기준일 현재의 감리원의 투입 계획 대비 실 투입을 확인할 수 있는 자료 첨부.

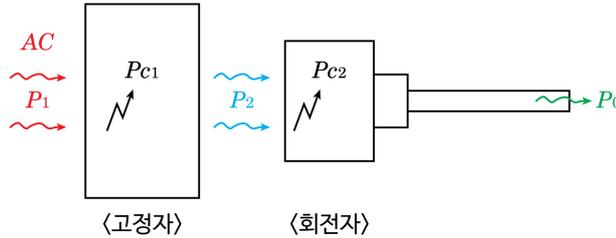
**3. 지수조정율에 의한 물가변동 조정 시 구비 서류**

- 1) 물가변동으로 인한 계약금액 조정에 대한 종합의견서 1부.
- 2) 물가변동으로 인한 계약금액 조정내역 총괄표 1부.
- 3) 물가변동에 조적 내역 총괄표 1부.
- 4) 물가변동 조정을 산출표 1부.
- 5) 물가변동 조정 내역서 1부.
- 6) 물가변동 적용대가의 단가 산출근거 1부.
- 7) 물가변동 적용품목의 조사가격 비교표 1부.
- 8) 물가변동으로 인한 계약금액 조정 참고자료 1부.
- 9) 기타 참고 사항 1부.
- 10) 첨부할 자료의 1에서 9까지의 내용이 저장된 디스켓 1매.

2-6. 3상 유도전동기가 4극, 50Hz, 10HP로 전 부하에서 1450rpm으로 운전하고 있을 때, 고정자 동손은 231W, 회전 손실은 343W 이다. 다음을 구하시오.

답)

출처: 전기이론 각종 도서



P1: 1차 입력

P1c: 1차 동손 (고정자 동손)

P2: 2차 입력

P2c: 2차 동손 (회전자 동손)

<유도전동기의 구조의 단순화>

### 1. 축토크

축토크라 함은 유도전동기의 축에서 발생하는 토크를 말한다. 유도전동기에서 발생하는 토크라고 생각 할 수 있으며 유도전동기의 토크를 구하는 공식은 다음과 같다.

#### 1) 입력을 이용하는 방법(P2 값)

$$\tau = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{P_2}{2\pi \frac{N_s}{60}} = \frac{P_2}{\frac{2\pi}{60} \times \frac{120f}{P}} = \frac{P_2}{\frac{4\pi f}{P}} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

#### 2) 출력을 이용하는 방법(P0 값)

$$\tau = \frac{P_0}{\omega} = \frac{P_0}{2\pi \frac{N}{60}} = \frac{P_0}{\frac{2\pi}{60} (1-S) N_s} = \frac{P_0}{\frac{2\pi}{60} (1-S) \frac{120f}{P}} = \frac{P_0}{\frac{4\pi f (1-S)}{P}} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

문제에 10 [HP]의 출력 값이 주어졌고 극수와 주파수로 무부하회전수(N<sub>0</sub>)를 구할 수 있다.

무부하회전수와 전부하회전수를 이용하여 슬립을 구할 수 있다.

다만, 계산에서 사용된 N<sub>0</sub> = 1500 [rpm]은 이론적인 회전수이며 실제 N<sub>0</sub> 는 약 1470 [rpm] 정도로 측정이 될 것이다.

$$\text{(부하)슬립 } S = \frac{N_0 - N_s}{N_s}$$

공식을 이용하여 구한 슬립 S는 0.0345 이다.

따라서, 출력 값  $P_0 = 10 \text{ [hp]} = 746 * 10 = 7460 \text{ [W]}$  과 슬립  $S$ 를 이용하면

$$\tau = \frac{P_0}{\frac{4\pi f(1-S)}{P}} = \frac{7460}{\frac{4\pi \times 50 \times (1-0.0345)}{4}} = 49.21$$

축토크는 약  $49.2 \text{ [N} \cdot \text{m]}$  임을 알 수 있다.

### 2. 유기된 기계적 출력

유기된 기계적 출력은 축을 통해 전달되는 유도전동기의 출력을 의미하며 이는 문제에서 주어주었다.

기계적출력  $P_0 = 10 \text{ [hp]} = 7460 \text{ [W]}$

### 3. 공극 전력

공극에 전달되는 전력으로 ‘gap power’ 라고도 한다. 이는 회전자 입력. 즉, 2차 입력이라고 볼 수 있다. 이 값은 유도전동기의 유도식을 이용하여 풀이가 가능하다.

**유도전동기의 유도식 -  $P_2 : P_{2c} : P_0 = 1 : S : (1-S)$**

위의 문제 풀이를 통해 얻은 값을 대입하여  $P_{2c}$  값을 구할 수 있다.

$$P_2 : P_0 = 1 : (1-S) \rightarrow P_2 = \frac{P_0}{(1-S)} = 7726.6 \text{ [W]} \text{ (여기서, } P_2 \text{는 2차 입력이다.)}$$

따라서,  $P_2 = 7726.6 \text{ [W]}$

### 4. 회전자 동손

회전자에서 발생하는 동손. 즉, 2차 손실을 의미한다. 이 역시 유도전동기의 유도식을 이용하여 풀이가 가능하다.

**유도전동기의 유도식 -  $P_2 : P_{2c} : P_0 = 1 : S : (1-S)$**

위의 문제 풀이를 통해 얻은 값을 대입하여  $P_{2c}$  값을 구할 수 있다.

$$P_2 : P_{2c} = 1 : S \rightarrow P_{2c} = P_2 \times S = 7726.6 * 0.0345 = 266.56 \text{ (여기서, } P_{2c} \text{는 2차 동손이다.)}$$

따라서,  $P_{2c} = 266.6 \text{ [W]}$

## 5. 입력 전력

입력 전력은 고정자에 공급된 교류전력. 즉, 1차 입력 값을 의미한다. 1차 입력은 '2차 입력 + 고정자 동손 + 회전자 동손'으로 볼 수 있다. 고정자 동손은 문제에서 주어졌다.

따라서,  $P_1 = P_2 + \text{고정자 동손} + \text{회전자 동손} = 7726.6 + 231 + 266.6 = 8224.2 \text{ [W]}$

## 6. 효율

효율은 고정자에 들어온 1차 입력 값과 회전자에 들어간 2차 입력 값에 따라 1차 효율과 2차 효율로 나눌 수 있다.

$$\text{1차 효율 } \eta_1 = \frac{P_0}{\text{1차입력}}$$

$$\text{2차 효율 } \eta_2 = \frac{P_0}{\text{2차입력}}$$

따라서,

$$\eta_1 = \frac{7460}{7957.6} = 0.937 \text{ 즉, 1차 효율은 93.7 [\%]}$$

$$\eta_2 = \frac{7460}{7726.6} = 0.965 \text{ 즉, 2차 효율은 96.5 [\%]}$$

라는 것을 알 수 있다.

# 제 3교시 문제풀이

3-1. 케이블 충전전류의 발생원인, 영향(문제점) 및 대책에 대하여 설명하시오.

답 출처: 발송배전기사 자료

## 1. 케이블 충전전류의 발생원인

- 1) 전력 케이블의 인덕턴스는 가공선과 마찬가지로  $L = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{r} [mH/km]$ 로 되는데 가공선에 비하여 선간거리 D가 매우 작기 때문에 그 값은 가공선에 비하여 1/3정도 밖에 되지 않는다.
- 2) 전력케이블의 정전용량은 가공선에 선간거리 D를 사용하는 대신에 연피반지름 R을 사용하므로 단심케이블의 경우  $C = \frac{0.02413\epsilon_s}{\log_{10} \frac{R}{r}} [\mu F/km]$ 로 되어 가공선에 비해 대략 30배정도 크게된다.
- 3) 심야 경부하시나 장거리 선로의 경우에는 선로의 충전용량이 매우 커져 충전전류가 흐르게 된다.

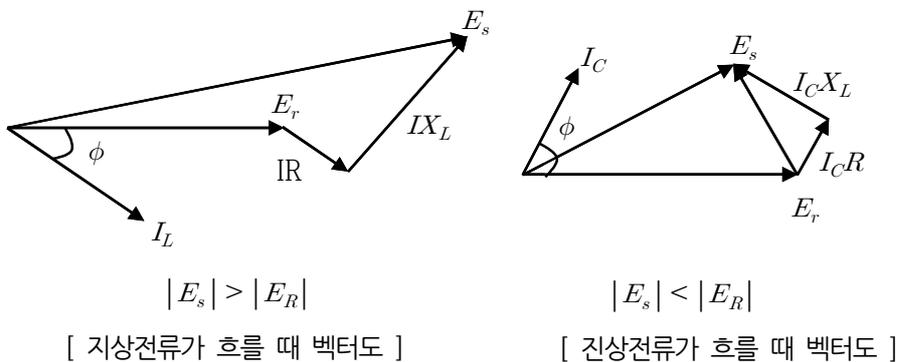
## 2. 영향(문제점)

### 1) 페란티 현상의 발생

(1) 정의

장거리 선로 심야 경부하시 등 선로의 충전용량에 의해 수전단 전압이 송전단 전압보다 커지는 페란티 현상이 발생한다.

