

국가기술자격 기술사 시험문제

기술사 제 108회		제 1 교시 (시험시간: 100분)			
분야	전기·전자	종목	건축전기설비기술사	수험번호	
				성명	

※ 다음 문제 중 10문제를 선택하여 설명하십시오. (각10점)

1. 전기회로와 자기회로의 차이점을 설명하십시오.
2. CT(Current Transformer)의 과전류강도와 22.9kV 급에서 MOF 의 과전류강도 적용에 대하여 설명하십시오.
3. 대형건물에서 고압전동기를 포함한 6.6kV 구내배전 계통에 적용한 유도원판형 과전류계전기의 한시탭 상호간의 협조 시간 간격을 제시하고, 이 간격을 유지하기 위한 시간 협조항목을 설명하십시오.
4. 변압기 효율이 최대가 되는 관계식을 유도하십시오.
(단, V_2 : 변압기 2차전압, I_2 : 변압기 2차 전류, F : 철손,
 R : 변압기 2차로 환산한 전 저항, $\cos\theta$: 부하역률)
5. 건축물의 비상발전기 운전시 과전압의 발생원인과 대책에 대하여 설명하십시오.
6. 공동주택 및 건축물의 규모에 따른 감리원 배치기준에 대하여 설명하십시오.
7. 태양광 발전설비 시공 시 태양전지의 전압-전류 특성곡선에 대하여 설명하고, 인버터 및 모듈의 설치기준에 대하여 설명하십시오.
8. 건축물에 전기를 배전(配電)하려는 경우 전기설비 설치공간 기준을 “건축물설비기준 등에 관한 규칙” 과 관련하여 설명하십시오.

국가기술자격 기술사 시험문제

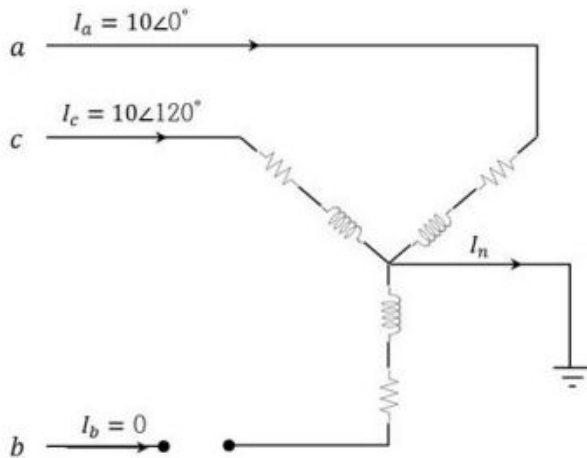
기술사 제 108회 제 1 교시 (시험시간: 100분)

분야	전기·전자	종목	건축전기설비기술사	수험번호		성명	
----	-------	----	-----------	------	--	----	--

9. 다음과 같이 평형 Y 결선 부하에 공급하는 3상 전로에서 b상이 개방(단선)되어 있고 부하측 중성선은 접지되어 있다.

불평형 선전류 $I_1 = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10\angle 0^\circ \\ 0 \\ 10\angle 120^\circ \end{bmatrix}$ A 이다

대칭분 전류와 중성선 전류(I_n)을 구하시오.



국가기술자격 기술사 시험문제

기술사 제 108회 제 1 교시 (시험시간: 100분)

분야	전기·전자	종목	건축전기설비기술사	수험번호		성명	
----	-------	----	-----------	------	--	----	--

10. 빌딩제어시스템의 운용에 필요한 가용성(Availability), MTBF(Mean time between failure), MTTR(Mean time to repair) 및 상호 관계를 설명하시오.

11. 고조파를 많이 발생시키는 부하가 케이블에 미치는 영향을 설명하시오.

12. 휘도(Brightness : B)와 광속발산도(Luminous emittance : R)를 설명하고, 완전확산면에서 그 휘도와 광속발산도와의 상호 관계를 설명하시오.

13. 연면적 1000 m², 단위에너지사용량 231.33 kWh/m²·yr, 지역계수 1, 용도별 보정계수 2.78, 단위에너지생산량 1358 kWh/m²·yr, 원별 보정계수 4.14 인 교육연구시설의 최소 태양광 설치용량(kW)을 구하시오.
(단, 신재생에너지 공급 비율 : 18%)

국가기술자격 기술사 시험문제

기술사 제 108회 제 2 교시 (시험시간: 100분)

분야	전기·전자	종목	건축전기설비기술사	수험번호		성명	
-----------	-------	-----------	-----------	-------------	--	-----------	--

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 전기·전자설비를 뇌서지로부터 피해를 입지 않도록 하기위한 뇌서지 보호 시스템의 기본 구성에 대하여 설명하시오.

2. 초고층 빌딩에 적합한 조명시스템의 필요조건에 대하여 설명하시오.

3. 건축물 내 수변전설비에서 변압기의 합리적인 बैंकिंग(banking)방식에 대하여 설명하시오.

4. 건축물에 설치된 대형 열병합형 스팀터빈 발전기를 전력회사 계통과 병렬 운전을 위해 동기 투입하려고 한다. 만약 터빈발전기의 동기가 불일치할 때
 - 1) 터빈발전기 기기 자체에 발생할 수 있는 손상(damage)을 설명하시오.

 - 2) 이 손상을 방지하기 위한 동기투입 조건을 4가지를 제시하고, 이 조건들을 불만족 시킬 때 계통 운영상에 발생하는 문제점을 설명하시오.

5. 전기설비 판단기준 제 283조에 규정하는 계통을 연계하는 단순 병렬운전 분산형 전원을 설치하는 경우 특고압 정식수전설비, 특고압 약식 수전설비, 저압수전설비별로 보호장치 시설방법에 대하여 설명하시오.

국가기술자격 기술사 시험문제

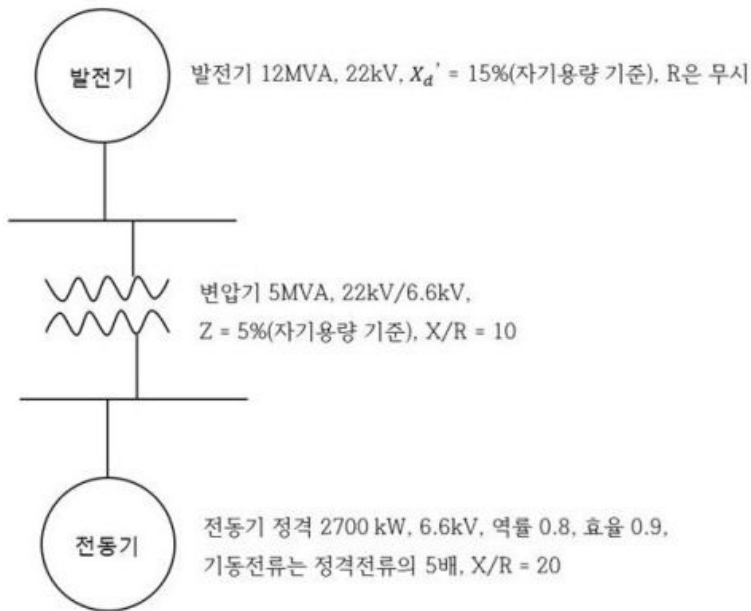
기술사 제 108회 제 2 교시 (시험시간: 100분)

분야	전기·전자	종목	건축전기설비기술사	수험번호		성명	
----	-------	----	-----------	------	--	----	--

6. 다음과 같은 단선도에서 유도전동기가 직입 기동하는 순간, 전동기 연결모선의 전압은 초기전압의 몇 % 가 되는지 계산하시오.

<계산 조건>

- 1) 각 기기들의 per unit 임피던스는 100MVA 기준으로 계산한다.
- 2) 변압기 손실은 무시한다
- 3) 각 모선의 초기전압은 100%로 가정한다.



국가기술자격 기술사 시험문제

기술사 제 108회 제 3 교시 (시험시간: 100분)

분야	전기·전자	종목	건축전기설비기술사	수험번호		성명	
----	-------	----	-----------	------	--	----	--

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 대형건물의 구내배전 용 6.6kV 모선에 6.6kV 전동기와 6.6kV/380V 변압기가 연결되어 있다. 6.6kV 전동기 부하용 과전류 계전기(50/51)와 6.6kV/380V 변압기의 고압 측에 설치된 과전류 계전기(50/51)를 정정하는 방법을 각각 설명하시오.

2. 비상콘센트설비에 대한 설치 대상, 전원설비 설치기준 및 비상콘센트 설치 방법에 대하여 설명하시오.

3. 차단기의 개폐에 의해 발생하는 서지의 종류를 특징과 방지대책에 대하여 설명하시오.

4. 대지저항율에 영향을 미치는 요인에 대하여 설명하시오.

5. 전력시설물의 감리대가 산출방법에서 정액적산방식과 직선보간법에 의한 요율 산정방법에 대하여 설명하시오.

6. 건축물의 전기설비를 감시제어하기 위한 전력감시제어 시스템의 구성시PLC (Programmable Logic Controller), HMI(Human Machine Interface), SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)을 사용하고 있다. 각 제어기의 특징과 적용시 고려사항에 대하여 설명하시오.

국가기술자격 기술사 시험문제

기술사 제 108회 제 4 교시 (시험시간: 100분)

분야	전기·전자	종목	건축전기설비기술사	수험번호		성명	
----	-------	----	-----------	------	--	----	--

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 변압기 2차 사용 전압이 440V 이상의 회로에서 중성점 직접접지식과 비접지 계통에 대한 지락차단장치의 시설방법에 대하여 설명하시오.

2. 전동기의 제동방법에 대하여 종류를 들고 설명하시오.

3. 전선의 보호장치에 대한 내용 중 다음에 대하여 설명하시오.
 - 1) 과부하에 대한 보호장치의 시설위치와 보호장치를 생략할 수 있는 경우
 - 2) 단락에 대한 보호장치의 시설위치와 보호장치를 생략할 수 있는 경우

4. 녹색건축물 조성 지원법에서 규정하는 에너지 절약계획서 내용 중 다음에 대하여
 - 1) 전기부문의 의무사항
 - 2) 전기부문의 권장사항
 - 3) 에너지절약계획서를 첨부할 필요가 없는 건축물

5. 건축물의 전력감시제어시스템에서 운전 중 고장이 발생한 경우에 전체 공정의 중단 없이 연속적으로 운전 할 수 있도록 하는 이중화 시스템에 대하여 설명하시오.

6. 주파수 50Hz 용으로 설계 된 변압기와 3상 농형 유도전동기를 60Hz 전원으로 사용 할 경우 다음에 대하여 설명하시오.
 - 1) 고려사항 2) 특성변화 3) 사용가능성

문1-1) 전기회로와 자기회로의 차이점을 설명하시오.

답)

1. 전기회로와 자기회로의 대응성/상대성

전기회로	자기회로
1)기전력 (V)	1)기자력 (F)
2)전류 (I)	2)자속 (Φ)
3)전기저항 (R)	3)자기저항 (R _m)
4)전계 (E)	4)자계 (H)
5)전류밀도 (D)[A/m ²]	5)자속밀도 (B)[Wb/m ²]
6)도전율 (δ)	6)투자율 (μ)

2. 회로법칙의 대응성 / 상대성

1) 오옴의 법칙

(1) 전기회로 $V=I \times R$ (기전력(V)은 전류(I)과 저항(R)에 비례)
(전류(I)는 기전력(E)과 비례, 저항(R)과 반비례)

(2) 자기회로 $F=N \times I(\Phi \times R_m)$
(기자력(F)은 자속(φ)과 자기저항(R_m)에 비례)

2) 키르히호프 법칙

(1) 전기회로 (키르히호프 법칙)

- ① 임의의 결합점의 유입과 유출의 전류 합은 0 이다.
- ② 폐회로 내에서 기전력의 합 = 전압강하의 합

(2) 자기회로 키르히호프 법칙

- ① 임의의 결합점 유입, 유출 자속의 합은 0 이다.
- ② 폐회로 내에서 기자력의 합 = 자기저항과 기자력의 합

3. 특징 비교

전기회로	자기회로
1)전력손실 : 저항손 2)표피효과가 있음 3)직선적 특성에 한해 적용	1)전력손실 : 히스테리시스 손 2)자속의 누설이 있다 (도체의 절연물, 철심의 투자율과 공기의 투자율) 3)히스테리 특성에 의해 오옴의 법칙, 중첩의 원리 적용 불가. 4)교류회로의 인덕턴스(L)과 정전용량 (C)에 해당 요소가 없다.

문1-2) CT(Current Transformer)의 과전류강도와 22.9KV급에서 MOF의 과전류강도 적용에 대하여 설명하시오.

답)

1. CT의 과전류강도

변류기의 정격 1차전류 값에 열적, 기계적, 전기적 손상 없이 몇 배의 고장 전류에 견딜 수 있는가를 정하는 것.

2. 과전류강도

1) 열적 과전류강도 : 정격1차 전류 값의 몇 배의 과전류까지 견딜 수 있는가를 정하는 것

2) 정격과전류강도

(1) 표준시간 1.0[SEC]에서 정격1차 전류의 몇 배 까지 견딜 수 있는 것

(2) $S = \frac{S_n}{\sqrt{t}}$ S_n : 정격과전류강도[KA]

S : 통전시간 T초에 대한 열적과전류강도

t : 통전시간 (표준시간:1.0초)

(3) 정격과전류강도의 표준 : 40, 75, 150, 300

3) 기계적 과전류 강도

(1) 단락시 전자력에 의한 권선의 변형에 견디는 강도

즉, CT가 전자력에 손상되지 않는 1차전류의 과고치(KA)

(2) 열적 과전류 강도의 2.5배

4) 선정시 고려사항

(1) 표준 과전류 강도값 이상으로 선정할 것

(2) 한전거래용 MOF 과전류 강도는 별도

3. 22.9KV 급에서 과전류강도 적용

CT비 \ 거리	1km	~3km	~5km	~7km	~8km	~20km	20km이상
5/5A	300In	150In			75In		40In
10/5A	150In		75In		40In		
15/5A	150In	75In		40In			
20/5A	75In		40In				
50/5A	75In						
75/5A이상	40In						

문1-3) 대형건물에서 고압전동기를 포함한 6.6kV 구내배전 계통에 적용한 유도원
 판형 과전류 계전기의 한시탭 상호간의 협조 시간 간격을 제시하고, 이 간격을
 유지하기 위한 시간 협조항목을 설명하시오.

답)

1. 동작치의 정정

최대 부하전류에 동작하지 않아야하고 보호구간내의 모든 단락사고에 동작
 하여야 하고 후비보호를 할 수 있어야 한다.

- 1) OCR의 p.u값은 최대 부하전류의 150% 이상으로 정정한다.
- 2) Ry1정정은 보호구간의 가장 먼 곳 E점의 고장전류, 또는 인접구간의 가장
 먼 곳 F점 고장시 적은 값이 부하전류로 정정한 p.u값의 1.5~2배 정정

2. 동작시한의 정정

$$R_n = R_{n+1} + S, \quad S = B_{n+1} + O_n + \alpha$$

여기서 R_n : 제n구간의 계전기 동작 시간,

R_{n+1} : 제(n+1)구간의 계전기 동작 시간

S : 제n구간과 제(n+1)구간의 계전기 동작 시한 정정치

O_n : 제n구간 계전기의 관성 동작 시간(유도원판형:0.2초)

B_{n+1} : 제(n+1)구간의 차단기 차단 시간(5Hz),

α : 여유 시간(0.1초)

- 1) 필요 동작 시한차: 0.4초(0.3초+차단시간)
- 2) 고속형 계전기와 타이머 조합: 0.2~0.3초 정도 시한차

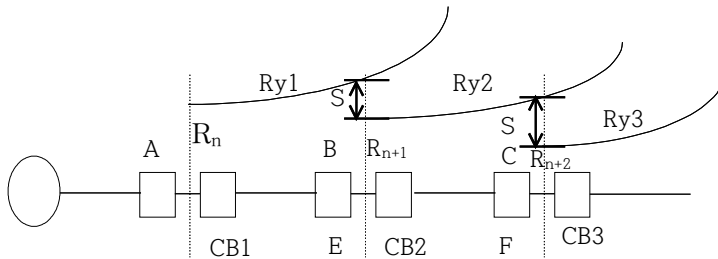


그림 한시차 보호방식

문1-4) 변압기 효율이 최대가 되는 관계식을 유도하시오.

(단, V_2 : 변압기 2차전압, I_2 : 변압기 2차 전류, F : 철손,
 R : 변압기 2차로 환산한 전 저항, $\cos\theta$: 부하역률)

답)

1. 효율의 정의는 입력과 출력의 비로서, 변압기는 다음의 규약효율을 사용한다.

$$\text{효율} = \frac{\text{2차효율}}{\text{2차출력} + \text{철손} + \text{동손}} \times 100\% \text{ 주어진 조건에 의하면}$$

$$\eta = \frac{V_2 I_2 \cos\theta}{V_2 I_2 \cos\theta + F + I^2 R} \times 100[\%] \text{이 된다}$$

2. 여기서 정격에 대한 출력비를 m 이라 하면

$$m = \frac{P_2(V_2 I_2 \cos\theta)}{P[kVA]} \text{ 이 되고, 이때의 효율은 다음과 같다.}$$

$$\eta = \frac{mP_2}{mP_2 + F + m^2 R} \times 100[\%] \text{ 여기서, 운전 중의 총 손실 } P_L \text{은}$$

$P_L = F + m^2 R$ 이 되고, 최고효율은 분모가 최소가 되는 부하율이므로

$F = m^2 R$ 이 되고, $m = (F/R)^{1/2}$ 가 된다.

즉, 철손과 동손이 같아지는 부하율에서 변압기 효율은 최대가 된다.

문1-5) 건축물의 비상발전기 운전 시 과전압의 발생원인과 대책에 대하여 설명하시오.

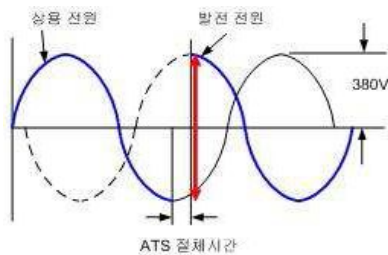
답)

1. 발전기출력 과전압 발생원인

- 1) AVR 제어불능(내부 소손이 원인)
- 2) 고조파 및 비선형 부하에 의한 전압왜곡이 AVR(SCR)에 영향을 주는 경우
- 3) 발전기의 AVR이 진동 등에 의해 제어회로의 결선탈락 및 접촉 불량
- 4) AVR(SCR)의 내구성이 떨어지는 경우
- 5) 전압조정기(가변저항기)가 진동 및 오손 등으로 접촉 불량
- 6) 부하 단락사고 및 발전기 단자 이완
- 7) 3상 전압 불평형

2. 발전기출력 과전압 억제대책

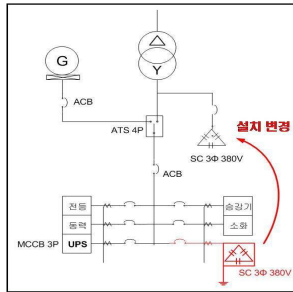
- 1) Surge에 취약한 AVR 보호대책으로 전원측에 1:1 절연변압기(노이즈 컷 변압기/용량 500VA 정도)를 설치하여 Surge유입을 예방한다.
 - (1) AVR이 구형모델(10년 이상)인 경우 내구성 및 노이즈에 취약하므로 EMI 필터가 내장된 모델로 교체를 한다.
 - (2) AVR에서 외부로 인출한 전압조정기(가변저항기)가 불량한 경우 신제품으로 교체 하도록 한다.
- 2) 차단기 동작 분석기로 ATS의 특성을 점검하여 3상 동시절체 기기로 개선
 - (1) ATS는 전동밸브에 의한 작동으로 3상 동시절체가 가능한 제품 적용
 - (2) ATS는 정상출력이 형성된 후 절체 되도록 적정시간 설정
 - (3) 중요설비는 발전기와 상용전원이 위상동기절체가 가능한 기기로 적용



〈180도 위상차 발생된 상태에서 절체〉

(그림1) ATS 절체시 위상곡선

- 3) 발전기 부하는 과도한 진상이 되지 않게 제어
- 4) 전력용 콘덴서는 회로에서 분리(유도성부하와 병렬 운전 않는 경우)



(그림2) 콘덴서 설치 예시도

- 5) 고조파 발생기기가 있는 경우(UPS 등)에는 전원필터 등을 설치
- 6) 발전기 부하운전 시 비선형 부하(UPS 등)는 반드시 사전에 차단
- 7) 과전압 보호설비가 있는 경우는 계전기의 최소탭, 최소레버로 설정
- 계전기 특성이 반한시형인 경우는 정한시형 적용
- 8) 과전압 검출장치가 내장된 AVR 적용으로 보호

문1-6) 공동주택 및 건축물 규모에 따른 감리원 배치기준에 대하여 설명 하시오.
답)

1. 관련 근거

전력기술관리법 운영요령 제 25조 및 별표2의 감리원 배치기준

2. 감리원 배치 기준

1) 상주감리원 및 비상주감리원 배치

- (1) 감리업자 등은 공사현장에 상주하는 상주감리원과, 상주감리원을 지원 하는 비상주감리원을 각각 배치하여야 함
- (2) 비상주감리원은 고급감리원 이상으로 당해 전기공사전체기간동안 배치 하여야 한다.
- (3) 다음의 경우 비상주 감리원을 배치하지 아니할 수 있음.
 - ① 자체감리를 수행하는 경우
 - ② 정액적산가산방식에 따라 감리원 1인 이상을 총 공사기간동안 상주 배치 하는 경우

2) 배치기준 산정방법

- (1) 정액적산방식: 전기 공사비에 의한 감리원 수 산출방식
- (2) 실비정액가산방식: 건축물 규모에 의한 감리원 수 산출 방식
- (3) 건축물 규모에 따른 감리원 배치기준은 실비정액가산방식

3) 공동주택의 감리원 산정방법

- (1) 300세대이상 800세대미만: 책임 감리원 1인을 포함한 감리원 1인 이상 을 총 공사 기간 동안 배치
- (2) 800세대 이상

책임 감리원	보조 감리원
1인을 총 공사 기간동안 배치	1인 이상을 총 공사기간대비 50% 이상 배치 다만, 400세대를 초과 할 때마다 총 공사기간 대비 50% 이상 추가 배치

4) 건축물의 감리원 산정방법

- (1) 연면적 10,000제곱미터 이상 연면적 30,000제곱미터 미만
책임감리원 1인을 포함한 감리원 1인 이상을 총 공사기간동안 배치
- (2) 연면적 30,000 제곱미터이상

책임 감리원	보조 감리원
1인을 총 공사 기간동안 배치	1인 이상을 총 공사기간대비 50% 이상 배치 다만, 20,000제곱미터를 초과 할 때마다 총 공사기간 대비 50%이상 추가배치

문1-7) 태양광 발전 설비 시공시 태양전지의 전압-전류 곡선에 대해서 설명하고
인버터 및 모듈의 설치 기준에 대하여 설명하시오.

답)

1. 관련기준

국토해양부 “건축전기설비설계기준 (2011년)”

2. 태양전지의 전압-전류 곡선

1) 정의: 태양광이 조사될 때 태양광의 강도에 따라 태양전지의 출력전압과
출력전류가 변화를 표현한 곡선.

2) 구성요소 (전기적 파라미터)

(1) 단락전류(I_{sc}): 셀의 단자가 단락되었을 때 단자들 사이의 전압이 0이
고 이에 연관된 부하 저항이 0일 때 생산되는 최대 전류

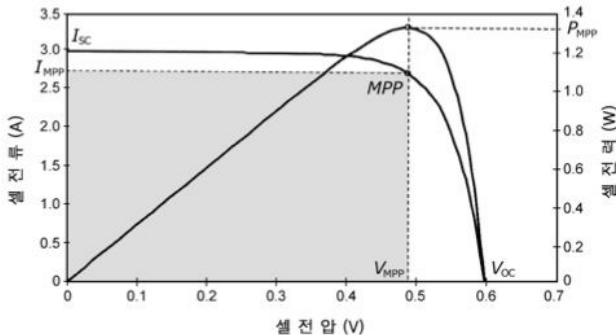
(2) 개방전압(V_{oc}): 출력할 수 있는 최대 전압

(3) 최대전력전압(V_{MPP}): 최대 전력점 상태의 전압

(4) 최대전력전류(I_{MPP}): 최대 전력점 상태의 전류

(5) 최대전력점(MPP): 태양광 모듈이 최고의 전력을 생성할 때의 전류 및
전압을 최고 전력점이라고 한다.

(6) Fill Factor = $\frac{MPP}{V_{oc} \times I_{sc}} \leq 1$



<태양전지의 전압-전류 곡선의 예>

3. 인버터 및 모듈의 설치 기준

1) 모듈설치기준

- (1) 설치용량은 사업 계획서상 제시된 설계용량 이상
- (2) 방위각은 정남형, 다만 건축물 디자인과 현장 여건에 따라 설치
- (3) 모듈 전면에 음영이 없어야 하나 효율이 미미할 경우 허용
- (4) BIPV 설치시 방열에 대한 조치 필요

2) 인버터 설치기준

- (1) 인버터의 정격용량은 설계용량 이상
- (2) 모듈의 정격용량은 인버터 용량의 105%이내
- (3) 옥내, 옥외형 구분 설치
- (4) 옥내용을 옥외에 설치할 경우 5kW이상만 가능(이 경우 옥외 방우형 외함에 수납)
- (5) 입력단 전압, 전류, 전력과 출력단 전압, 전류, 전력, 역률, 누적발전량, 설치 후 최대 전력량 표시

문1-8) 건축물에 전기를 배전하려는 경우 전기설비 설치 공간 기준을 “건축물 설비기준 등에 관한규칙” 과 관련하여 설명하시오.

답)

1. 관련근거

1) 건축법 시행령 제87조제6항

연면적 500제곱미터 이상인 건축물의 대지에는 국토교통부령으로 정하는 바에 따라 「전기사업법」 제2조제2호에 따른 전기사업자가 전기를 배전(配電)하는 데 필요한 전기설비를 설치할 수 있는 공간을 확보하여야 한다.

2) 건축물의 설비기준 등에 관한규칙 제20조의2(전기설비 설치공간 기준)

영 제87조제6항에 따른 건축물에 전기를 배전(配電)하려는 경우에는 다음 아래의 표에 따른 공간을 확보하여야 한다.

수전전압	전력수전 용량	확보면적
특고압 또는 고압	100kW 이상	가로 2.8m, 세로 2.8m
저압	75kW 이상 150kW 미만	가로 2.5m, 세로 2.8m
	150kW 이상 200kW 미만	가로 2.8m, 세로 2.8m
	200kW 이상 300kW 미만	가로 2.8m, 세로 4.6m
	300kW 이상	가로 2.8m 이상, 세로 4.6m 이상

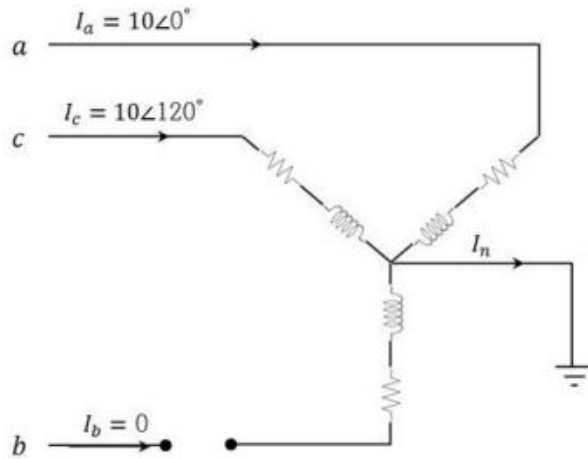
2. 표 전기설비 설치 공간 확보기준

- 1) 저압, 고압 및 특고압의 정의는 각각 「전기사업법 시행규칙」 제2조 제8호, 제9호 및 제10호에 따른다.
- 2) 전기설비 설치공간은 배관, 맨홀 등을 땅속에 설치하는데 지장이 없고 전기사업자의 전기설비 설치, 보수, 점검 및 조작 등 유지관리가 용이한 장소이어야 한다.
- 3) 전기설비 설치공간은 해당 건축물 외부의 대지상에 확보하여야 한다. 다만, 외부 지상공간이 좁아서 그 공간 확보가 불가능한 경우에는 침수우려가 없고 습기가 차지 아니하는 건축물의 내부에 공간을 확보할 수 있다.
- 4) 수전전압이 저압이고 전력수전 용량이 300kW 이상인 경우 등 건축물의 전력수전 여건상 필요하다고 인정되는 경우에는 상기 표-1을 기준으로 건축주와 전기사업자가 협의하여 확보면적을 따로 정할 수 있다.
- 5) 수전전압이 저압이고 전력수전 용량이 150kW 미만이 경우로서 공중으로 전력을 공급받는 경우에는 전기설비 설치공간을 확보하지 않을 수 있다.