(2) 벡터도



(3) 원인

선로의 충전전류  $I_c$ 와 선로의 자기인덕턴스에 의한 기전력  $L \frac{di_c}{dt}$  때문에 수전단 전압이 송전단 전압보다 높아진다.

## (4) 영향

- ① 전력용기기의 열화 촉진 (기기의 절연파괴)
- ② 변압기, 리액터등 철심사용 전력용 기기의 고조파가 발생한다.
- ③ 기기 나 조명기구 등의 수명이 감소한다.

## 2) 해저 케이블 송전 어려움.

해저 케이블 송전의 경우 20~30[km]를 초과하게 되면 케이블 정전용량에 의한 내부과전압에 의해 케이블 절연이 파괴된다.

## 3) 발전기 자기여자 현상의 발생.

## 4) 과 진상 역률에 의한 조상설비 비용 증대 및 전기요금 증대.

## 3. 대책

## 1) 발전기 및 동기조상기 저여자 운전

발전기 나 동기조상기를 저여자로 운전하여 무효전력 소비원으로서 전압을 낮춘다.

## 2) 수요관리를 통하여 심야 경부하를 해소한다. 부하평준화로 지상부하를 늘린다.

## 3) 조상설비로서 ShR(병렬 리액터)를 설치한다.

## 4) SVC, STATCON 등을 설치하여 무효전력을 소비원으로서 전압을 낮춘다.

## 5) 해저케이블 송전의 경우 거리가 길어지면 양단에 ShR(병렬 리액터)를 설치해도 내부과전압을 피할수 없으므로 HVDC 송전으로 송전방식을 바꾼다.

3-2. 접지형 계기용변압기(GVT) 사용 시 고려사항에 대하여 설명하고, 설치개수와 영상전압과의 관계에 대해서도 설명하십시오.

- 1) 접지형 계기용변압기(GVT)      2) 접지형 계기용변압기(GVT) 사용 시 고려사항  
 3) 접지형 계기용변압기(GVT) 설치개수와 영상전압과의 관계

답)

출처: 한국전기기술인협회지(05.10)

**1) 접지형 계기용변압기(GVT)**

- ① 접지형 계기용변압기(GVT)는 개방  $\Delta$ 결선을 이용하여 계통의 지락사고가 발생했을 때 영상전압을 검출하여 지락계전기(OVGR)를 동작시키기 위해 설치한다.
- ② 접지형 계기용변압기(GVT)를 다수 설치하면 영상전압이 감소한다.

**2) 접지형 계기용변압기(GVT) 사용 시 고려사항**

- ① 2차 상전압에 접속되는 기기는 접지사고 시 정격전압이  $\sqrt{3}$  배 상승 할 수 있으므로 충분한 과전압계수가 고려되어야 할 것이다.
- ② 2차 부담은 가능하면 정격부담의  $1/\sqrt{3}$  이내로 하여 각상 균등하게 하는 것이 좋다.
- ③ 3차 부당, 한류계전기(CLR)의 정격 및 사용제한시간을 충분히 검토할 필요가 있다.
- ④ 1차중성점은 필히 대지에 접지시켜야 한다.
- ⑤ 근래에는 선택지락계전기(SGR)가 정지형 또는 디지털형으로 생산되어 입력전압을 자유로이 설정 할 수 있으므로 과전압 시의 오차보다는 사용제한시간을 고려하여 3차 부당을 선정하는 것이 경제적이다.

**3) 접지형 계기용변압기(GVT) 설치개수와 영상전압과의 관계**

실제 계통에서는 지락전류의 경로를 만들어 영상전압을 검출하기 위해 GVT를 설치하여 사용하게 되는데 국내 플랜트에서는 고압계통의 변압기 군별 GVT 설치개소가 많아, 영상전압 감소저하의 원인이 되고 있다. GVT 1개소를 설치했을 경우 영상전압은 다음과 같이 변한다.

- ① GVT 1개소를 설치한 경우 GVT 3차 영상전압  $V_{0\Delta}$   
 3.3kV 비접지 계통에 GVT를 1개소 설치한 경우, CV 케이블을 다음과 같이 시설한 것으로 한다.
  - 100mm<sup>2</sup>, 1km (C=0.37 $\mu$ F/km)
  - 250mm<sup>2</sup>, 1km (C=0.52 $\mu$ F/km)
  - 지락점 저항 4000[ $\Omega$ ](단, 계산 편리상 케이블 정전용량은 1 $\mu$ F으로 한다.)

$$V_{0\Delta} = \frac{3}{n} V_0 = \frac{3}{n} \times \frac{E}{(1 + \frac{R_g}{R_N}) + j3\omega CR_g}$$

$$= \frac{3}{30} \times \frac{3300/\sqrt{3}}{(1 + \frac{4000}{5000}) + j3 \times 2\pi \times 60 \times 1.0 \times 10^{-6} \times 4000} \approx 39.1[V]$$

$$(n = \frac{(3300/\sqrt{3})}{(190/3)} = 30, R_N = \frac{n^2 r N}{9} = \frac{30^2 \times 50}{9} = 5000[\Omega])$$

위의 결과에서 완전 지락 시  $R_g = 0$ , 케이블 정전용량을 무시하면

$$V_{0\Delta} = \frac{3}{30} \times \frac{3300/\sqrt{3}}{(1 + \frac{0}{5000})} = 190.5[V] \text{가 된다.}$$

**3-3. 정부에서는 태양광발전산업으로 장려하기 위하여 2018년 REC(Renewable Energy Certificate) 가중치를 개정하고, 발전차액지원제도(FIT: Feed-In Tariff)를 한시적으로 도입하기로 결정하였다. 이에 대하여 설명하시오.**

답)

출처' 2018 REC 가중치 개정안.(삼정KPMG 및 산업통상자원부 참조)

**1. REC(Renewable Energy Certificate)의 개념.**

- 1) 신재생 에너지를 이용해 에너지 공급한 사실을 증명한 인증서.

**2. REC(Renewable Energy Certificate) 가중치 결정기준.**

- 1) 신재생에너지법 시행령상 REC가중치는 경제적 측면과 정책적 측면을 고려하여 정하도록 규정.
- 2) 18조의9(신·재생에너지 가중치)법 제12조의7제3항 후단에 따른 신·재생에너지의 가중치는
- 3) 해당 신·재생에너지에 대한 다음 각 호의 사항을 고려하여 산업통상자원부장관이 정하여
- 4) 고시하는 바에 따른다.
  - (1) 환경, 기술개발 및 산업 활성화에 미치는 영향.
  - (2) 발전 원가.
  - (3) 부존(賦存)잠재량.
  - (4) 온실가스 배출 저감에 미치는 효과.
  - (5) 전력수급의 안정에 미치는 영향
  - (6) 지역주민의 수용 정도.

**3. REC(Renewable Energy Certificate) 가중치 개선안 핵심 내용.**

- 1) 임야 가중치 하향 조정.
  - (1) 임야지역에 태양광 발전소를 건설하는 과정에서 산림이 훼손되는 것을 방지하기 위해
  - (2) 임야지역의 가중치 설치용량에 관계없이 0.7로 하향 조정됨.

## 2) ESS(에너지 저장장치) 비중 증가.

- (1) 현재 태양광 설비와 연계된 ESS는 5.0의 가중치 적용.
- (2) 2019년 12월31일까지 현행 유지되다가 2020년부터 4.0으로 하향 조정 됨.
- (3) 하향 조정 이유는 기술개발로 인해 배터리 가격이 하락 된다면
- (4) 가중치를 통한 인센티브가 줄어도 경제성이 충족될 것으로 간주.

## 3) 소형 태양광 고정가격계약 매입제도 도입.

- (1) 30kW 미만 소형태양광사업자, 100kW미만 협동조합·농축산어민 사업자에 한함.
- (2) 공기업이 SMP+REC 고정가격으로 20년동안 고정가격으로 전량 구입해주는 제도.

## 4) 주민참여형 사업 REC 가중치 우대 범위 확대.

- (1) 발전소로부터 반경 1km 이내에 소재하는 읍·면·동에 1년 이상 주민등록이 되어있는 주민.
- (2) 주민들이 해당 발전소에 투자해서 그 수익을 공유하는 사업.
- (3) 기존 지분 참여에 대해서만 REC가중치 우대 되었지만,
- (4) 개정 후 채권·펀드형까지 범위가 확대될 예정.

**4. 발전차액제도 FIT(Feed-In Tariff)의 개념.**

- 1) 화석에너지 발전원에서 신·재생에너지원으로 발전연료를 전환하여
- 2) 발전부문에서 온실가스를 감축하고자 하는 시도에서 설계된 정책.
- 3) 전력이나 열을 공급/판매하는 자에서 신·재생에너지 사용을 의무화
- 4) 초과하는 비용을 정부가 지원하는 제도임.

**5. 발전차액제도 FIT(Feed-In Tariff)의 핵심 내용.**

- 1) 신·재생에너지 발전에 참여하는 협동조합 및 농민은 100kW 미만,
- 2) 개인사업자는 30kW 미만의 태양광에너지를 향후 20년간 의무구매.
- 3) 공청회 등을 거쳐 5년간 한시적으로 수익을 보장해주는 방안을 최종 확정 지을 계획.
- 4) 사회적 경제 기업(협동조합)이 참여한 사업이나 시민참여 펀드가 투자된 사업 등에
- 5) 신재생에너지공급인증서(REC) 가중치를 부여하는 등의 인센티브를 제공
- 6) 초과하는 비용을 정부가 지원하는 제도임.

**6. 결론.**

- 1) 현재 신·재생 에너지 발전량 비중을 7%에서 20%로 높이기 위한 제도이다.
- 2) 정부는 2030년까지 신규 재생에너지 설비 48.7GW를 보급 예정이다.
- 3) 협동조합 등 소규모 사업자의 태양광 사업 확대를 통해 19.9GW 확충 예정이다.
- 4) 대규모 재생에너지는 28.8GW 추진 예정이다.
- 5) 이로 인해 2030년까지 추가되는 태양광은 30.8GW 풍력은 16.5GW 달할 예정이다.

**3-4. 분진위험장소에 시설하는 전기배선 및 개폐기, 콘센트, 전등설비 등의 시설방법에 대하여 설명하시오.**

답)

출처: 모아건축전기설비 기술사 2권, 371p

**1. 분진의 종류**

분진이란 지름 1,000um 이하의 분체가 공기 중에 떠 있는 것으로 폭발 위험이 있는 분진 때문에 최근 분진방폭 중요성이 증대되고 있다.

1) 폭연성 분진

마그네슘, 알루미늄, 티탄, 지르코늄 등의 먼지가 쌓여 있는 상태에서 공기 중 산소가 적은 분위기 중 또는 이산화탄소 중에서도 불이 붙었을 때 폭발한 우려가 있는 금속성 분진

2) 가연성 분진

폭연성 분진을 제외한 공기 중 가연성 먼지(소맥분, 전분, 유황 등)가 쌓여 있는 상태에서 폭발할 우려가 있는 분진으로 산소와 발열반응을 일으켜 폭발하는 분진

**2. 분진위험장소의 종류**

인화성 물질의 분진운이 발생되거나 퇴적되는 지역을 위험분위기 생성 가능성에 따라 구분한다.

- 1) 20종 장소: 공기 중에 가연성 분진운이 연속적, 장기간 또는 단기간 자주 폭발분위기로 존재
- 2) 21종 장소: 공기 중에 가연성 분진운이 정상작동 중 빈번하게 폭발분위기를 형성 가능함
- 3) 22종 장소: 공기 중에 가연성 분진운의 형태가 정상작동 중 폭발분위기를 거의 형성하지 않고, 만약 발생한다 하더라도 단기간만 지속될 수 있는 장소

**3. 분진위험장소의 시설방법**

1) 설치위치 선정 시 고려사항

- (1) 운전, 조작, 조정 등이 편리한 위치에 설치.
- (2) 보수가 용이한 위치에 설치하고 점검 또는 정비에 필요한 공간을 확보
- (3) 가능하면 수분이나 습기에 노출되지 않는 위치를 선정하고, 상시 습기가 많은 장소에 설치하는 것은 특별히 안전조치
- (4) 부식성 가스 발산구의 주변 및 부식성 액체가 비산하는 위치에 설치하는 것을 피함
- (5) 열유관, 증기관 등의 고온 발열체에 근접한 위치에는 가능하면 설치를 피함
- (6) 진동의 영향을 받을 수 있는 위치에 설치하는 것을 가능한 한 피하거나 진동방지 조치

2) 전기 배선

(1) 배선 재료

- ① 절연전선으로서 절연체의 재질이 고무, 비닐, 폴리에틸렌 등을 사용할 수 있으나
- ② 사용 장소에 따라서 부식성물질이나 습기의 존재 유무 등을 고려하여 적합한 것을 사용

- (2) 20종 또는 21종 장소에서 전선관
- ① KS C 8401(강제전선관)에 따른 후강전선관 등을 사용
  - ② 전선관용 부속품(Fittings)은 해당 장소에 사용이 허용된 방폭성능을 가진 것을 사용
- (3) 제조자가 공급한 21종 또는 22종 장소에서 사용
- ① 분진방폭형 전기기기에 나사산이 나 있는 인입구(Hub)가 없는 경우 해당 장소용으로 목록에 등록된 허브(Hub)를 사용
  - ② 인입부가 방폭 성능을 잃지 않도록 밀봉을 할 것
- 3) 케이블 배선 등
- (1) 운전, 조작, 조정 등이 편리한 위치에 설치
  - (2) 케이블은 외장에 고무나 플라스틱을 사용한 것 또는 금속제를 외장한 것을 사용
  - (3) 외적 충격에 보호가 될 수 있도록 강관, 강대 및 황동대로 둘러싼(鎧裝) 케이블 및 MI(Mineral Insulated) 케이블을 사용하는 경우를 제외
  - (4) 금속전선관 또는 콘크리트관, 기타의 사용장소에 적합한 방호수단을 사용
  - (5) 시스(Sheath) 재료는 설치장소의 주변온도 및 화학물질에 내구력 있는 것 사용
  - (6) 도체의 굵기는 케이블의 허용전류에 대하여 여유가 있는 것 사용
  - (7) 보호관은 강제 전선관, 배관용 탄소강관 및 합성수지관 등 케이블의 외상 방지에 충분한 효과가 있는 것을 사용
  - (8) 유연 전선관 핏팅(Flexible conduit fitting)등 보호관용 부속품은
    - ① 금속제 등으로 케이블의 외상을 방지할 수 있도록 충분한 강도를 지닌 것으로서
    - ② 그 내부에 케이블의 손상의 원인이 될 수 있는 돌기물이 없고 또한 유연부분이 케이블 허용 곡률반경에 적합한 것을 사용
  - (9) 케이블 시설경로는 부식성 용제나 외부로부터의 열전달, 진동 등의 영향을 받지 않는 것
  - (10) 폭발위험장소
    - ① 케이블과 케이블의 중간 접속은 하여서는 안 된다.
    - ② 다만, 케이블의 직선접속, 분기접속 및 케이블의 금속관 배선에서 절연전선과의 접속이 불가피할 경우에는 설치장소에 적합한 방진·방수 보호등급(IP 등급)을 만족하는 접속함 내에서 접속하여야 한다.
- 4) 개폐기, 차단기, 배전반, 제어기 등
- (1) 폭연성 분진 장소: 특수방진 방폭구조로 할 것
  - (2) 가연성 분진 장소: 보통방진 방폭구조로 할 것
- 5) 콘센트, 콘센트 플러그
- (1) 폭연성 분진 장소: 시설하지 말 것
  - (2) 가연성 분진 장소: 보통방진 방폭 구조로 할 것

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

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 2권 377p  
2018년 내진전기설계 시공지침서 개정안

**1. 내진설계 개념**

- 1) 지진으로 인하여 전기기기 및 배관등이 파손 피해를 입거나 기능을 상실하는 것 방지.
- 2) 인명의 안전을 도모.
- 3) 지진 후에 필요한 활동을 가능하게 함.
- 4) 지진동으로 인하여 건축전기설비의 기기 및 배관이 활동, 전도, 낙하하지 않도록 건축물에 견고하게 고정 및 장착
- 5) 지진 발생 후에 건축전기설비의 복구에 관련된 노력 및 시간이 감소함으로서 신속한 운용 재계 목표로 함.