문1-9) 다음과 같이 평형 Y 결선 부하에 공급하는 3상 전로에서 b상이 개방(단선)되어있고 부하측 중성선은 접지되어 있다.

$$\text{불평형 선전류 } I_1 = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10\angle 0^\circ \\ 0 \\ 10\angle 120^\circ \end{bmatrix} \text{ A 이다}$$

대칭분 전류와 중성선 전류(I_n)을 구하시오.



답)

1. 대칭분 전류

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) = \frac{1}{3}(10 + 0 + 10\angle 120^\circ) = \frac{10}{3}\angle 60^\circ \text{ [A]}$$

$$I_1 = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c) = \frac{1}{3}(10 + 0 + 1\angle 240^\circ \times 10\angle 120^\circ) = \frac{20}{3}\angle 0^\circ \text{ [A]}$$

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2I_b + aI_c) = \frac{1}{3}(10 + 0 + 1\angle 120^\circ \times 10\angle 120^\circ) = \frac{10}{3}\angle -60^\circ \text{ [A]}$$

여기서

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = 1\angle 120^\circ, \quad a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} = 1\angle 240^\circ$$

2. 중성선 전류(I_n)

$$I_n = 3I_0 = 3 \times \frac{10}{3}\angle 60^\circ = 10\angle 60^\circ \text{ [A]}$$

문1-10) 빌딩제어시스템의 운용에 필요한 가용성(Availability), MTBF(Mean time between failure), MTTR(Mean time to repair) 및 상호 관계를 설명하시오.
답)

1. 정의

빌딩제어시스템은 전기, 방재, 방범, 통신 등의 설비를 일괄적으로 감시 및 제어하는 시스템으로 장애 없이 서비스를 수행 할 수 있는 신뢰성이 중요.

2. 가용성, MTBF, MTTR의 정의 및 상호 관계

1) 가용성(Availability)

(1) 정의 : 시스템 장애 없이 정상적으로 서비스를 수행할 수 있는 능력

① 시스템을 사용할 수 있는 빈도수 측정 개념

② 시스템을 복구중인 경우 사용이 불가하므로 복구 시간 포함

(2)산출식 :
$$A_i = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \times 100\%$$

2) MTBF(Mean time between failure)

(1) 정의 : 평균 고장 간격

① 고장이 발생할 때까지 시스템이 실행되는 평균시간

② MTBF는 길수록 좋음

(2)산출식 :
$$MTBF = \frac{\text{총 가동시간}}{\text{총 고장건수}}$$

3) MTTR(Mean time to repair)

(1) 정의 : 평균 복구 시간

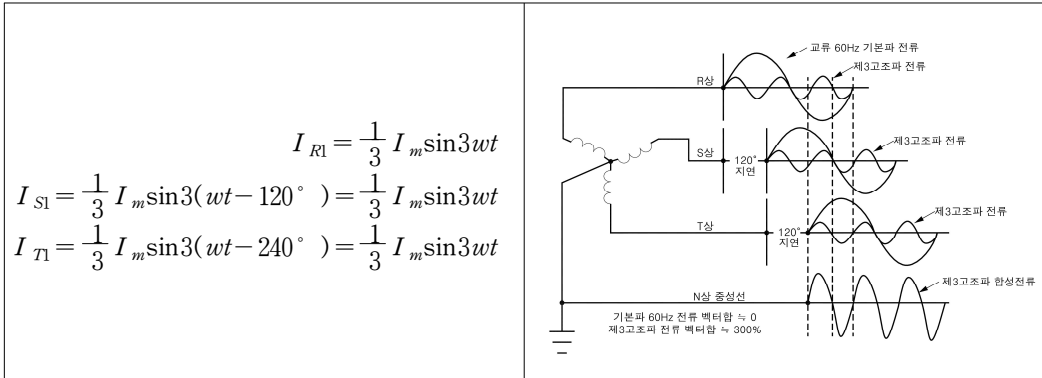
① 고장 발생 후 시스템 복구에 필요한 평균시간

② MTTR은 짧을수록 좋음

(2)산출식 :
$$MTTR = \frac{\text{총 복구시간}}{\text{총 고장건수}}$$

문1-11) 고조파를 많이 발생시키는 부하가 케이블에 미치는 영향을 설명하시오.
 답)

1. 3상4선식 계통에서 중성선에 비선형부하가 흐르는 전류



전류 합은 $I_{R1} + I_{S1} + I_{T1} = I_m \sin 3\omega t$ 가되어 영상분 고조파는 동상이 되어 중성선에 3배의 전류가 흐른다.

2. 영상분 고조파가 케이블에 미치는 영향 및 대책

1) 타기기 영향

- (1) 중성선 케이블 및 변압기 과열
- (2) 중성선 전위 상승하여 계전기 오동작
- (3) 변압기 및 발전기 출력저하

2) 중성선 케이블 과열

- (1) 각상 영상분 고조파 전류의 3배 전류가 중성선에 흘러 과열
- (2) 중성선 교류저항 R_N

① $R_N = R_0 + (1 + \lambda_s + \lambda_p)$

② 표피효과, 근접효과에 의해 교류저항 증가하여 과열

(3) 중성선 대지전위 상승

① 중성선과 대지간 전위차 $V_N = I_N \times (R + \beta X_L)$

② 주파수 증가시 중성선과 대지간 큰 전위차 발생

(4) 통신선 유도장애 발생

① 중성선 전류 증가하여 인근 통신선 유도장애 발생

② $E_m = \omega M I (I_a + I_b + I_c) = \omega M I (3I_0)$

문1-12) 휘도(Brightness:B)와 광속발산도(Luminous emittance :R)를 설명하고, 완전확산면에서 그 휘도와 광속발산도와의 상호 관계를 설명하시오.

답)

1. 휘도(B)

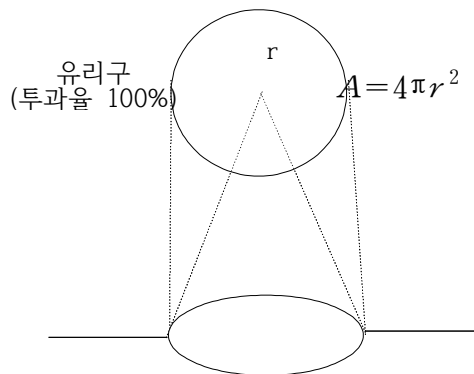
- 1) $B = \frac{I_0}{dA} [cd/m^2]$ · I_0 : 어느 방향의 광도[cd]
 · dA : 어느 방향에서 본 겉보기 면적[m^2]
 · 단위 : [$cd/m^2=nt$] [$cd/m^2=sb$]
- 2) 그 면의 밝기로서 광도의 밀도. 즉 광원의 눈부심 정도.

2. 광속발산도(R)

- 1) $M = \frac{dF}{dA} [lm/m^2]$ · dF : 이 면적에서 발산되는 광속
 · dA : 어떤 면의 임의의 점 둘레의 미소면적
 · 단위 : [$lm/m^2=rlm$]
- 2) 물체의 밝기로서 발광면의 단위면적당 광속. 즉 발산광속의 밀도.

3. 완전 확산면에서 휘도와 광속발산도 상호관계

- 1) 글로버 내면의 조도 (E) = $\frac{I}{r^2}$
- 2) 글로버 외면의 광속발산도 (투과율=1)
 $M = E = \frac{I}{r^2} \Rightarrow I = M \cdot r^2$ - ①
- 3) 글로버 외면의 휘도: $B = \frac{I}{\pi r^2}$ - ②
- 4) ①, ②에서: $B = \frac{M \cdot r^2}{\pi r^2} \Rightarrow M = \pi \cdot B$



문1-13) 연면적 10,000m², 단위에너지사용량 231.33kWh/m²·yr, 지역계수1, 용도별 보정계수 2.78, 단위에너지생산량 1,358kWh/m²·yr, 월별 보정계수 4.14인 교육연구시설의 최소 태양광 설치용량(kW)을 구하시오.

(단, 신·재생에너지 공급 비율 : 18%)

답)

1. 예상에너지 사용량

$$\begin{aligned} & \text{건축연면적} \times \text{단위에너지사용량} \times \text{지역계수} \times \text{용도별보정계수} \\ & = 10,000 \times 231.33 \times 1 \times 2.78 = 6,430,974 [\text{kWh/yr}] \end{aligned}$$

2. 신재생에너지 생산량

$$\begin{aligned} & \text{신재생에너지 공급의무 비율} \times \text{예상에너지 사용량} \\ & = 0.18 \times 6,430,974 = 1,157,575 [\text{kWh/yr}] \end{aligned}$$

3. 최소 태양광 설치용량(kW) (=월별 설치규모 산정)

$$\frac{\text{신재생에너지 생산량}}{\text{단위에너지 생산량} \times \text{월별보정계수}} = \frac{1,157,575}{1,358 \times 4.14} \approx 205.9 [Kw]$$

문2-1) 전기, 전자설비를 뇌서지로부터 피해를 입지 않도록 하기위한 뇌서지 보호시스템의 기본구성에 설명하시오.

답)

1. 개요

1) 낙뢰에 따른 뇌서지 침입시 서지에 취약한 전기, 전자기기의 오동작 및 보호대책이 필요하다.

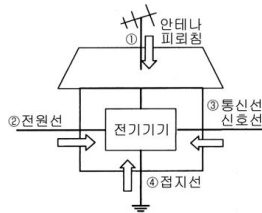
2) 관련규정 : KS C IEC 62305-3,4

2. 뇌서지 침입경로

1) 직격뢰, 유도뢰, 간접뢰

2) 전원선, 통신선

3) 방전전류에 의한 대지전위 상승



(그림)1 뇌서지 침입경로

3. 뇌서지 영향

1) 전산장비, 정보통신기기 소손

2) 시스템오류, 데이터 손상

3) 절연파괴, 순시정전

4) 기기열화

4. 뇌서지 보호대책

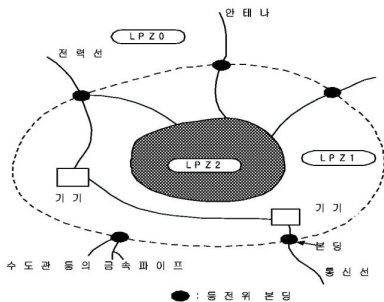
1) 기본대책

(1) 발생원제거 : 절연TR, LA, SPD

(2) 뇌서지전달 최소화 : 차폐(전자, 정전)

(3) 뇌서지 내성향상 : 기기내압상승, 등전위화

2) 구조물 전기, 전자 시스템보호(KSCIEC62305-4)



(그림)2 LPZ 구분

LPZ₀ : 직격뢰 위험지역

LPZ₁ : 직격뢰 비노출지역, SPD설치로 전자계 감쇄영역

LPZ₂ : 건물내 공간차폐, SPD설치로 전자계 더욱 저감영역

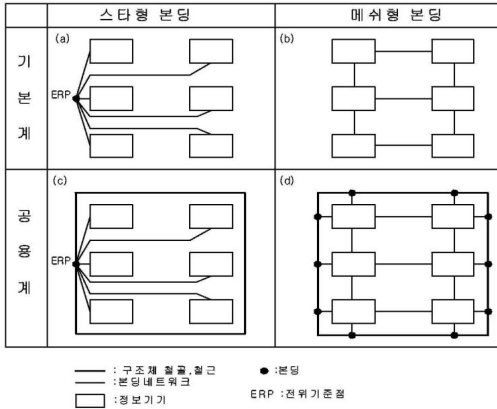
3) 접지와 분당

(1) 접지시스템

① 전기시스템 : A형접지극, B형접지극 ② 전자시스템 : B형접지극

(2) 분당망(장비간 전위차 방지)

① 분당망 구성



② 분당바 : LPZ 인입하는 도전성 설비의 직접 또는 SPD 통해 분당

4) 자기차폐, 선로경로

(1) 공간차폐물

① 구조물, 기기외함 보호구 ② 격자형 금속차폐물

(2) 내부선로차폐물, 내부선로경로

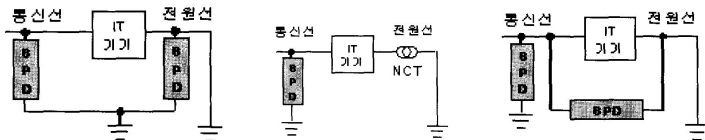
① 케이블금속차폐물, 케이블금속덕트 외함
 ② 유도루프최소화, 전원선과 비차폐신호선 이격

(3) 외부선로 차폐

차폐케이블사용, 금속케이블덕트

5) 협조된 SPD보호

(1) 전원선과 신호선 SPD보호



(공통접지법)

(바이패스법)

(절연방식)

(2) 에너지협조 : SPD 입사에너지 ≤ SPD 에너지내량

6) 기기정격 임펄스내전압

분 류	임펄스 내전압(kV)			
	카테고리Ⅳ	카테고리Ⅲ	카테고리Ⅱ	카테고리Ⅰ
공칭전압(V)				
단상120-240	4	2.5	1.5	0.8
3상230-400	6	4	2.5	1.5
적 용	인입구 기기	간선, 분기회로 기기	부하기기	특별 보호기기

문2-2) 초고층 빌딩에 적합한 조명시스템의 필요조건에 대하여 설명하시오.

답)

1. 개요

- 1) 초고층 빌딩은 50층 이상 또는 높이가 200m이상인 건축물로서 주거용, 사무용, 공간 등 복합기능을 가짐
- 2) 조명시스템의 규모가 크므로 조명시스템의 효율화가 에너지 절약 및 최적의 조명환경 제공 최대공간의 활용 등 매우 중요한 의미를 가짐

2. 초고층 빌딩의 특징

1) 조망권

사무 공간 및 주거공간으로서 선호도 경향 증가

2) 녹지공간의 확대

같은 용적률의 건물을 초고층으로 지어 건폐율을 낮춰 녹지 활용 공간 확대

3) 풍속의 증가

바람의 영향으로 외기 침입량 증가, 열전달을 증가로 냉난방기기에 영향

4) 단열성능, 일사, 연돌효과

(1) 유리 면적이 커서 단열성능 및 축열성능 저하 등 외부조건변화가 실내에 직접적인 영향

(2) 겨울철 저층부에서 고층부로 연돌효과 발생

(3) 높이가 높아 다량의 천공일사와 야간 복사냉각이 발생

3. 조명 설계

1) 주광

태양광을 이용한 주광조명이 용이하게 사용되며 태양광선조사로 인한 조도대비 심화와 태양의 방향에 따른 조도 불균일 야기

2) 빛 공해

초고층 빌딩은 커튼월 구조로 외부로 빛이 새어 나가고 야간에 외부에서 초고층을 바라볼 때 초고층 빌딩 유리창 통하여 천장면을 보게 되므로 고휘도 광원이 존재할 경우 빛 공해로 작용

3) 감성적 조명환경

상층부의 사람이 하층부에 사람보다 심리적인 영향이 크므로 상층부로 갈수록 편안하고 부드러운 느낌의 색온도나 광색 제공

4) 방열

모든 조명기구 열 방출 구조이며 초고층 빌딩은 폐쇄적 구조로 조명기구 방출열로 상당한 냉방 부하로 작용

4. 초고층 빌딩의 문제점

- 1) 에너지 소비가 저, 중, 고층보다 에너지 과다소비
- 2) 에너지 소비원인
 - (1) 건물외벽 커튼월 구조로 단열성능 저하
 - (2) 인공 환기와 냉난방의 필수로 에너지소비 증가
 - (3) 고속엘리베이터 및 복도 조명에 따른 전력사용 에너지 증가
- 3) 연돌효과(Stack Effect)의 심화
건물내외 온도차로 인한 작용 압력차로 발생하며, 침기와 누기발생, 엘리베이터도어 및 출입문 개폐의 어려움, 환기 및 배기의 불량, 화재시 유독 연기 전파의 문제점 발생
- 4) 빛 공해
작업 효율성을 위해 고조도 조명기구 사용으로 외부에서 조명탑으로 비추어 지며 수면 저하, 교통안전 방해 등 , 빛 공해 유발

5. 초고층 빌딩에 적합한 조명 시스템의 조건

- 1) 친환경 그린빌딩의 고효율 조명기기사용
전체 에너지 소비량 중 조명기기 사용량이 29%로 초고층 빌딩 에너지 소비량 감소 필요성 확대
- 2) 신재생 에너지 연계 DC배전용 조명
태양광(BIPV) 및 풍력 발전을 이용한 에너지의 효율적 사용을 위해 DC배전 시스템 구축이 필요하며 LED조명은 정류 없이 사용이 가능
- 3) 주광을 이용한 부분조광 시스템
 - (1) 실내유입 주광의 양을 광센서로 감지 주광의 유입정도에 따라 인공조명의 밝기 조절로 공간전체 균일조도유지 및 에너지절약
 - (2) 상층 중층 하층부로 나누어 조명의 색온도와 광색조절로 심리적 영향을 고려한 조명 환경 연출
- 4) 외기와 공조기구 연동 LED방열
상부 풍속증가로 인해 외기 침입량이 증가하며 LED조명기구는 칩과 방열판이 접합 구조로 공조기구와 결합으로 난방부하 감소 실현
- 5) 빛 공해 저감 등기구
LED면광원을 사용 부분 조광함으로써 창측 배광제어로 빛 공해 감소

문2-3) 건축물 내 수·변전설비에서 변압기의 합리적인 बैं킹방식에 대하여 설명 하시오.

답)

1. 개요

- 1) 수변전설비의 기본계획 순서에서 변전설비 시스템 결정요소를 살펴보면
 사전조사→수전전압결정→주회로 접속방식 결정→용량산정→시스템결정
 →제어 및 보호방식 결정→변전실 위치, 면적, 배치→설계도서 작성
- 2) 본고에서는 변압기 구성 시 고려사항인 बैं킹방식에 대해 설명한다.

2. 합리적 운영을 위한 변압기 बैं킹 방식

1) 변압기 상수

- (1) 과거에는 단상 TR 3대를 △ 결선하여 사용(1대 고장시 V결선)
- (2) 현재는 변압기 품질향상 및 신뢰도 증가, 소요면적 절감 등으로 3상 변압기가 보편적으로 적용.

2) 변압기 회로 수 (Bank 수)

- (1) बैं크수가 많으면 :
 설비구성의 복잡, 설치면적 증대, 경제성 저하, 유지보수 어려움.
- (2) 용량이 커지면 :
 정격 및 단락전류 증대로 기기선정 어려움 있음.
- (3) 부하특성에 따라 बैं크구성 세분화하면 고조파, 노이즈 문제 해결가능.

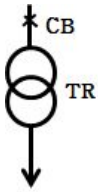
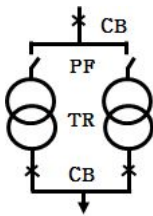
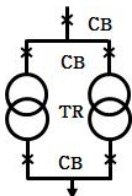
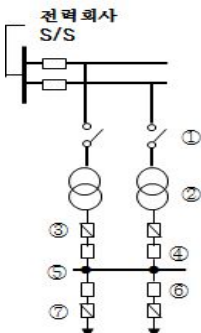
3) 일반적 बैं크 수

용량(KVA)	Bank 수	여 유 도
1,500 미만	1	- . 풍량, 냉각방식에 따라 120% 과부하에서 8시간 운전가능 - . 자연식 → 풍냉식
1,500~3,000	1~2	
3,000 이상	2	

4) 변압기 बैं크 수 비교

구분	Bank 수 많음	Bank 수 적음
단락전류	작다	크다
전압변동	크다	작다
설치면적	증가	감소
차단기	용량감소, 대수증가	용량증가, 대수감소
경제성	낮다	높다

5) 변압기회로의 결선방식.

구 분	skelton	특 징
1 Bank		<ul style="list-style-type: none"> ① 가장 간단하고 경제적 ② 변압기 사고시 정전 ③ 변압기 수리시간이 정전 시간
2 Bank	<p>1차 PF 2차 CB</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ① 변압기 사고는 정전시간 ② 사고뱅크 제거로 단시간 Bank 운전 가능 ③ 1 Bank로 전부하처리 일 때 부하제한.
2 Bank	<p>1차 CB 2차 CB</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ① 변압기 사고시 1,2차 CB 개방 ② 사고 뱅크 자동분리로 전체정전 방지. ③ 1뱅크 전부하 처리시 부하제한.
2 Bank 이상	<p>SOPT NET WORK</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ① 수전용 단로기 ② 네트워크 변압기 ③ 프로텍터 퓨즈 ④ 프로텍터 차단기 ⑤ 네트워크 모선 ⑥ 테이크 오프 CB ⑦ 테이크 오프 퓨즈 <ul style="list-style-type: none"> - 무정전 공급가능 - 전압변동률, 전력손실 적다 - 부하증가에 적용성 크다 - 네트워크 변압기용량 $= \frac{\text{최대수요전력}}{\text{수전 회전수} - 1} \times \frac{1}{1.3}$ <ul style="list-style-type: none"> - 초기투자과다, 신뢰성 우수

- 문2-4) 건축물에 설치된 대형 열병합형 스팀터빈 발전기를 전력회사 계통과 병렬 운전을 위해 동기 투입하려고 한다. 만약 터빈발전기의 동기가 불일치할 때
- 1) 터빈발전기 기기 자체에 발생할 수 있는 손상(damage)을 설명하시오.
 - 2) 이 손상을 방지하기 위한 동기투입 조건을 4가지를 제시하고, 이 조건들을 불만족 시킬 때 계통 운영상에 발생하는 문제점을 설명하시오.

답)

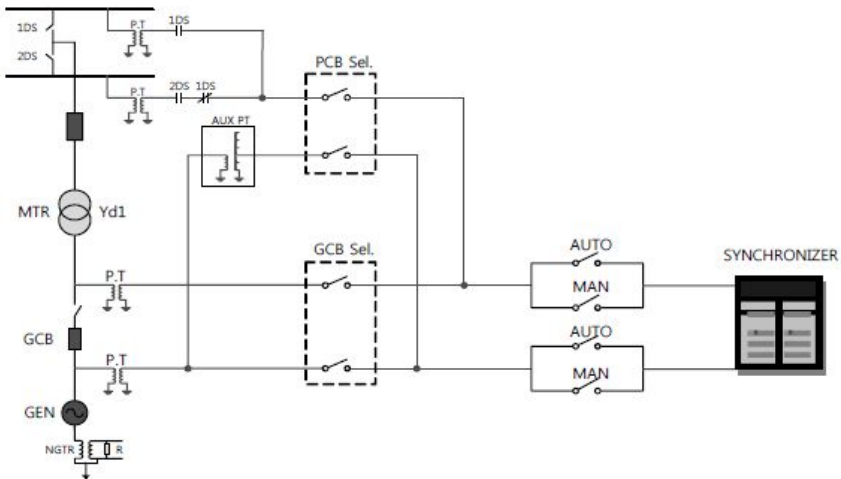
1. 개요

전력계통에서 발전기가 운전을 하기 위해서는 계통에 병입하는 과정을 거쳐야 한다. 물론 단독으로 부하를 공급하여 동기 투입이 필요 없는 발전기의 경우도 있지만 전력계통에 병입 되어 전력을 생산하고 계통을 유지하고 있는 발전기는 동기투입과정을 거쳐야 하며 이 과정에서 비동기로 투입될 수 있다.

2. 동기 불일치 터빈발전기 기기 자체에 발생할 수 있는 손상(damage)

1) 발전기 동기 투입회로

(1) 동기 투입회로도



여기서, Synchronizer: 발전기 계통 병입장치

(2) 동기 투입순서

- ① 발전기 계통 병입 장치(Synchronizer)는 병입 되는 발전기가 Incoming 이 되고 전력 계통이 Running이 되도록 병입 차단기 양단의 PT(계기용 변성기)로부터 동상의 전압을 입력하여 동기 여부를 판단
- ② 계통 병입 장치는 양단 PT로부터 얻은 전압, 위상, 주파수 정보를 바탕으로 발전기가 전력 계통과 동기 상태에서 병입되도록 동기 투입명령을 내려 차단기를 투입하는 장치
- ③ 동기 투입 조건은 차단기 양단 PT의 전압 정보로부터 얻은 위상차 $\pm 10^\circ$, 전압차 $\pm 5\%$, 주파수차 $\pm 0.067\text{Hz}$ 내에서 병입을 수행하도록 IEEE에서 권

장하고 있다

2) 비동기 투입의 주요 원인

(1) PT로부터 계통 병입 장치까지 연결되는 전압 케이블(Cable) 오결선

(2) 계통 병입 장치 자체의 특성불량

3) 동기 불일치 터빈발전기 자체 발생할 수 있는 손상(damage)

(1) 전압차나 위상차가 큰 상태에서 병입 시

① 전압차에 의해 무효분 돌입전류가 커져 권선의 과열, 소손 발생

② 위상차에 의한 전압차 발생해서 발전기간 순환전류 발생

(2) 주파수차가 큰 상태에서 병입 시: 유효분 돌입전류가 커진다.

① 유효분 돌입전류가 커진다.

② 그래서 병입 순간 발전기 회전자의 구속력이 커지게 되고 발전기에 역전력 현상이 지속됨

(3) 동기 불 일치시 전류의 방향이 계통에서 발전기측으로 흐르게 되어 큰 돌입 전류에 의해 고정자의 전자기력이 회전자를 구속하게 되고 발전기 회전수 감소 및 스트레스 발생

3. 손상 방지를 위한 동기투입 조건 4가지 및 불만족 시 문제점

1) 전압의 크기가 같고, 불평형이 아닐 것

(1) 기전력의 차에 의한 무효 순환전류가 흐른다

(2) 무효순환전류에 의한 손실 증가 발전기 온도상승을 초래함

(3) 그러므로 투입시 전압차가 $\pm 5\%$ 이내로 할 것.

(4) 투입시 전원측보다 약간 높게 하여 투입하는 것이 좋다.

2) 기전력의 주파수가 같을 것

(1) 위상차에 의한 차 전압에 의해 동기화전류가 흐르게 된다

(2) 무효회류가 발전기에 주기적으로 흐르게 되어 난조의 원인이 된다

(3) 심하면 탈조까지 이르게 된다.

3) 기전력의 파형이 같을 것

(1) 각 순간의 순시치가 달라지므로 발전기에 무효회류가 흐른다

(2) 이 전류는 전기자 동손실을 증가시키고 과열의 원인이 된다.

4) 상회전 방향이 같을 것

(1) 어느 순간 단락상태로 되는 것

(2) 시운전시의 처음 병입을 한번 하는 것으로 충분하다

문2-5) 전기설비 판단기준 제 283조에 규정하는 계통을 연계하는 단순 병렬운전 분산형전원을 설치하는 경우 특고압 정식수전설비, 특고압 약식 수전설비, 저압수전설비별로 보호장치 시설방법에 대하여 설명하시오.

답)

1. 개요

- 1) 단순 병렬운전 분산형전원은 계통연계용 보호장치로 역전력계전기를 설치한다.
- 2) 단, 신·재생에너지 개발·이용·보급 촉진법에 의해 전기를 생산하는 용량 50kW 이하의 소규모 분산형 전원으로서 단독운전 방지기능을 가진 것을 단순 병렬로 연계하는 경우 역전력계전기의 설치를 생략할 수 있다.