**2. 내진설계 의무 대상 건축물**

**1) 내진설계 대상 건축물 관련 법규 변경과정**

88년	95년	05년	15년	17년 2월	17년 12월
6층이상	6층이상	3층이상	3층이상	2층이상	2층이상
100,000m <sup>2</sup> 이상	10,000m <sup>2</sup> 이상	1,000m <sup>2</sup> 이상	500m <sup>2</sup> 이상	500m <sup>2</sup> 이상	200m <sup>2</sup> 이상 모든신축주택

**2) 내진설계 의무 대상 건축물**

- (1) 건축법 시행령 32조 1항에 의거 적용 된다.
- ① 층수가 2층 이상인 건축물
  - ② 연면적이 200제곱미터 이상인 건축물.  
단, 창고, 축사, 작물 재배사 및 표준설계도서에 따라 건축하는 건축물은 제외한다.
  - ③ 높이가 13M 이상인 건축물.

**3) 2018년 건축전기설비 내진설비 대책.**

- (1) 건축전기설비의 내진설계 목표
- ① 지진운동에 의해 건축전기설비가 활동, 전도, 또는 낙하되는 것을 방지 목표.
    - ㉠ 외적 안정성 확보.
    - ㉡ 구조 안전성 확보
    - ㉢ 기능성 - 내진검증.

- ② 연면적이 200제곱미터 이상인 건축물.  
단, 창고, 축사, 작물 재배사 및 표준설계도서에 따라 건축하는 건축물은 제외한다.
- ③ 높이가 13M 이상인 건축물.

(2) 건축전기설비의 내진설계 적용 대상 및 제외 설비

- ① 적용대상: 일반적으로 알고 있는 전기 설비는 다 해당 됨.
- ② 제외 대상
  - ㉠ 기기 본체의 내진 성능
  - ㉡ 중량 1kN 이하의 기기
  - ㉢ 기준 이하의 단독 전선관, 케이블트레이 또는 전기 배선, 버스 덕트
  - ㉣ 인입주, 구내 전주, 가공 배선
  - ㉤ 외부 또는 지중에 설치하는 전기설비
  - ㉥ 전기급탕기류, 승강기 설비
  - ㉦ 기름, 물 배관, 배기관, 급배기 덕트

4) 건축전기설비 내진설계의 구조 설계 방법

(1) 정착부의 구조설계

- ① 기본적으로 허용응력설계법 적용.
- ② 콘크리트구조기준 또는 기타 설계기준의 앵커 설계법 허용.
- ③ 설계지진력의 결정.
  - ㉠ 기기 중심 위치의 설계지진력 결정.
  - ㉡ 기본적으로 등가정적하중법을 적용.
  - ㉢ 건축물의 동적해석법을 허용.

5) 건축전기설비 내진설계의 정착 설계 방법

(1) 앵커볼트

- ① 기기를 정착용 바닥에 고정.
- ② 매립형 또는 후시공형(확장앵커).

(2) 기초

- ① 바닥 콘크리트슬래브와 결합된 부재.
- ② 매립형 또는 후시공형(확장앵커).

(3) 상단지지 혹은 배면 지지

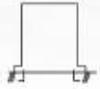
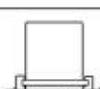
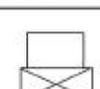
- ① 기기 하단의 정착에 추가하여 정착.
- ② 내진성 증진.

(4) 내진스토퍼

- ① 방진고무 혹은 고정철물로 고정.
- ② 직접 앵커볼트의 연결이 어려운 경우.

(5) 받침대(받침 프레임)

- ① 앵커볼트로 직접 구조물에 연결이 어려운 경우.
- ② 기기와 건축물 사이에 받침 프레임 설치.

앵커볼트	
기초	
상단 지지 배면 지지	
내진스토퍼	
받침대	

3-6. VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)와 VVCF(Variable Voltage Constant Frequency)의 원리, 특징 및 적용되는 분야에 대하여 설명하시오.

1) VVVF, VVCF 원리 및 특징.                      2) 적용되는 분야

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 1권 223p

**1.개요**

1) VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)

- ① VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)시스템이란 가변전압, 가변주파수 제어장치 또는 인버터제어장치라고 하며 유도전동기의 가변속 구동장치로 사용한다.
- ② 유도전동기를 임의 속도로 운전하기 위하여 주파수를 가변 시킬 수 있는 전력변환기이다.

2) VVCF(Variable Voltage Constant Frequency)

- ① VVCF(Variable Voltage Constant Frequency)는 가변전압 일정주파수 방식으로 싸이리스터로 구성되어 제어회로에서 주어지는 신호에 따라 주기적으로 ON/OFF하여 전동기에 인가되는 전압을 조절하는 기능을 한다.
- ② 따라서, 전원전압의 일부를 잘라내어 전동기 인가전압의 실효치를 줄여주게 된다.

**2. VVVF 원리 및 구성**

1) 주파수 제어

- ①  $N = N_s = N_s(1 - S) = \frac{120f}{P}(1 - S)[rpm]$
- ② 주파수 변환
  - ㉠ 연속 속도제어
  - ㉡ 슬립 변화  $X \rightarrow$  운전 효율  $\uparrow$
  - ㉢ 주파수 변화  $\rightarrow$  최대 토크 변화(속도제어 한계)

2) 구 성

- ① 컨버터(Converter): 전력전자소자(3상 전파전류회로와 평활회로)를 이용 AC를 DC로 변환시킨다.
- ② 인버터(Inverter): Converter부의 DC를 AC로 역변환시킨다.
- ③ 제어부: 연산, 검출, 구동회로로 구성되며 인버터의 출력, 주파수 및 전압제어 등 각종 보호 기능이 동작한다.

3) 특 징

- ① 전동기 전류, 토크, 속도 제어                      ②  $\frac{V}{F}$  동시 제어  $\rightarrow$  광범위 제어 가능
- ③ 에너지 절감 효과                                      ④ 고조파 발생
- ⑤ 저속 시 저역률    ⑥ 구성 복잡

### 3. 적용되는 분야

- 1) 인버터의 가장 대표적인 적용 예로서, 동력의 70% 이상을 담당하는 펌프 및 팬, 블로어 등 그리고 컴프레서를 통칭하는 저감토크부하의 회전속도 제어를 중심으로 적용되며, 인버터에 의한 각종 기계의 에너지절약을 목적으로 가변속 제어가 폭넓은 분야에서 적용되고 있다.

### 4. VVCF 원리 및 구성

1) 원리

① 1차 전압제어

㉠ 토크:  $T \propto V^2 \rightarrow N \propto \frac{1}{T}$

㉡ 1차 전압제어: VVCF

2) 구성

- ① 컨버터(Converter): 전력전자소자(3상 전파전류회로와 평활회로)를 이용 AC를 DC로 변환시킨다.  
 ② 제어부: 연산, 검출, 구동회로로 구성되며 인버터의 출력, 주파수 및 전압제어 등 각종 보호 기능이 동작한다.

3) 특징

- ① 전동기, 조명 전류 위상 제어  
 ② Soft 운전  
 ㉠ 전기적, 기계적 충격 저하      ㉡ 기동전류 억제      ㉢ Soft 기동, 정지

4) 설치효과

- ① 전동기와 기계의 종류 및 부하율에 따라 5~30[%]의 절전효과를 나타내게 된다.  
 ② 전류 불균형의 개선을 들 수 있는데, 3상 전동기의 각 상전류를 동일하게 조정하여 전동기의 진동 및 소음을 방지함은 물론 전동기의 발열을 감소시킴으로써 전동기의 수명 연장이 가능하다.  
 ③ 전동기의 작업공정에 필요한 전력만 사용하므로 선로계통의 전압강하를 방지하게 된다.  
 ④ 또한, 부하변동에 따라 각각 최고의 역률로 운전하므로 전동기의 진상콘덴서 설치 비용을 절감할 수 있다.  
 ⑤ 전동기의 온도를 낮추므로 여름철 냉방부하시 실내온도의 상승을 방지할 수 있다.

### 5. 적용되는 분야

VVCF는 경부하시 전압을 감소시켜 철손을 줄이고, 동손을 일치시킴으로써 효율을 극대화시키고 전압을 낮춤으로써 입력전력도 감소하는 효과를 가지게 되어 에너지절약을 도모할 수 있다.

# 제 4교시 문제풀이

**4-1. 지중 케이블의 고장점 추정방법에 대하여 설명하시오.**

답

출처' 발송배전기술사 자료

## 1. 개요

케이블에 고장이 발생한 경우 고장유형에 따라 다음의 고장점 탐색방법이 적용된다.

### 1) 단락고장 발생시

- (1) 1~2심 단락으로 절연저항  $3k\Omega$ 이하의 경우: 저압 Murray Loop법
- (2) 1~2심 단락으로 절연저항  $3k\Omega$ 이상의 경우: 고압 Murray Loop법
- (3) 3심 단락으로 건전상이 없는 경우: Pulse Radar법, 보조선 설치후 Murray Loop법

### 2) 단선고장 발생시: 정전용량법, Pulse Radar법

### 3) 단선지락고장 발생시: Pulse Radar법

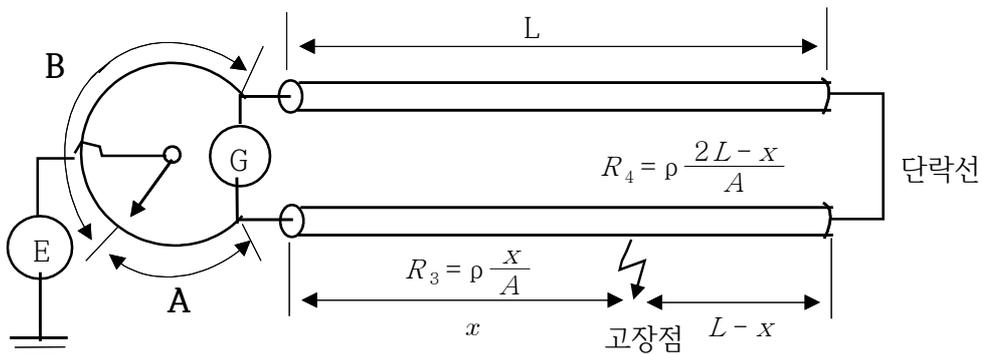
## 2. Murray Loop법

### 1) 동작원리

#### (1) 원리

Wheaston Bridge의 원리를 이용한 것으로 A,B 가변저항을 조정하여 검류계가 0이 될 때의 A,B 의 저항을 측정하여 다음 산출식에 대입하여 고장점의 거리를 측정한다.

#### (2) 계산식



(E) : 직류 전원

(G) : 검류계

1선지락고장시를 예로 들면 Bridge 회로의 기본식에서

$$AR_4 = BR_3 \quad R_3 = X \quad \text{①}$$

$$R_4 = L + (L - X) = 2L - X \quad \text{②}$$

② 식을 ① 식에 대입하여 정리하면

$$(A + B)X = 2AL$$

$$\therefore X = \frac{2A}{A + B}L \quad \text{③}$$

따라서 ③ 식에 수치를 대입하여 고장점간의 거리를 구할 수 있다.

여기서 R4 = (공장) + (반대측 단말에서 고장점까지의 거리)

X = (측정단에서 고장점까지의 거리)

(3) 특징

가. 장점

- ① 도체저항을 이용한 Bridge법이기에 때문에 측정의 정확도가 높다.
- ② 오차는 1%정도 이하이다.
- ③ 케이블사고의 대부분은 1선지락고장이므로 적용범위가 가장 넓고, 사용 실적이 가장 많다.
- ④ 측정조작 및 측정기 운반이 용이하다.

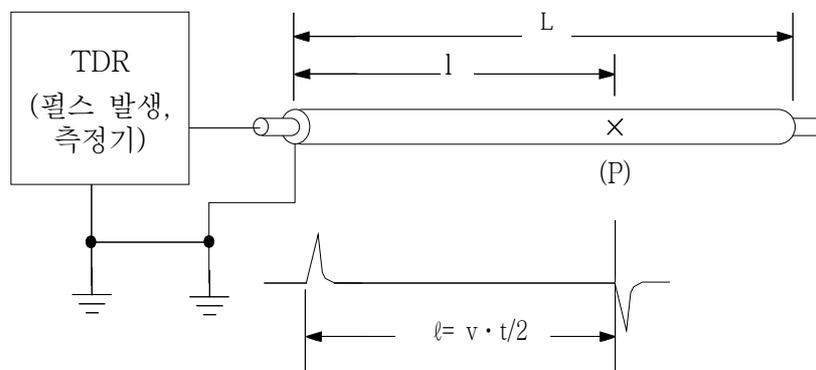
나. 단점

- ① 단선고장 시에는 적용할 수 없다.
- ② 지락저항이 높고 사고점이 방전하는 경우 측정이 곤란하다.  
(고장점의 접지저항치가 0에 가까워야 정확도가 높다.)
- ③ 3상동시 지락과 같은 경우, 건전상이 없어 측정이 곤란하다.  
(최소한 1상의 건전상이 존재하여야 한다.)
- ④ 현재 한전에서는 거의 사용하지 않는다.

3. Pulse Radar법

1) 원리

펄스발생기로 펄스를 케이블에 전파시키면 처음파가 고장점(단락점)에서 반사되어 2파로 되어 발신점으로 돌아온다. 이 시간을 측정하여 거리를 계산한다.



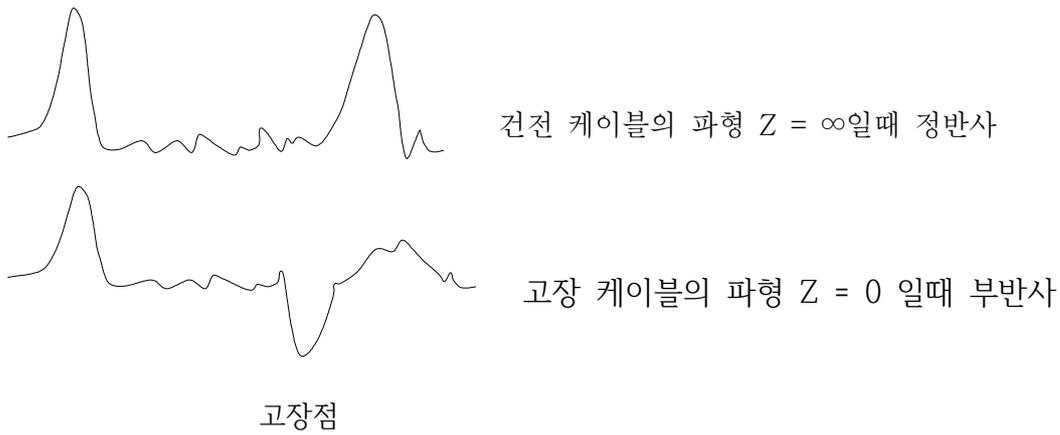
[ 펄스 반사법 회로도 ]

$$L = \frac{vt}{2}$$

여기서  $v$ 는 케이블내의 Pulse 전파속도,  $L$ : 고장거리

$t$ 는 1파와 2파의 시간차(싱크스코프를 이용하여 측정)

2) 건전케이블과 고장케이블의 반사파형 비교



3) 펄스 레이다 법은 고장점에 습기가 많은 장소와 고장점과 대지간 저항이 작은 경우에 적용하며, 최근에 생산되는 측정기기들은 고장점까지의 거리를 자동 계산하여 알려주는 Program을 내장하고 있다.

4) 특징

가. 장점

- ① 지락, 단락, 단선고장의 어느것에나 적용가능
- ② 병행 건전상이 필요없어 3상동시 고장점 측정에 적합
- ③ 케이블 전장의 길이가 불분명하여도 측정가능

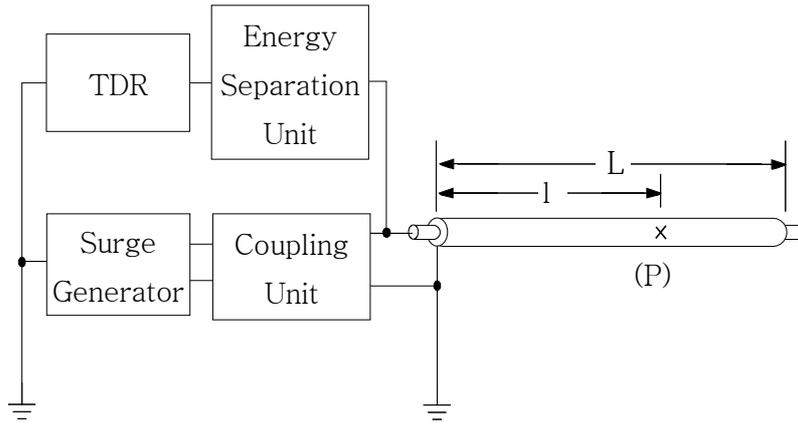
나. 단점

- ① 측정정도가 Murray Loop법에 비하여 나쁘다. 오차 2~5%
- ② 측정기의 조작, 특히 pulse의 판독에 숙련이 필요하다.