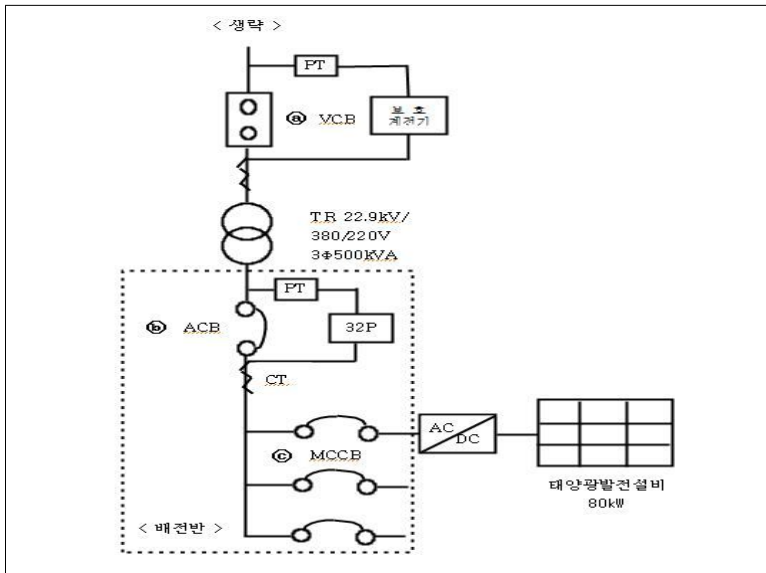
2. 관련근거

- 1) 전기설비기술기준의 판단기준 제283조(계통연계용 보호장치의 시설) 제3항
- 2) 신·재생에너지 개발·이용·보급 촉진법

3. 수전설비별 역전력계전기 보호장치 시설방법(역전력계전기: 32P)

1) 특고압 수전설비(정식)

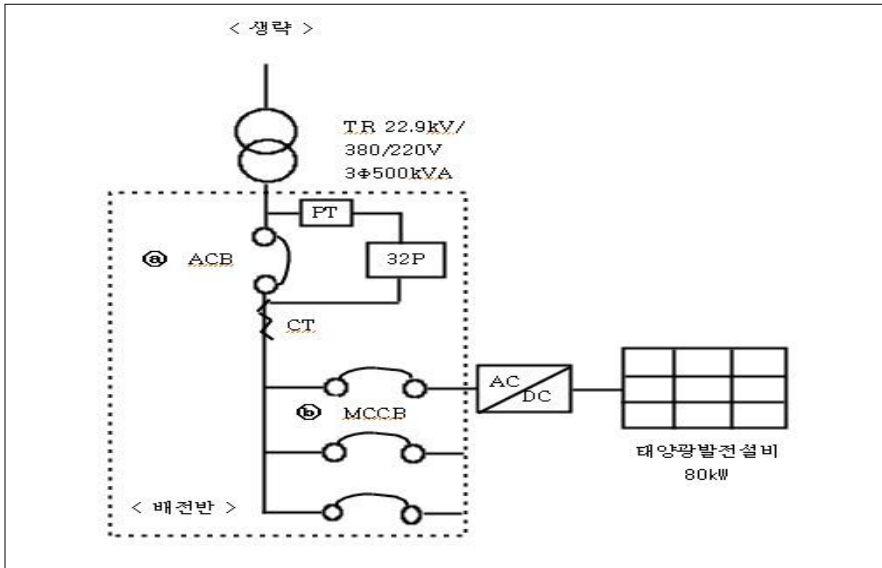
- (1) VCB반 디지털보호계전기(32P 요소 추가)의 계전기 동작시
 - ㉠ VCB 차단하는 방법
- (2) 배전반에 역전력계전기(32P)를 설치하여 계전기 동작시
 - ㉡ ACB 차단 또는 ㉢ MCCB 차단하는 방법



2) 특고압 수전설비(약식)

(1) 배전반에 32P를 설치하여 계전기 동작시

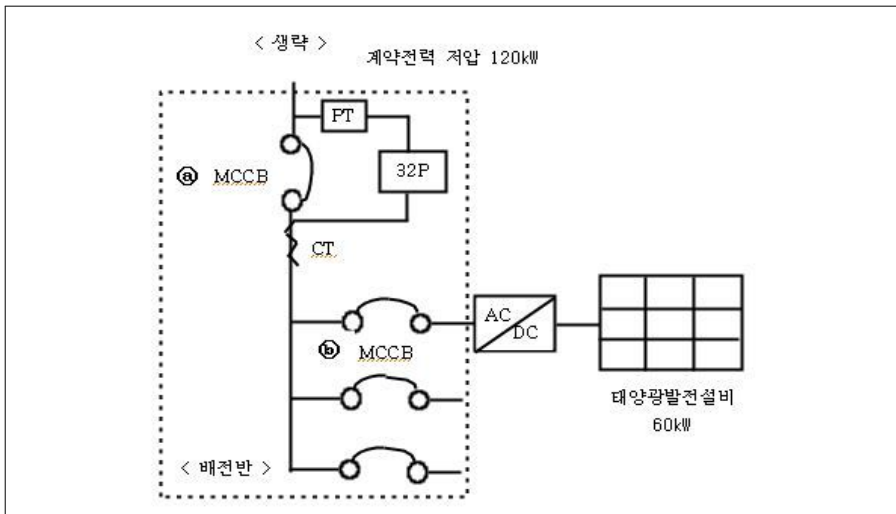
① ACB 차단 또는 ② MCCB 차단하는 방법



3) 저압 수전설비

(1) 배전반에 32P를 설치하여 계전기 동작시

① MCCB 차단 또는 ② MCCB 차단하는 방법



4) 상기 1) ~ 3) 이외의 수전설비에서 배전계통에 역송방지를 위한 32P를 설치하는 경우 설계도면 및 현장시험을 통해 인정여부를 결정.

4. 역전력계전기 정정

1) 전력회사 규격에 규정된 정정

- ① 상시 병렬운전 발전상태에서 전력계통 동요시 및 외부 고장시 오동작하지 않는 범위에서 최소 값
- ② 보통 발전기 용량의 20(%)에 정정(3상기준)

2) 동작시간은 정한시 0.5(S)~2(S) 범위 내에 설정

5. 단독운전 방지기능 확인 및 시험

1) 대상 : 신·재생에너지 발전설비 용량 50kW 이하의 소규모 분산형전원

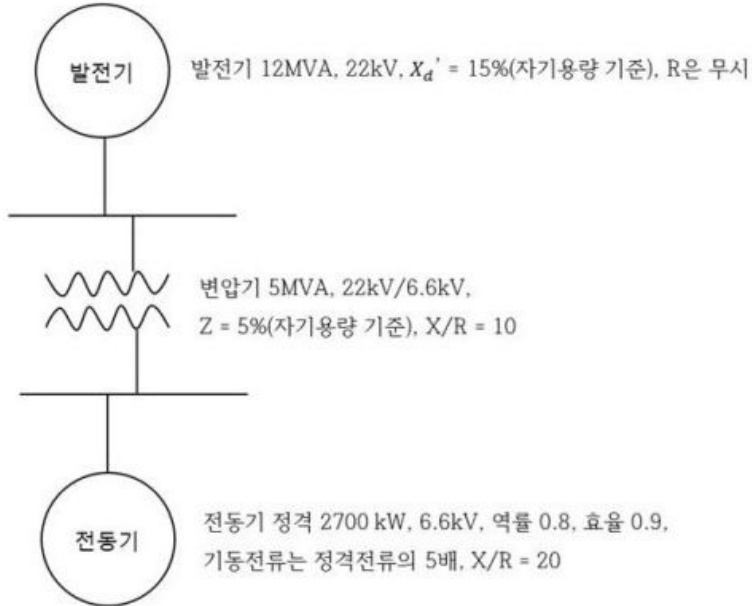
2) 확인 및 시험

배전계통 정전시 한전측 선로에 역송되지 않도록 단독운전 방지 기능에 의한 계통 연계의 차단상태 확인

문2-6) 다음과 같은 단선도에서 유도전동기가 직입 기동하는 순간, 전동기 연결모선의 전압은 초기전압의 몇 % 가 되는지 계산하시오.

<계산 조건>

- 1) 각 기기들의 per unit 임피던스는 100MVA 기준으로 계산한다.
- 2) 변압기 손실은 무시한다.
- 3) 각 모선의 초기전압은 100%로 가정한다.



답)

1. 임피던스 환산

1) 발전기

$$\%Z_G = j \frac{100}{12} \times 15 = j125[\%] \rightarrow j1.25[p.u]$$

2) 변압기

$$\%Z_T = \%R + j\%X = \frac{100}{5} \times 5 = 100[\%]$$

$$\%R_T = \frac{\%Z}{\sqrt{1 + \left(\frac{X}{R}\right)^2}} = \frac{100}{\sqrt{1 + 10^2}} = 9.95[\%] \rightarrow 0.0995[p.u]$$

$$X_T = 0.0995 \times 10 = 0.995[p.u] \quad Z_T = 0.0995 + j0.995[p.u]$$

3) 유도전동기

(1) 기동전류 I_M (3상 유도전동기)

문제에서 모터기동전류는 전동기 정격전류의 5배로 설정되었으므로

I_M 계산하면,

$$I_M = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \Theta \times \text{효율}} \times \text{배수} = \frac{2,700}{\sqrt{3} \times 6.6 \times 0.8 \times 0.9} \times 5 = 1,640 [A]$$

이다.

(2) %Z_M (3상 유도전동기)

$$\text{기동전류 } I_M \text{ 는 } I_M = \frac{100}{\%Z_M} \cdot I_N$$

이다. 여기서 I_N : 정격전류, %Z_M : %임피던스
기동전류가 유도전동기 정격전류의 5배이므로

$$I_M = \frac{100}{\%Z_M} \cdot I_N = 5 \cdot I_N$$

이어서 $5 = \frac{100}{\%Z_M}$ 이다. 따라서

$$\%Z_M = \frac{100}{5} = 20\% \text{ 이다.}$$

(3) %R_M %X_M

$$\%R_M = \frac{\%Z_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{X}{R}\right)^2}} = \frac{20}{\sqrt{1 + 20^2}} = 0.9988[\%]$$

$$\%X_M = \%R \times 20 = 19.976[\%]$$

%R_M %X_M을 기준용량으로 환산하면 다음과 같다.

모터출력 2,700kW을 입력용량으로 환산하면

$$\frac{2,700}{\cos \Theta \times \text{효율}} = \frac{2,700}{0.8 \times 0.9} = 3,750 [kVA] \text{ 이고}$$

$$\%R_M = \frac{100 \times 10^3}{3,750} \times 0.9988 = 26.635[\%] \rightarrow 0.26635 [P.U]$$

$$\%X_M = 26.635[\%] \times 20 = 532.7[\%] \rightarrow 5.327 [P.U]$$

(2) 임피던스 Z_M

$$Z_M = R_M + jX_M = 0.266 + j5.327 [p.u]$$

2. 전동기 기동 시 단자전압 V_M (임피던스 분압법)

1) 합성임피던스 Z

$$Z = Z_G + Z_T + Z_M = j1.25 + 0.0995 + j0.995 + 0.266 + j5.327 \\ = 0.365 + j7.572 [p.u]$$

2) 전동기 기동시 단자전압 V_M

$$V_M = \frac{0.266 + j5.327}{0.365 + j7.572} \times 6.6 = 4.699 [kV] \rightarrow \frac{4.699}{6.6} = 71.19[\%]$$

문3-1) 대형건축물의 구내배전용 6.6kV 전동기와 6.6kV/380V 변압기가 연결되어 있다. 6.6kV 전동기가 부하용 과전류 계전기(50/51)와 6.6kV/380V 변압기의 고압 측에 설치된 과전류 계전기(50/51)를 정정하는 방법을 각각 설명하시오.

답)

1. 개요

전력계통의 고장시 정상시보다 많은 전류가 흐를 경우 전력계통의 보호에는 일반적으로 과전류 계전방식이 사용된다. 이 방식은 간단하고 경제적 이지만 고장전류의 크기와 동작시간차만으로 선택성을 유지하므로 적용상 제약이 많고 전원측에 가까운 고장은 고장제거 시간이 길어진다.

2. 전동기 보호를 위한 과전류 계전기(50/51)정정

1) 교류변전소용 자동제어 기구번호

(1) 50: 단락선택 E는 지락선택계전기(Instantaneous over current or rate of rise relay, 51/50: 순시요소부 OCR)

(2) 50: 교류과전류 계전기(= AC time over current relay)

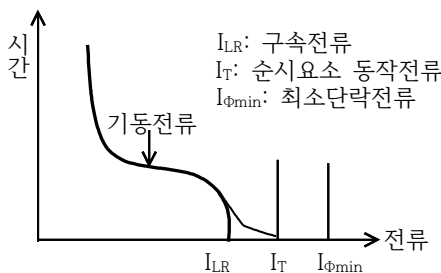
2) 순시요소 정정

(1) 전동기단자의 단락전류가 기동전류나 외부단락시 전동기의 유출전류보다는 훨씬 큰 경우에는 고정정(高整定) 순시요소를 적용하면 고속도로 경제적 보호를 할 수 있다.

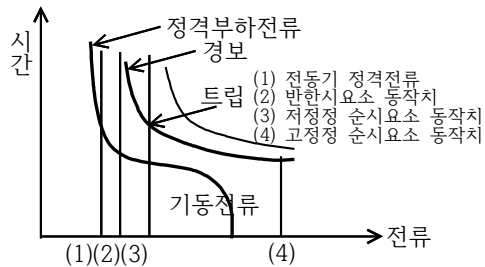
(2) 순시요소의 p·u 전류 I_T 는 전동기 단자 3상 단락전류의 1/3이하로 함.

$$I_T \text{정정치} > 1.6I_{LR}$$

$$I_T \text{정정치} > 1/2I_{\phi_{min}}$$



(a) 순시요소 정정



(b) 순시요소와 한시요소의 정정

그림1 전동기 보호를 위한 정정

3) 한시요소 정정

(1) 전동기 연속 전류의 110%, 동작시간은 시동시 돌입전류에 동작하지 않도록 한다

(2) 통상 기동전류는 정격전류의 5배, 계속시간은 2~20초 이다.

4) 중요용도의 전동기 보호

(1) 차단기 트립을 최소한으로 억제하기 위해서는 단락보호는 고정정의 순시요소에 의한 트립으로 한다.

(2) 장한시 반한시 요소 동작은 경보만으로 한다.

(3) 회전자가 정지할 우려가 있는 경우는 전동기 연속정격전류의 200~300%에 동작하는 저정정의 순시요소와 장한시의 과전류요소가 모두 동작했을 때 차단시킨다.

3. 변압기 보호를 위한 과전류 계전기 정정

1) 한시(OC) 정정

(1) 변압기 과부하에 의한 동작

변압기 과부하 운전을 고려하여 150~170% 여유를 둔다.

(한시전류는 2~10A로 구성, 0.5A step 으로 정정 가능)

(2) 변압기 2차측 단락에 의한 동작

한시의 동작시간은 변압기 2차측 단락전류를 1차 측으로 환산한 값에서 0.6[s]이하에 동작하도록 한다.

2) 순시(HOC) 정정

(1) 변압기 1차측 단락사고시 최소단락(2상 단락)전류 이하 에서 동작

(2) 변압기 2차측 단락사고시는 2차측 고장전류를 1차측으로 환산한 값의 1.5배 이상에 정정(한시로 보호 한다)

3) 한시Time lever의 정정

(1) 정지형 강반한시 적용(IEC 255-3)

(2) time lever는 0.25 ~ 40, 0.25 step 으로 정정 가능

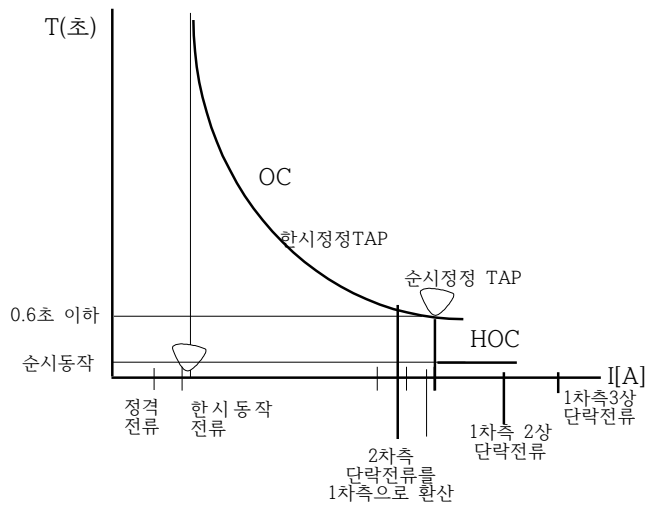
$$t = \frac{13.5}{\left(\frac{I_S}{I_P}\right) - 1} \times \frac{t_P}{10}$$

I_S : 고장전류(변류기 2차 전류)

I_P : 과전류에대한 배율(Pick up current)

t_P : 동적시간 lever

4) 계전기의 한시와 순시의 협조 곡선



문3-2) 비상콘센트에 대한 설치대상, 전원설비 설치기준 및 비상콘센트 시설방법에 대하여 설명하시오

답)

1. 개요

- 1) 비상콘센트는 소화활동 설비의 일종으로 여기서는 비상콘센트 설치대상, 전원설비 설치 기준, 비상콘센트 시설방법에 대하여 설명하고자 한다.
- 2) 비상콘센트 화재안전기준(NFSC 504)

2. 비상콘센트 설치대상

- 1) 층수가 11층 이상인 특정소방대상물
- 2) 지하층의 층수가 3층 이상이고 지하층의 바닥면적의 합계가 1천㎡ 이상인 것은 지하층의 모든층
- 3) 지하가 중 터널로서 길이가 500m 이상인 것

3. 전원설비 설치기준

- 1) 저압 수전인 경우 인입개폐기 직후, 고압 및 특고압의 경우는 변압기 2차
- 2) 층수가 7층 이상으로 연면적 2,000㎡이상, 지하바닥면적 합계가 3,000㎡이상인 자가 발전기 또는 비상전원 수전설비 시설
- 3) 비상전원 자가발전 설치기준
 - (1) 점검이 편리하고 화재 및 침수 등의 우려가 없는 곳
 - (2) 비상콘센트 설비를 20분 이상 작동시킬 용량
 - (3) 상용전원 중단시 자동으로 비상전원 전원공급
 - (4) 비상전원 설치장소는 다른 장소와 방화구획
 - (5) 비상전원 시설시 비상조명등 시설

4. 비상콘센트 설치기준

- 1) 비상콘센트는 전원회로는 단상교류 220V, 용량 1.5kVA이상
- 2) 전원회로는 각층에 2이상 시설(단, 비상콘센트 1개시 1회로)
- 3) 전원회로는 주배전반 전용회로(단, 다른 회로에 영향을 받지 않도록 할 것)
- 4) 콘센트는 배선용 차단기 시설하고 충전부가 노출되지 않도록 할 것.
- 5) 개폐기는 비상콘센트 라고 표시
- 6) 비상콘센트의 플러그접속기는 접지형 2극 사용
- 7) 비상콘센트의 플러그접속기의 칼받이는 접지극 접지공사 실시

8) 비상콘센트 설치기준

- (1) 바닥으로부터 높이 0.8m이상 1.5m이하의 위치에 설치할 것
- (2) 아파트 또는 바닥면적이 1,000㎡미만 층은 계단 출입구에 시설
- (3) 바닥면적이 1,000㎡이상 층은 각 계단출입구 및 계단 부속실의 출입구
- (4) 비상콘센트에서 그 층의 각 부분까지 거리가 기준을 초과시 추가시설
 - ① 지하상가 또는 지하층의 바닥면적의 합계가 3,000㎡ 이상은 수평거리 25m
 - ② 수평거리 50m 이상시

9) 비상콘센트 절연저항 및 절연내력

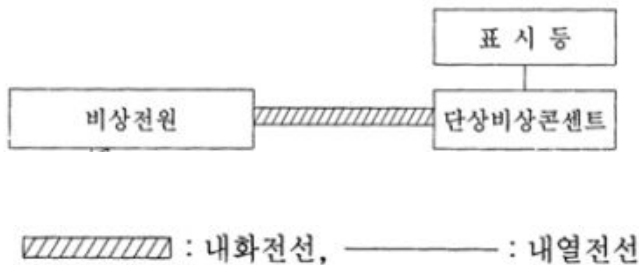
- (1) 500V 절연저항계로 20MΩ 이상
- (2) 절연내력 150V이하인 경우 1,000V의 실효전압 1분 이상 견딜 것
- (3) 배선용 차단기 시설하고 충전부가 노출되지 않도록 할 것

5. 비상콘센트 보호함

- 1) 보호함에는 쉽게 개폐할 수 있는 문을 설치할 것
- 2) 보호함 표면에는 비상콘센트라고 표시
- 3) 보호함 상부에는 적색의 표시등을 설치할 것(단 비상콘센트 보호함을 옥내 소화전함 등과 접속하여 설치하는 경우는 옥내소화전함과 겸용 가능)

6. 비상콘센트 배선

- 1) 전원회로 배선은 내화배선으로 시공
- 2) 그 밖의 배선은 내화배선 또는 내열배선 시공



문3-3) 차단기의 개폐에 의해 발생하는 서지의 종류별 특징과 방지대책에 대하여 설명하시오.

답)

1. 개요

1) 차단기 설치목적

통상의 전류개폐, 사고발생시 신속히 회로를 차단하여 계통을 분리함으로 전기 설비를 보호하고 안전성 확보

2) 개폐서지 특징

뇌서지에 비해 파고값은 낮으나 지속시간이 길어 기기절연에 영향

2. 개폐서지 종류 및 특징

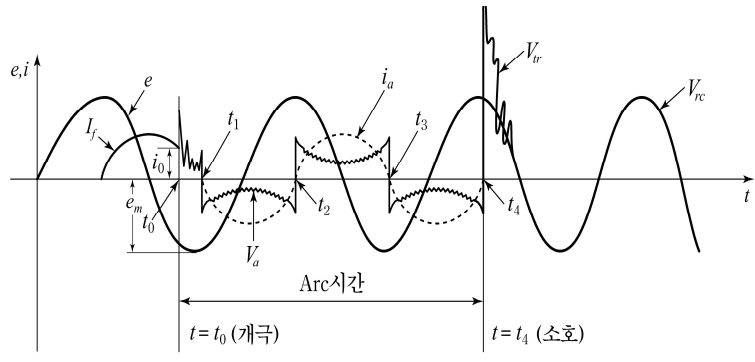
1) 직류 차단시

(1) 직류는 전류 0점이 없어 차단시 전류 절단에 의한 서지 발생

(2) 아크전압 > 회복전압 → 전류를 감소시켜 차단

(3) 대책 : 고속차단 (HSCB) , 차단점 접촉자간 바리스터(ZNR) 삽입

2) 교류 차단시 (고장전류 차단)



< 교류 회로 차단 메카니즘>

(1) 전극간 소호력에 의한 절연회복 능력과 재기전압으로 차단유무 결정

(2) 아크전압 : 아크발생중 접촉자간 발생하는 전압

(3) 재기전압 (Transient Recovery Voltage)

차단능력 측정의 중요 요소 → 성공시 회복전압

→ 실패시 재점호 (재발호)

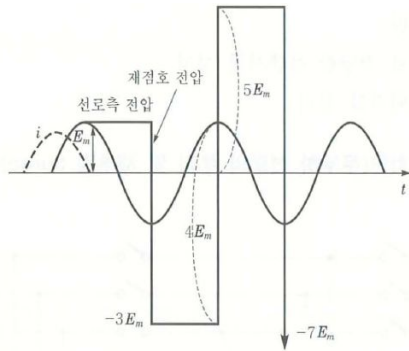
(4) 회복전압 : Recovery Voltage 상용주파로 안정된 상태

(5) 재점호 : 재기전압에 의해 절연 파괴시 발생

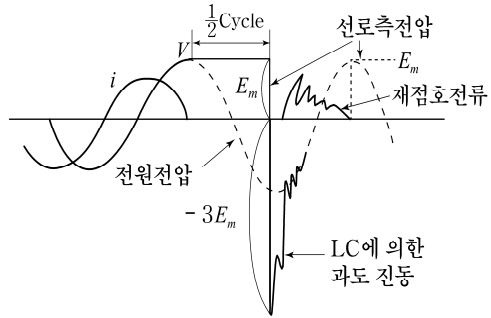
(6) 대책 : 중성점 저항접지방식 채택

3) 무부하 선로 개폐서지

- (1) 투입서지 : 과도현상에 의한 전압이 정반사되어 최대 2배 발생
콘덴서 투입시 돌입전류
- (2) 차단서지 : 충전전류 차단시 재점호에 의해 3~3.5배 서지 발생



<무제동시 >



<제동시 >

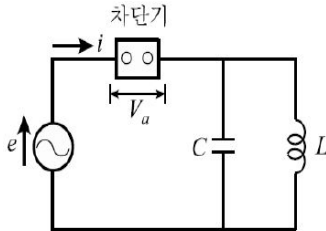
(3) 대책

- ① 차단속도를 빠르게 하여 재점호 방지
- ② 저항차단방식 적용
- ③ LA, SA 설치

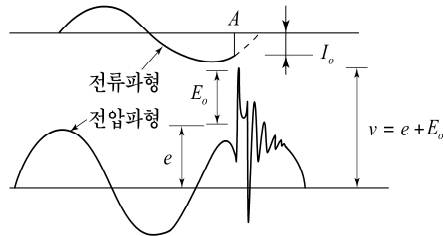
4) 유도성 소전류 차단 개폐서지

- (1) 전류 절단서지 (전류 0점 아닌 곳에서 차단)

$$e = -L \frac{di}{dt} [V], \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} [c/s]$$



<유도성 소전류 등가회로>



<유도성 소전류 차단파형>

(2) 반복 재발호 서지

전류절단 서지에 차단기 극간 절연 회복이 안되면 짧은 시간 발호와 소호를 반복하면서 서지(최대5~6배) 발생

(3) 유발 절단서지

3상 전류 차단시 전류 0점이 아닌 상도 차단되어 큰 전류 절단서지 발생 하나 실제회로에선 거의 문제없음

(4) 대책 :LA, SA설치

5) 3상 비동기 투입시 개폐서지

- (1) 3상이 동시에 투입되지 않고 순차적으로 투입시 발생, 최대 3배
- (2) 재점호 없고 BIL이내 파고값 이므로 큰 영향 없음
- (3) 대책 : 변압기 2차측에 병렬로 콘덴서 설치, LA설치

6) 고속 재폐로시 개폐서지

- (1) 고속 재폐로시 선로의 잔류전하 영향으로 재점호 발생
- (2) 대책
 - ① 선로측에 분로리액터 설치
 - ② HSGS (High Speed Ground Switch)설치
 - ③ 차단 후 충분한 시간 후 재투입

문3-4) 대지저항률에 영향을 미치는 요인에 대하여 설명하시오.

답)

1. 개요

- 1) 대지저항률은 단면적 $1[m^2]$ 이고 길이가 $1[m]$ 인 즉, 체적이 $1[m^3]$ 인 토양의 전기저항으로 대지고유저항 또는 대지 비저항이라고 정의한다.
- 2) 여기서는 대지저항률에 영향을 미치는 요인에 대하여 설명한다.

2. 접지저항과 대지저항률의 관계

$$1) \quad R = \frac{\Delta V}{I} = \rho \times f [\Omega]$$

여기서, R : 접지저항, ρ : 대지저항률 [$\Omega \cdot m$]
 f : 접지전극의 형상과 크기로 정해지는 함수

- 2) 접지저항은 접지전극 주변의 대지저항률에 비례하며 접지전극의 형상과 크기에 의해서 결정된다고 볼수 있다

3. 대지저항률에 영향을 미치는 요인

1) 토양의 종류

- (1) 대지저항률은 지층을 구성하고 있는 토양의 종류에 따라서 저항률이 다르다
- (2) 토양의 종류와 대지저항률

토양의 종류	저항률 [$\Omega \cdot m$]
밭(점토질)	10~200
산지(점토질)	200~2,000
산지(암반지대)	2,000~5,000
하천변(사리, 옥석)	1,000~5,000
해안 모래지대	50~100

2) 수분의 함유량

- (1) 일반적으로 토양의 수분이 15~20%정도 함유하면 대지저항률 급격히 감소하며 수분이 20% 이상 되면 완만하게 감소한다.
- (2) 물의 종류별 저항률

물의 종류	저항률 [$\Omega \cdot m$]
빗물	200
수돗물	70
우물물	20~70
하천물	2
바닷물	0.15~0.3

3) 전해질 성분

- (1) 수분의 성분 : 토양이 보유한 화학 성분인 염분, 산, 알칼리 등을 말함
- (2) 일반적으로 염분의 농도가 증가하면 대지저항률이 급격히 감소한다.

4) 온도

(1) 물질의 온도특성

- ① 금속 (정극성 성질 가짐) : 온도증가시 저항률증가
- ② 반도체, 전해질(부극성 성질 가짐) : 온도증가시 저항률 감소
- (2) 토양에 포함된 수분도 결국 전해질이므로 온도가 증가하면 대지저항률이 감소한다.

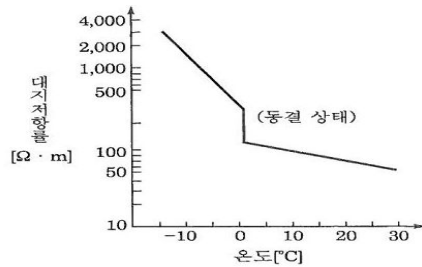


그림1) 온도에 따른 대지저항률의 변화

5) 광물 함유량

- (1) 토양내 광물의 종류에 따라서 대지저항률은 변화한다.
- (2) 절연성 광물은 대지저항률을 증가시키고, 전도성 광물은 대지저항률을 감소시킨다.