4. 아크 반사법(Arc Reflection Method)

1) 원리

- (1) 케이블의 고장점과 대지간 임피던스가 높은 경우(통상 100Ω이상)에는 펄스 반사가 미약하거나 전혀 없으므로 펄스레이다법으로 고장점 거리를 측정할 수 없게 된다.
- (2) 아크 반사법은 이러한 경우에 TDR(Time Domain Reflectmeter : 펄스 발생, 측정기기)과 Surge 발생기기를 병행하여 고장점을 측정하는 방법이다.  
즉, Surge 발생기로 고장점에 아크를 발생시키면 아크 발생 순간에 고장점의 임피던스는 낮아진다. 이 때 임피던스가 변한 지점에서 반사된 펄스파의 진행시간을 측정하여 고장점 거리를 측정하는 방법이다.

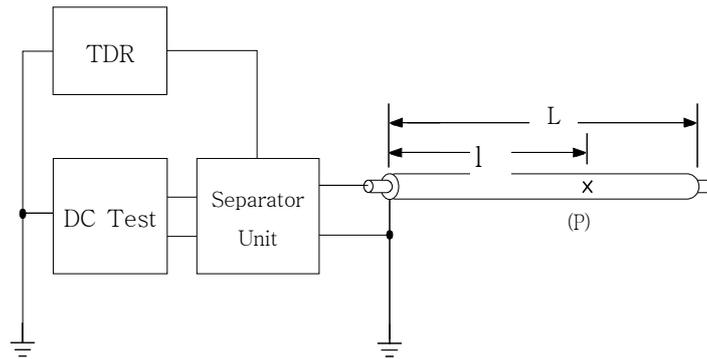


[ 아크 반사법의 측정 회로도 ]

### 5. Decay법(Traveling Wave법)

1) 원리

Decay법은 아크반사법으로 고장점을 찾지 못할 경우 사용하는 방법으로, DC 내전압기를 이용하여 고장점에 Flashover를 일으켜, 이때 발생하는 과도 전압파형을 TDR로 포착, 분석하여 고장점 거리를 계산한다.



[ Decay법의 회로도 ]

2) 특징

이 방법은 케이블 고장점을 태워(Burning) 지락저항을 낮추는데도 이용되나, 저항값이 너무 낮아지면 고장점 측정이 곤란하므로 주의를 요한다.

### 6. 고장점 정밀탐지법(Pinpointing)

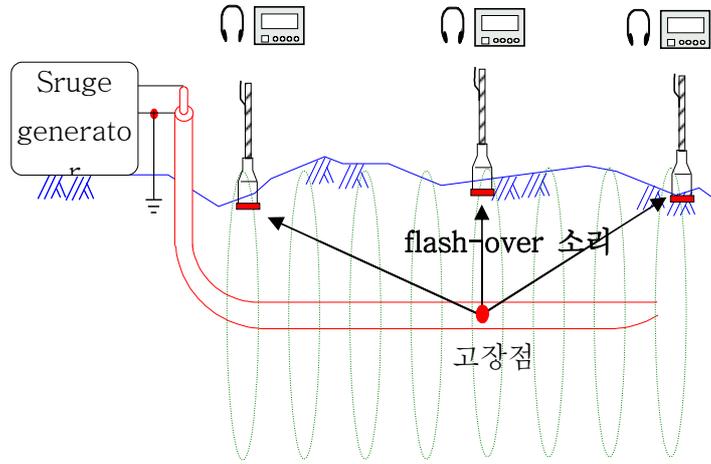
1) 개요

- (1) Pinpointing은 머레이 루프, 펄스 레이더, 아크반사, Decay법 등의 고장점 탐지법 으로 개략적인 고장점 거리를 측정후, 정확한 고장위치를 찾기 위한 방법이다.
- (2) 지금까지 개발되어 있는 고장점 정밀탐지법은 써지코일법, 방전탐지법, 음향법, 전위법 등이 있으며, 이중 음향법이 가장 널리 이용되고 있다.

2) 음향법의 원리

- (1) 음향법은 Sugre를 고장 케이블에 보낸후, 고장점에서 flash over로 인한 방전음을 탐지하는 방법으로, 고장점에 가까울수록 방전음이 커진다.

- (2) 최근에 생산되는 고장점 탐지기는 단순히 음향만 측정하는 것이 아니라, 보다 정확한 위치 탐지와 외부 소음에 의한 영향을 줄이기 위하여 여러 가지 방법을 병행하고 있다.



[ 음향과 자기장을 이용한 고장점 정밀탐지법 ]

- (3) 여기서는 음향의 크기뿐만아니라, Surge pulse에 의한 자기장과 flash over 방전음간의 시차를 이용하여 고장점을 탐지하는 방법이다.
- (4) 자기장 감지시간은 케이블 전구간에서 동일하고, 음향 감지시간은 고장점에 가까울수록 짧으므로, 자기장 감지와 음향 감지시간차가 가장 짧은 위치가 고장점이 된다.

**4-2. 골프장의 야간 조명 계획 시 고려사항에 대하여 설명 하시오.**

답) 출처' 과년도 문제, 이지라이트 참조

**1. 개요**

- 1) 골프장 조명설계의 기본방향
  - (1) 운동대상물과 그 배경의 밝기를 조절하여 선명하고 쾌적한 야간 조명 환경 제공.
- 2) 야간 골프장 조명 설치 시 효과
  - (1) 영업 시간 연장.
  - (2) 일몰시간의 경기중단 방지.
  - (3) 나이트 코스 개발.
  - (4) 골프장 이용객에 대한 고품질의 서비스 제공.
  - (5) 골프장 부대시설(식당, 호텔 등)의 이용 증가.

**2. 골프장 조명 설계 시 고려사항**

- 1) 코스내의 조도 선정.
  - (1) 골프장 조도 규격(KS조도 기준)

(단위: lx)

구분	KS(한국)	IES(최소치)	JIS(일본)	권장치
티박스	30~60	50	100~150	150
페어웨이	60~150	30	75	100
그린	30~60	50	200	130

- (1) 골프장 조도 규격 (IES 규격)

장 소		조도 기준 [lx]
티박스	수평면	50
페어웨이	수평면	10
	연직면	30
그린	수평면	50

2) Area별 조명 방법

- (1) 티박스 조명 방법
  - ① 티박스 좌, 우, 옆면, 후방에 조명탑 배치
  - ② 경관 및 경제적인 문제가 있을 시는 후방의 투광 조명만으로 가능.
  - ③ Player의 그림자로 공이 보이지 않는 경우가 발생함으로 조사각도에 유의.



(2) 페어웨이 조명 방법

- ① 코스 양쪽에서 조명하는 것이 이상적
- ② 경제성, 경관, 눈부심 등 고려 한쪽조명설치가 일반적.
- ③ 조명탑 간격: 보통 70~90m 정도, 높이: 11m 이상이 바람직함.



(3) 그린 조명 방법

- ① 잔디나 지형의 높낮이 일수 있도록 2방향 균일한 조명 100[lx]이상 확보
- ② 조명탑 설치 장소는 페어웨이에서 보았을 때 눈부심이 없는 위치 선택.



3) 각 Area별 조명폴 설치 위치

(1) 티 박스 조명폴 설치방법

- ① 바로 뒤쪽 설치.
- ② 티 측면에 보조조명 설치, 그림자 발생 억제.



(2) 페어웨이 조명폴

- ① 경기방향의 우측에 배치하고 사선 방향으로 조명.



(3) 그린 조명폴

- ① 그린에 대하여도 좌우 두 방향에서 45정도의 범위에서 조명.
- ② 지나 치게 얽은 각도에 조명폴이 위치하는 것은 눈부심이 발생할 우려가 있으므로 설치위치에 유의.



4) 조명기구의 선정(광원의 연색성이 우선적 고려 : Ra 85이상)

(1) 고 효율, 내구성이 우수한 투광기 선정, 각 용도에 알맞은 기기 선정

구 분	투광기 종류	유효거리	특징
티 박스	광각형	10~30[M]	피조면과 투광기 거리가 가까운 곳에 적합. 균등하고 일정한 조명이 가능하다.
페어웨이	중각형	30~60[M]	광범위한 부분에 걸쳐서 공이 잘 보이게 하기 위해 페어웨이 전반조명에 적합.
	협각형	60~90[M]	높은 조도를 멀리까지 밝게 하기 때문에 수직면 조도를 얻는데 적합.
그린	광각형	10~30[M]	높은 수평조도를 필요로 하는 그린에 적합.

**4-3. 분산형전원 배전계통 연계기술기준에 의거하여 한전계통 이상 시 분산형전원 분리시간(비정상전압, 비정상주파수)에 대하여 설명하시오.**

답)

출처' 모아건축전기설비기술사 2권 246p

한전의 "분산형전원 배전계통연계 기술기준"(2014.11.26.)'

**1. 용어정의**

- 1) 분산형전원(DR, Distributed Resources)  
 대규모 집중형 전원과는 달리 소규모로 전력소비지역 부근에 분산하여 배치가 가능한 전원으로 태양광, 풍력, 연료전지, 소수력을 이용한 전원을 뜻한다.
- 2) 한전계통  
 구내계통에 전기를 공급하거나 그로부터 전기를 공급받는 한전의 계통(접속설비 포함)
- 3) 구내 계통  
 분산형전원 설치자 또는 전기사용자의 단일 구내(담, 울타리, 도로 등으로 구분되고, 그 내부의 토지 또는 건물들의 소유자나 사용자가 동일한 구역) 또는 여러 구내의 집합 내에 완전히 포함되는 계통.
- 4) 연계(interconnection) / 연계시스템(interconnection system)  
 분산형전원을 한전계통과 병렬운전하기 위하여 계통에 전기적으로 연결하는 것.  
 분산형전원을 한전계통에 연계하기 위해 사용되는 모든 연계 설비 및 기능들의 집합체.
- 5) 분리시간  
 분리시간이란 비정상 상태의 시작부터 분산형전원의 계통가압 중지까지의 시간이다.

**2. 분산형전원의 배전계통 연계기술기준**

- 1) 전기방식  
 분산형전원의 전기방식은 연계하고자 하는 계통의 전기방식과 동일하게 한다.
- 2) 한전계통 접지와와의 협조  
 분산형전원 연계시 그 접지방식은 해당 한전계통에 연결되어 있는 타 설비의 정격을 초과하는 과전압을 유발하거나 한전계통의 지락고장 보호협조를 방해해서는 안 된다.
- 3) 동기화  
 분산형전원의 계통 연계 또는 가압된 구내계통의 가압된 한전계통에 대한 연계에 대하여 병렬연계 장치의 투입 순간에 아래 표의 모든 동기화 변수들이 제시된 제한 범위 이내에 있어야 하며, 만일 어느 하나의 변수라도 제시된 범위를 벗어날 경우에는 병렬연계 장치가 투입되지 않아야 한다.

### 3. 한전계통 이상 시 분산형전원 분리시간

1) 비정상 전압에 대한 분산형전원 분리시간

(1) 한전계통의 고장

- 분산형전원은 연계된 한전계통 선로의 고장시 해당 한전계통에 대한 가압을 즉시 중지

(2) 한전계통 재폐로와의 협조

- 분산형전원 분리시점은 해당 한전계통의 재폐로 시점 이전이어야 한다.

(3) 전압

- 연계 시스템의 보호장치는 각 선간전압의 실효값 또는 기본파 값을 감지해야 한다.
- 전압 중 어느 값이나 다음 표와 같은 비정상 범위 내에 있을 경우 분산형전원은 해당 분리 시간(clearing time) 내에 한전계통에 대한 가압을 중지하여야 한다.

전압 범위 (공칭전압에 대한 백분율[%])	분리시간
$V < 50$	0.16
$50 \leq V < 88$	2.00
$110 < V < 120$	1.00
$V \geq 120$	0.16

2) 비정상 주파수에 대한 분산형전원 분리시간

계통 주파수가 비정상 범위 내에 있을 경우 분산형전원은 해당 분리시간 내에 한전계통에 대한 가압을 중지하여야 한다.

분산형전원 용량	주파수 범위 [Hz]	분리시간 [초]
30kW 이하	$> 60.5$	0.16
	$< 59.3$	0.16
30kW 초과	$> 60.5$	0.16
	$< \{57.0 \sim 59.8\}$ (조정 가능)	$\{0.16 \sim 300\}$ (조정 가능)
	$< 57.0$	0.16

4-4. 저항과 누설 리액턴스의 값이  $(0.01+j0.04)\Omega$ 인 1000kVA 단상변압기와 저항과 누설 리액턴스의 값이 $(0.012+j0.036)\Omega$ 인 500kVA 단상변압기가 병렬운전한다. 부하가 1500kVA일 때 각 변압기의 부하분담 값을 구하시오.(단, 지상역률은 0.8이고 2차측 전압은 같다고 가정한다.)

답)

출처 '모아건축설비기술사 1권 289p'

### 1. 변압기의 병렬운전

#### 1) 목적

- (1) 계통의 신뢰성 향상  
부하증대 및 고장시 공급능력 저하방지 등
- (2) 메인터넌스의 효율성  
1대 고장시 점검 및 보수에 유리

#### 2) 병렬운전 조건

- (1) 1차, 2차 정격전압(권수비)이 같아야 한다.  
다를 경우 과대한 순환전류에 의하여 출력이 감소하며 변압기가 소손할 수 있다.
- (2) 단상에서는 극성이 3상에서는 상 회전 방향 및 각 변위가 같아야 한다.  
극성이나 상회전이 상이하면 등가적으로 단락상태가 되며 각 변위가 다르면 과대전류가 흐르게 되어 과열로 위험하다.
- (3) 각 변압기의 임피던스 전압이 같으며 저항과 리액턴스비가 같아야 한다. 임피던스 전압이 다르면 부하분담이 달라지고 임피던스 전압이 적은 쪽의 변압기가 부하분담이 증가되어 과부하로 소손의 위험이 있다. 허용범위는  $\pm 10\%$  정도이다.
- (4) 용량이 다른 변압기 병렬운전은 가급적 하지 말아야 하며 운전 시에는 정격 용량 비 1:3 이 내이어야 한다.

#### 3) 병렬운전이 적합하지 않은 경우

- (1) 부하의 합계가 변압기 정격용량보다 큰 경우
- (2) 병렬운전 중 어느 변압기의 무부하 순환전류가 정격전류의 10[%]를 초과하는 경우
- (3) 순환전류와 부하 전류치의 합이 정격부하의 110[%]를 넘는 경우

### 2. 임피던스가 다른 변압기의 병렬운전

#### 1) 임피던스가 다른 2대의 변압기의 부하분담

2 대의 변압기  $T_1, T_2$ 의 임피던스를 각각  $Z_1, Z_2$ 라 하고 전 부하를  $P$ 라 하면 변압기 각각에 걸리는 부하분담은 다음과 같다.

$$P_{T1} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \times P \qquad P_{T2} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \times P$$

2) 문제에서 주어진 조건

$$Z_1 = 0.01 + j0.04 \qquad Z_2 = 0.012 + j0.036$$

각각의 임피던스를 대입해 보면

$$P_{T1} = \frac{0.012 + j0.036}{0.022 + j0.076} \times P = 0.48P \qquad P_{T2} = \frac{0.01 + j0.04}{0.022 + j0.076} \times P = 0.52P$$

이므로 전체 부하  $P$ 를 대입해 보면 각 변압기의 부하분담은

$$P_{T1} = 720[kVA] \qquad P_{T2} = 780[kVA]$$

$P_{T2}$ 의 용량은  $500[kVA]$ 이므로  $780[kVA]$ 가 아닌 최대  $500[kVA]$ 까지 부하를 분담할 수 있다.

따라서  $P_{T1}$ 도 같은 비율로 줄어든 용량  $720 \times \frac{500}{780} = 461.54[kVA]$ 의 부하를 분담하게 된다.

그러므로 최종적인 부하분담은

$$P_{T1} = 461.54[kVA] \qquad P_{T2} = 500[kVA]$$

로서 전체 부하  $1500[kVA]$ 중  $461.54 + 500 = 961.54[kVA]$ 의 부하만을 분담하게 된다.

4-5. KS C IEC 60364-4에서 정한 특별저압전원(ELV ; Extra-Low Voltage)에 의한 보호방식에 대하여 설명하시오.