6) 계절의 영향

- (1) 계절이 변하면 온도와 토양에 함유된 수분의 양도 변하게 된다.
- (2) 대지저항률은 대체적으로 온도가 낮고 건조한 겨울철에 높고, 온도가 높고 습기가 많은 여름철에 낮다

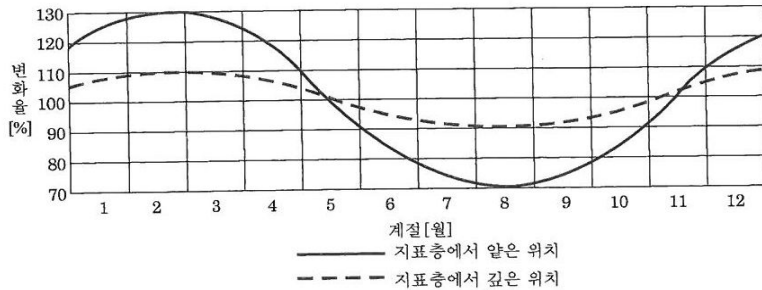


그림2) 계절 변화에 따른 대지저항률의 변화

문3-5) 전력시설물의 감리대가 산출방법에서 정액적산방식과 직선보간법에 의한
요율 산정방법에 대하여 설명하시오.

답)

1. 개요

- 1) 전력시설물의 감리대가 산정시 정액적산방법과 직선보간법을 고려함
- 2) 관련규정 : 전력기술관리법 운영요령 제3장 제24조 (감리대가의 산출)

2. 전력시설물 감리대가 산출방법

1) 정액적산 방식

(1) 정의

직접인건비, 직접경비, 제경비와 기술료, 추가업무비용의 합계금액에 부가가치세를 합산하여 대가를 산출하는 방식

(2) 직접인건비 = 감리원수(공사규모와 공사복잡도 고려) x 고급감리원
노임단가

(3) 직접경비 : 감리원의 현지근무수당, 숙박비 및 현지운영 등 필요비용

- ① 감리원의 주재비 ② 감리원의 출장여비 ③ 보고서 등 인쇄비
- ④ 현지 차량비(공사비 1억이상) ⑤ 현장 운영경비(공사비 1억이상)

(4) 제경비

- ① 직접비(직접인건비 및 직접경비)에 포함되지 아니하는 비용, 간접비
- ② 직접인건비의 110 ~ 120퍼센트

(5) 기술료

- ① 용역주체가 개발·보유한 기술의 사용 및 기술축적을 위한 대가
- ② 직접인건비에 제경비를 합한 금액의 20~40퍼센트

(6) 추가업무비용

업무에 소요되는 추가업무비용은 실비로 별도 계상

- ① 특허, 노하우 등의 사용료
- ② 모형제작비, 현장계측비 등
- ③ 해외 및 원격지 출장여비 및 경비
- ④ 타 전문기술자, 외국 전문기술자에 의한 자문비 또는 위탁비용
- ⑤ 공사발주 설계도서의 검토비용(신공법, 복합구조물, 주요구조물)
- ⑥ 발주자가 특별히 요구하는 사항

2) 직선보간법

- (1) 정의: 공사비가 효율표의 각 단위 중간에 있을 때 효율을 산출
- (2) 직선보간법에 의한 효율산정 방법

$$Y = y_1 - \frac{(X - x_2)(y_1 - y_2)}{(x_1 - x_2)}$$

Y : 해당 공사비 효율, X : 해당금액, x₁ : 큰 금액, x₂ : 작은 금액
 y₁ : 작은 금액효율, y₂ : 큰 금액효율

3) 공사비 500억 초과인 경우 감리원수 산정

- (1) 감리원수 = 1.84X^{0.769} (X : 공사비)
- (2) 여기서 복잡공종은 +10퍼센트 한 감리원수를 적용하고
 단순공종은 -10퍼센트 한 감리원수를 적용한다.

※ 전력시설물공사 설계 및 설계감리 효율(제18조제2항 관련) [별표1]

공사비 \ 효율	효 율 (퍼센트)			
	기본설계	실시설계	설계감리	계
2,000만원까지	3.79	11.38	1.89	17.06
3,000만원까지	3.07	9.19	1.53	13.79
5,000만원까지	2.14	6.42	1.07	9.63
1억원까지	2.01	6.01	1.00	9.02
2억원까지	1.60	4.80	0.80	7.20
3억원까지	1.46	4.38	0.73	6.57
5억원까지	1.33	3.97	0.66	5.96
10억원까지	1.17	3.51	0.58	5.26
20억원까지	1.08	3.22	0.54	4.84
30억원까지	1.04	3.11	0.52	4.67
50억원까지	1.02	3.06	0.51	4.59
100억원까지	0.99	2.98	0.49	4.46
200억원까지	0.96	2.89	0.48	4.33
300억원까지	0.95	2.87	0.47	4.29
500억원까지	0.94	2.81	0.46	4.21
1,000억원까지	0.92	2.77	0.45	4.14
2,000억원까지	0.91	2.72	0.44	4.07
3,000억원까지	0.90	2.67	0.43	4.00
5,000억원까지	0.89	2.64	0.42	3.95

문3-6) 건축물의 전기설비를 감시제어하기 위한 전력감시제어 시스템의 구성시 PLC(Programmable Logic Controller), HMI(Human Machine Interface), SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)을 사용하고 있다. 각 제어기의 특징과 적용시 고려사항에 대하여 설명하시오.

답)

1. 개요

- 1) 전력 중앙감시제어 시스템은 시스템의 적용대상에 따라 배전선로 SCADA (Supervision Control And Data Acquisition), 산업용 전력설비 SCADA, 빌딩 감시제어 시스템(건축물에 적용시 BAS에 포함)으로 구분
- 2) 전력감시제어(전자, 통신, 컴퓨터 계측제어, 전력설비 및 계통운영)를 자동화한 시스템으로 기본 목적은 무인 변전실화, 무인제어 및 정보관리, 무인계측 및 기록에 있다.

2. 용어 정리

1) PLC

기본적인 시퀀스 제어기능에 수치연산 기능을 추가하여 프로그램 제어가 가능한 제어장치

2) HMI

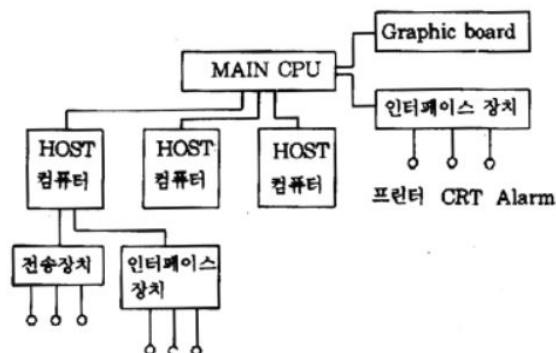
제어 설비를 시각적으로 보고 상태를 감시하며 필요에 따라 명령을 입력하는 장치

3) SCADA

특정한 장치(RTU)를 통하여 원방에 있는 설비 조작, 그 결과가 목적에 부합하는 지를 중앙에서 HMI를 통하여 항상 확인, 감시, 제어하는 장치

3. 전력 중앙감시제어 시스템의 구성

1) 구성도



2) 구성 기기

(1) 컴퓨터 및 주변장치

전체시스템을 총괄 제어하는 내장 컴퓨터와 각종 원방감시 제어기능을 Real Time으로 처리하기 위해 각종 프로그램을 수행하고 필요한 모든 정보 및 결과를 출력한다.

(2) HMI 장치

중앙 감시제어 시스템의 운영은 운전원이 하므로 시스템과 운전원 사이에 연결장치로 CRT, Logger, 경보장치 등으로 구성된다.

(3) 전송장치

자료취득 및 상호통신을 위한 장치로서 Local에 설치된 단말 기기로부터 정보를 받고, 중앙의 조작신호를 전송함으로써 중앙과 단말 기기간의 정보전송을 위한 제반장치

(4) 원격소 장치

각 Local Area별로 설치된 단말장치(RTU, DDC, DCS, PLC 등)로서 통신부, 공통 제어부, 신호 변환부로 구성되며 필요한 모든 데이터를 취득하여 중앙으로 전송한다.

4. 각 제어기의 특징

1) PLC

- (1) 프로그램 작성, 저장, 변경이 자유로움
- (2) 데이터 처리가 용이함(논리, 산술, 비교 연산 등)
- (3) 자가 진단 기능 있어 이상 상황의 조기발견 가능
- (4) 컴퓨터와의 정보 교환이 가능
- (5) 시퀀스 진행상황 및 내부 논리 상태 모니터링 가능
- (6) 원거리 제어가 가능
- (7) 소형, 경제성, 확장성
- (8) 열악한 산업 환경 하에서도 작동
- (9) 신뢰성 및 유지보수의 용이성

2) HMI

- (1) 그래픽(시각), 음향(청각), 터치(촉각)를 이용
- (2) Ethernet Interface를 통해 현장 Data 수집용이, 자체 프로그래밍 유지와 보수 편리함
- (3) Web, E-mail 등 서비스를 적용 가능
- (4) USB, CF 카드 지원 가능

3) SCADA

- (1) 인간능력의 한계 넘어 통제 범위가 확대
- (2) 정보의 정확성 향상
- (3) 사고발생의 조기감지 및 신속한 응급조치가 가능
- (4) 전력공급 신뢰도 향상
- (5) 주기적인 자동기록으로 정확한 데이터가 기록되고 인력절감 가능
- (6) 에너지 절약 목적이 달성 가능

5. 적용시 고려사항

- 1) 전력설비가 대형이어야 효과가 크다.
- 2) 공조제어설비 등 다른 제어설비와의 관계를 고려한다.
- 3) 시스템의 적정여부, 확장성 및 호환성.
- 4) 시설 투자비에 대한 효과에 따른 회수비 검토.
- 5) 소프트웨어의 적용기능과 범위 등을 결정한다.
- 6) 운용자의 철저한 교육.

문4-1) 변압기 2차 사용 전압이 440V 이상의 회로에서 중성점 직접접지식과 비접지계통에 대한 지락차단장치의 시설방법에 대하여 설명하시오.

답)

1. 개요

관련 기준(판단기준 제 45조 2항)은 특별고압 또는 고압전로의 변압기에 의해 결합되는 사용전압 400V 이상의 저압회로에는 지기가 생겼을 때 자동적으로 전로를 차단하는 장치 시설하도록 규정하고 있다.

2. 중성점 직접접지식 지락차단장치 시설방법

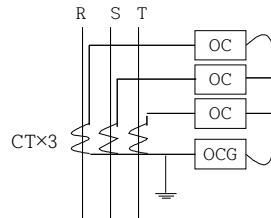
1) Y결선 잔류회로 방법

(1) 3상 회로의 변류기와 부하측을 각각 Y접속하고 그 중성점을 연결한 잔류회로 이용 방식

(2) 정상시 : $I_a + I_b + I_c = 0$

지락사고시 : $I_a + I_b + I_c = 3I_0$ 가 되어 영상전류 검출/ 동작

(3) 적용: 직접접지 방식, 고저항 접지방식(CT비 300/5A 이하)



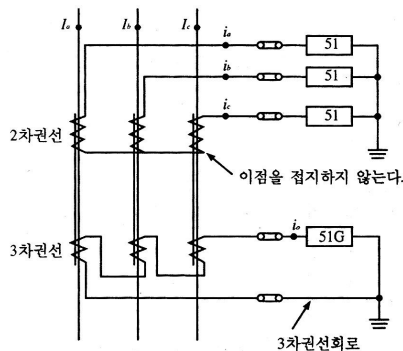
(그림1, Y결선 잔류회로 방법)

2) 3권선 CT 이용법 (3차 영상분로 접속)

(1) 2차권선 : 과전류계전기 or 계기연결 → 정상 및 역상분 검출

(2) 3차권선 : 100/5[A] CT를 3상 델타 결선하여 지락계전기 연결(영상분로) → 영상분 검출

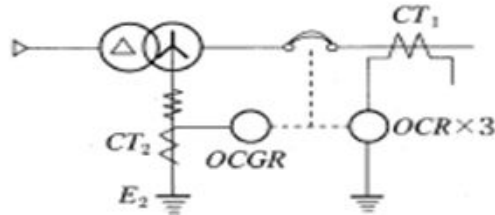
(3) 적용 : 고저항 접지계통(CT비 400/5 이상)



(그림2, 3권선 CT 이용 방법)

3) 중성선 CT 이용 방법

- (1) 변압기 중성점 접지(2중 접지선) 이용
- (2) CT1 : 300/5 이상 (과부하, 단락보호)
- (3) CT2 : 100/5 (지락보호)



(그림3, 중성선 CT 이용 방법)

4) 기타 : 중성점 접지 변압기 이용, 중성점 보조 PT 이용

3. 비접지식 지락차단장치 시설방법

1) GPT와 OVGR 이용 방법

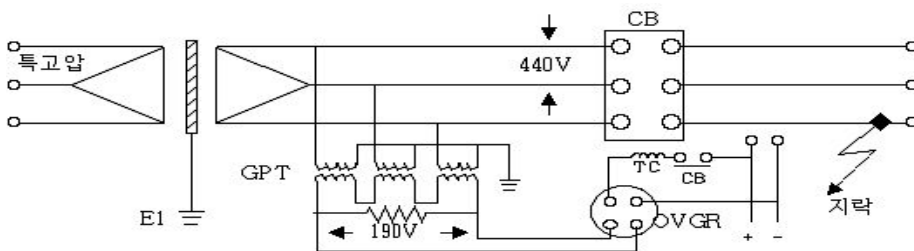
(1) 검출방식

차단기 1차측에 GPT 설치, 차단기 2차측에 지락 발생시 GPT로 지락전류 유입 → GVT 3차측 영상전압 형성 → OVGR 동작 → CB차단

(2) 적용설비 : 단독부하에 적용(방향성 없음)

(3) 특징

- ① 다수 부하에 적용시 어느 한 곳에서 지락 발생할 경우 건전상 부하가 정전 됨
- ② 충전용량이 큰 계통, GPT 설치개소가 많은 계통은 OVGR 검출 감도저하



(그림4, GPT와 OVGR 이용 방식)