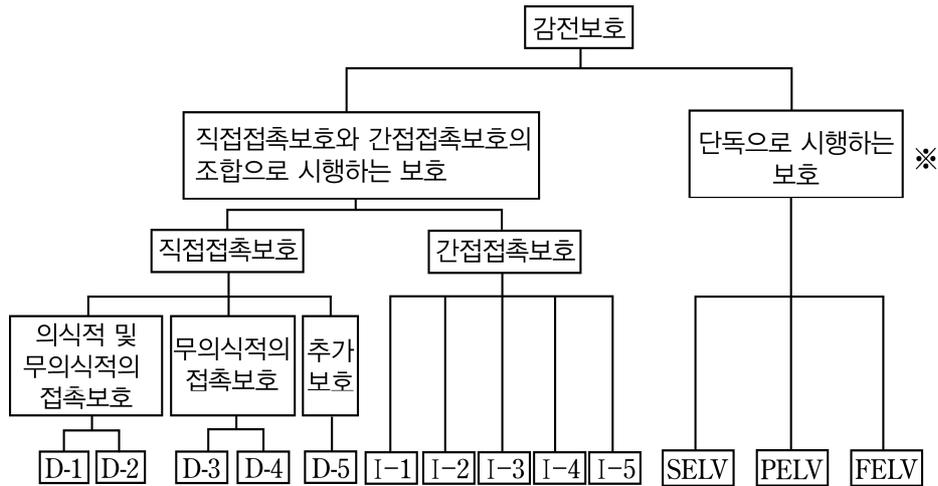
답)

출처: 모아건축전기설비 기술사 2권, 187p

### 1. 개요

- 1) 안전보호 중 감전보호에 대한 규격
- 2) 감전 보호 방식의 종류
  - (1) 기본보호: 정상 운전시의 감전 보호수단
  - (2) 고장보호: 고장시 감전 보호수단
  - (3) 특별저압에 의한 보호: 전압을 낮게 제한하여 감전보호

## 2. 감전 보호체계



## 3. 직접 및 간접접촉보호



- 1) 직접과 간접접촉보호 양쪽의 목적을 달성하는 보호수단
- 2) 직접과 간접 접촉보호를 실시하는 경우
  - (1) 안전 특별저압에 의한 보호: 사용전압 범위, 전원종류, 비접지 회로(SELV), 접지회로(PELV) 각각의 구성요소와 콘센트와 플러그의 조건을 지정
  - (2) FELV 시스템: 특별저압의 전압으로 SELV 또는 PELV의 모든 요구사항에 적합하지 않으며 SELV 또는 PELV가 필요없는 경우

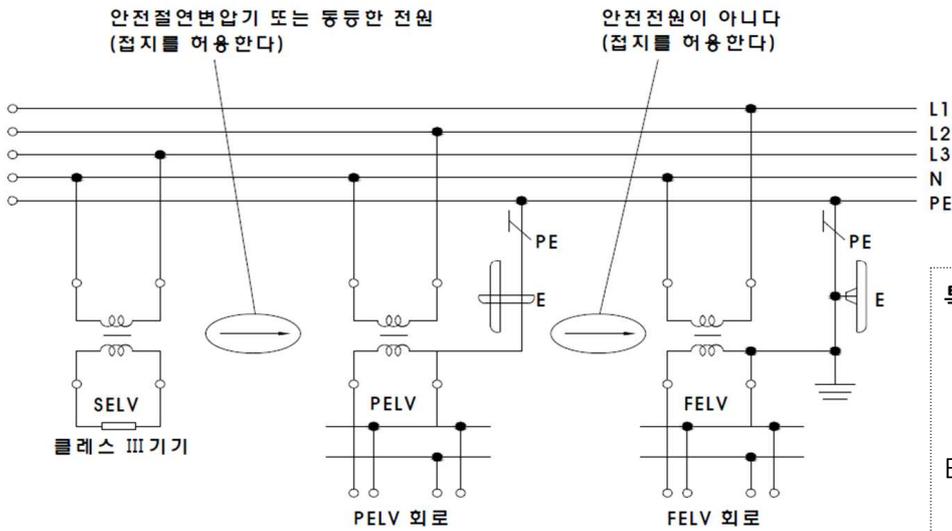
## 4. 특별저압전원(ELV ; Extra-Low Voltage)

- 1) 직접접촉예방 및 간접접촉예방을 동시에 시행하고 사용전압은 교류 50V 이하, 직류 120V이하의 전압으로함.
- 2) 보호 방식
  - (1) 비접지회로에 적용하는 SELV계통
  - (2) 접지회로에 적용하는 PELV계통
  - (3) 기능상 ELV를 사용하는 경우에 적용하는 FELV
  - (4) 특별저전압에 의한 보호방식 : 교류 50[V]이하의 전압이 사용되는 SELV, PELV, FELV
    - S: Safety(안전) 확실하게 전기적으로 분리된 특별저전압
    - P: Protective(보호) 확실하게 전기적으로 분리된 기능특별저전압
    - F: Functional(기능) 확실하게 전기적으로 분리되어 있지 않은 기능특별저전압

※ ELV (Extra Low Voltage, 특별저전압)

3) ELV(Extra Low Voltage)의 3가지 분류

구분	전원 및 회로	접지와 보호도체 관계	접촉전압
SELV	· 안전절연변압기 · 구조적 분리의 구조	· 비접지 회로로 한다 · 노출도전성부 접지 않는다.	50 V 미만
PELV	상 동	· 접지회로 허용한다 · 노출도전성부 접지한다	50 V 미만
FELV	· 안전한 전원이 아닌 것 · 구조적 분리 없음	· 접지회로를 허용한다 · 노출도전성부 1차측 보호도체 접속 허용 · 보호도체 회로 접속 허용한다	50 V 이상



**특별저전압을 위한 전압 제한**

- 교류 50[V]
- 직류 120[V]

E: 외부도체로의 접지  
예) 금속배관, 건물의 철근

PE: 보호도체, ≡ 접지극

4-6. 소방시설용 비상전원 수전설비에 대하여 설명하시오.  
 1) 특별고압 또는 고압으로 수전하는 경우의 설치기준  
 2) 전기회로 결선방법

답) 출처: 소방시설용 비상전원 수전설비의 화재안전기준(NFSC602/2016년)

**1. 설치기준**

일반전기사업자로부터 특별고압 또는 고압으로 수전하는 비상전원 수전설비는 방화구획형, 옥외개방형 또는 큐비클 형으로 하여야 한다.

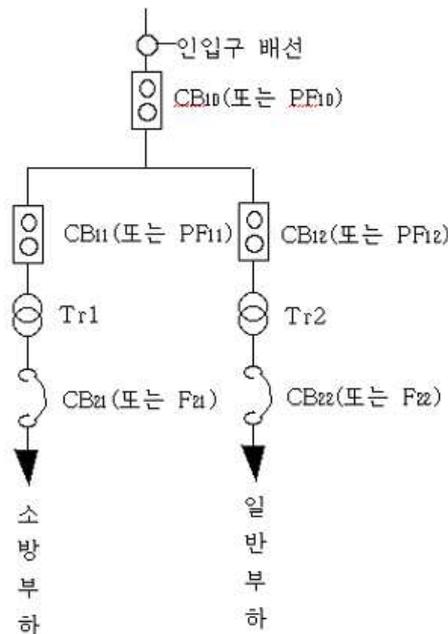
(소방시설용 비상전원 수전설비 화재안전기준 제5조)

- 1) 방화구획형: 수전설비를 다른 부분과 구분지어 방화구획으로 설치하는 방식
- 2) 옥외개방형: 건물의 옥외나 옥상에 울타리를 설치하고 내부에 수전설비를 설치하는 방식
- 3) 큐비클형: 수전설비를 큐비클 내에 수납해 설치하는 방식

**2. 결선방법**

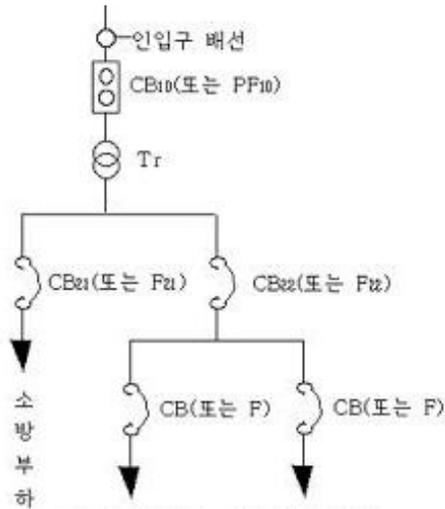
전용의 전력용 변압기에서 소방부하에 전원을 공급하는 경우와 공용의 전력용 변압기에서 소방부하에 전원을 공급하는 경우로 나뉜다.

- 1) 전용의 전력용 변압기에서 소방부하에 전원을 공급하는 경우



- ① 일반회로의 과부하 또는 단락사고시에 CB<sub>10</sub>(또는 PF<sub>10</sub>)이 CB<sub>12</sub>(또는 PF<sub>12</sub>) 및 CB<sub>22</sub>(또는 F<sub>22</sub>)보다 먼저 차단되어서는 안 된다.
- ② CB<sub>11</sub>(또는 PF<sub>11</sub>)은 CB<sub>12</sub>(또는 PF<sub>12</sub>)와 동등이상의 차단용량일 것.

2) 공용의 전력용 변압기에서 소방부하에 전원을 공급하는 경우



- ① 일반회로의 과부하 또는 단락사고시에  $CB_{10}$ (또는  $PF_{10}$ )이  $CB_{22}$ (또는  $F_{22}$ ) 및  $CB$ (또는  $F$ )보다 먼저 차단되어서는 안 된다.
- ②  $CB_{21}$ (또는  $F_{21}$ )은  $CB_{22}$ (또는  $F_{22}$ )와 동등이상의 차단용량일 것.