2) GPT+ZCT와 OVGR+SGR 이용 방법

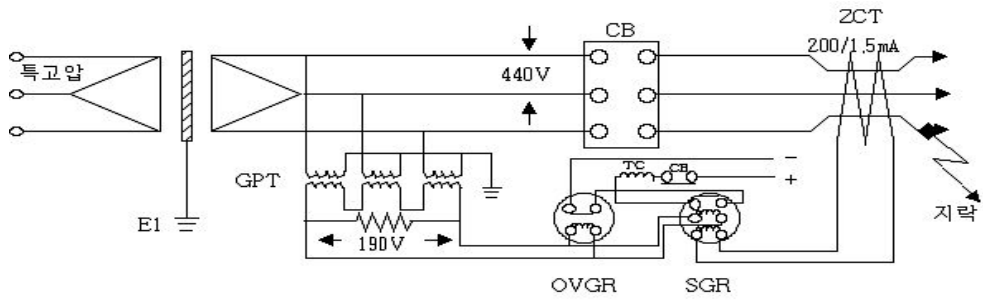
(1) 검출방식: 지락시 영상전압 및 영상전류 검출에 의해 보호되는 방식(방향성)

(2) 적용설비 : 고 선뢰도를 요하는 설비 (SGR에 의한 고장회선 선택차단)

(3) 특징

- ① SGR의 오동작을 방지하기 위해 OVGR과 조합사용(접점 직렬연결)

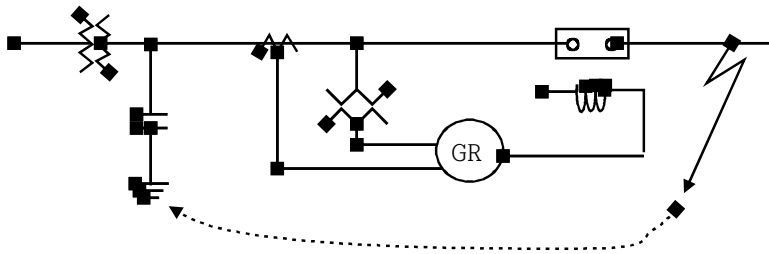
② 비접지 회로에서 가장 신뢰성 있는 방식



(그림5, GPT+ZCT와 OVGR+SGR 이용 방식)

3) GSC와 ELB를 이용 방법

- (1) 검출방식 : 지락시 접지콘덴서에 흐르는 전류에 의해 보호되는 방식
- (2) 적용설비 : 충분한 지락 전류 값이 나오지 않는 계통에 적용



(그림6, GSC와 ELB를 이용 방법)

문4-2) 전동기의 제동방법에 대하여 종류를 들고 설명하시오

답)

1. 개요

제동이란 운동하는 물체의 에너지를 다른 에너지(전기, 마찰, 열)로 변환하여 전동기의 움직임에 반발하거나 정지 상태로 유지하기 위한 어떤 힘이 생성되는 과정이며, 전동기의 제동방법에는 전기적 제동법과 기계적 제동법이 있다

2. 전기적 제동법

1) 발전제동

운전중 1차 전원 분리, 전동기를 발전기로 작동시켜 저항에서 에너지를 흡수하거나 역기전력에 의한 제동토크를 발생시키는 방법

(1) 직류기

- ① 제동저항 연결, 에너지를 흡수(열로 소비)
- ② 저속시 제동력 감소로 기계적 제동과 병행 실시함

(2) 유도기

- ① 농형: 회전도체가 부하로 작용 → 과열우려
- ② 권선형: 2차저항을 접속 부하로 동작시켜 제동

2) 회생제동

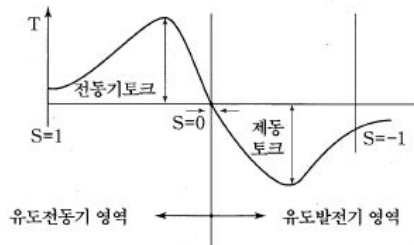
전동기가 부하에 의해 가속되어 회전하는 경우 발생한 전력을 전원으로 반환하면서 제동하는 방법

(1) 직류기

과속 회전시 전동기의 유기기전력이 전원 전압보다 높게 되어 발전기로 동작하여 회생제동이 발생

(2) 유도기

동기속도 이상 회전→유도발전기로 동작→마이너스 토크→제동



(3) 적용: 승강기, 전동차, 권상기, 기중기 등

3) 역전 또는 역상제동

정회전 중인 전동기를 역회전으로 접속을 전환하여 급감속 시키고 역방향으로 가속되기 전에 시한계전기, 영회전 검출기에 의해 전원에서부터 분리 후 정지시키는 방법

(1) 직류기

- ① 역전제동이라 함
- ② 전기자 회로의 접속을 반대로 하여 직렬저항 삽입(에너지 흡수)

(2) 유도기

- ① 역상제동이라 함
- ② 3상 전원중 2상분의 단자전원 접속을 바꿈. 이 경우 정격전류의 5~10 배의 과전류 발생
 - 농형: 2차권선 과열우려
 - 권선형: 2차 저항 삽입, 에너지 흡수
- ③ 제동시 발생 열에 의한 전력손실 및 기계적 충격이 큼

4) 단상제동

- (1) 권선형 유도전동기의 1차측을 단상 교류로 여자하고 2차측에 적당한 크기의 저항을 넣으면 전동기와는 역방향으로 토크가 발생하여 제동 됨
- (2) 발전제동 방식과의 차이점은 직류전원 대신 교류 단상전원을 접속한 것이다

3. 기계적 제동법

1) 와전류 제동법

- (1) 와전류제동은 철도 차량에 이용되는 제동방식의 일종으로 디스크식, 레일식이 있다
- (2) 전동기 축 끝에 구리판 또는 철티판을 붙이고 이것을 직류 전자석의 극 사이에서 회전 하도록 하여 전자석을 여자 시키면 금속판 중에 와전류가 유기되어 제동력이 발생

2) 마찰제동

- (1) 회전하고 있는 브레이크 휠에 브레이크 슈를 접촉시켜 제동
- (2) 고속 운전 중에는 마찰열과 브레이크 슈의 마모 및 기계적 충격이 커 타제동법과 병행하여 감속 후 마찰 제동하여 완전정지 시킨다.
- (3) 기본구성 및 동작원리

①기본구성

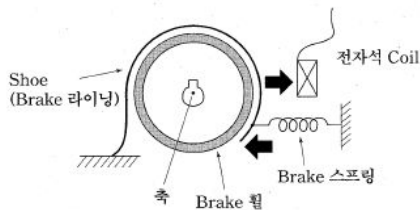


그림 76

② 동작원리

- 전자석 여자: 스프링 힘을 이겨 브레이크 라이닝이 개방됨
- 전자석 개방(무전압, 무여자):스프링 힘으로 라이닝을 압박 제동

문4-3) 전선의 보호 장치의 대한 내용 중 다음에 대하여 설명하시오.

- 1) 과부하에 대한 보호 장치의 시설위치와 보호 장치를 생략 할 수 있는 경우
- 2) 단락에 대한 보호 장치의 시설위치와 보호 장치를 생략 할 수 있는 경우

답)

1. 개요

1) 과전류란

과부하 전류 와 단락전류를 과전류라 한다.

2) 과전류 보호란

전로에 과전류 발생 시 전원을 자동차단 할 수 있는 보호 장치를 하나 또는 그 이상 설치하는 것을 말 한다.

2. 보호 장치 종류 및 규격

구 분	배 선 용 차 단 기	누 전 차 단 기
산 업 용	KS-C-IEC - 60947	KS-C-IEC - 60947
주 택 용	KS-C-IEC - 60898	KS-C-IEC - 61009

3. 과전류 보호

1) 과부하만 보호하는 보호 장치 의 시설

(1) 설치 위치

도체의 단면적 ,특성, 설치방법, 또는 구성의 변경으로 도체의 허용 전류 값이 줄어드는 개소

(2) 차단 조건

과전류 발생 시 전선의 절연부 ,접속 단자 ,주위온도 상승 이 발생하기 이전 에 차단해야 한다.

(3) 생략 조건

- ① 전원 측에서 과부하 보호가 되는 경우
- ② 과부하 전류가 흐르지 않도록 배선한 경위
- ③ 통신선, 제어선 ,신호선등
- ④ 지하 케이블, 가공선등

(4) 과부하 보호기 생략

- ① 회전기계의 여자회로
- ② 인양자석의 전원공급회로
- ③ 변류기의 2차회로
- ④ 소방기구의 전원회로
- ⑤ 안전 서비스 (주거침입 경보, 가스누출 경보 등) 장치의 전원회로

(5) IT계통 에서는 원칙적으로 생략이 불가

단, CLASS II 급 절연, 과부하를 보호하지 않는 회로를 누전차단기로 보호하는 경우는 제외

2) 단락전류만 보호하는 보호 장치의 시설

(1) 설치 위치

전선의 단면적 줄어들거나 도체의 허용전류의 변동을 초래하는 변경이 있는 곳

(2) 차단 시간

단시간 허용 온도시간에 도달하기 이전에 차단

$$\sqrt{t} = \frac{S}{Ia} \quad s: \text{전선의 단면적}, t: \text{지속시간}, I a: \text{단락전류 실효값}$$

(3) 생략조건

① 배선길이가 3m 이하일 것

② 배선의 단락위험이 최소가 되도록 시설 한 경우

③ 배선을 가연성 물질이 근접하지 않도록 시설 한 경우

④ 전기공급사업자가 하나 이상의 단락 보호 장치를 설치하고, 이 보호 장치가 설비의 시작점과 추가 적인 과부하 보호가 제공되는 설비의 주 분기점 사이의 설비에 대한 보호를 할 수 있다는 것에 동의할 경우의 설비 시작점

(4) 과부하 보호기 생략

① 보호 장치가 설치된 제어반에 발전기 변압기 정류기 축전지를 연결하는 도체

② 전원차단이 설비의 운전 에 위험을 초래할 수 있는 회로

③ 특정 측정회로

④ 전기공급사업자가 하나 이상의 단락 보호 장치를 설치하고 이 보호 장치가 설비의 시작점과 추가적이 과부하 보호가 제공되는 설비의 주 분기점 상의 설비에 대한 보호를 할 수 있다는 것에 동의할 경우의 설비 시작점

문4-4) 녹색건축물 조성 지원법에서 규정하는 에너지 절약계획서 내용 중 다음에 대하여

- 1) 전기부문의 의무사항
- 2) 전기부문의 권장사항
- 3) 에너지절약계획서를 첨부할 필요가 없는 건축물

답)

1. 개요

- 1) 건축물의 종합적인 에너지 성능을 설계 단계에서 규정.
- 2) 건축물 전체의 에너지 성능만 확보하게 되면 융통성 있는 설계 가능.

2. 관련법령

- 1) 녹색 건축물 조성 지원법 제14,15조
- 2) 동법 시행규칙 제7조, 동법 시행령 제10,11조.

3. 대상건축물

제출제외대상	냉난방설치여부	냉난방연면적합계	에너지절약계획서제출
단독주택	관계없음		×
동. 식물원	관계없음		×
건축법시행령 별표1 제3호, 제13호,16~27호	○	500㎡이상	○
	○	500㎡미만	×
	×	관계없음	×

4. 에너지 절약 설계기준

1) 건축부문-공동주택

- (1) 공동주택의 지하주차장에 300㎡이내마다 2㎡이상의 채광용개구부 설치.
- (2) 조명설비는 주위 밝기에 따라 전등 균별로 자동 점멸 또는 스케줄제어.

2) 전기부문-의무사항

- (1) 변압기: 고효율 변압기
- (2) 전동기
 - ① 역률개선용 콘덴서 전동기 별로 설치.
 - ② 소방설비용 전동기 및 인버터 설치 전동기 제외.
- (3) 전압강하: 내선규정에 따라 설계
- (4) 조명기기
 - ① 조명기기 중 안정기 내장형 램프, 형광램프 채택 할 때는 효율기자재 운용규정에 따라 최저 소비효율 제품사용.
 - ② 유도등 및 주차장 조명기기: LED조명 설치

- (5) 조명 점멸 회로
 - ① 조명기구는 필요에 따라 부분조명 가능하도록 설치.
 - ② 일사 광 창출 전등군은 부분 점멸 가능 설치.
 - ③ 공동주택은 제외.
- (6) 조도자동조절 조명기구.

공동주택의 각 세대 내 현관 및 숙박시설의 객실내부 입구, 계단실 조명 기구는 조도자동조절 조명기구 설치.
- (7) 일괄소등 스위치.
 - ① 층별, 구역별 또는 세대별로 일괄 소등 스위치 설치.
 - ② 제외 대상
 - ㉠ 조명 자동제어 설비 설치 경우.
 - ㉡ 전용 면적 60㎡이하 주택.
 - ㉢ 카드시스템으로 일괄소등 가능 경우.
- (8) 대기 전력 자동차단 장치.
 - ① 공동주택의 거실, 침실, 주방에는 대기전력 차단장치 1개 이상 설치
 - ② 전체콘센트 개수의 30%이상 되도록 한다.
- (9) 공공 건축물의 원격검침 전자식 계량기.
 - ① 공공 건축물을 건축 또는 리모델링하는 경우 에너지원 하나 이상 에너지원에 대하여 원격검침 전자식 계량기 설치.
 - ② BEMS 또는 에너지 용도별 미터링 설치 시 인정.
- 3) 전기부문-권장사항
 - (1) 수변전 설비
 - ① 부하의 특성, 수용률, 여유율, 운전조건, 배전방식을 고려 용량산정.
 - ② 변압기 운전 대수제어 가능하도록뱅크 구성.
 - ③ 변압기 직 강압방식을 채택.
 - ④ 최대수용전력을 합리적 관리위해 최대수요전력 제어설비 채택.
 - ⑤ 역률 개선용 콘덴서 집합 설치 시 APFR설치.
 - ⑥ 층별 및 임대구역별로 전력량계 설치.
 - (2) 간선의 전압강하: 7% 미만 시 배점.
 - (3) 제어
 - ① BEMS 또는 에너지 용도별 미터링 시스템 설치.
 - ② 분산제어 시스템을 설치.
 - (4) 조명설비
 - ① 조명밀도 20[W / m²] 미만 시 배점.
 - ② 실내 조명설비에 대하여 군별 회로별 자동제어설비 채택.
 - ③ 옥외등

- ㉠ HID 또는 LED 램프를 사용.
- ㉡ 격등 조명과 자동 점멸기에 의한 점소등 가능구성.
- ④ LED조명기기 전력량 비율: 전체 최소 5%이상 시 배점.
- (5) 대기전력 자동차단 장치
대기전력 자동차단 장치를 통해 차단되는 콘센트가 거실에 설치되는 전체 콘센트 개수의 40%이상 설치.
- (6) 냉난방 설비: 창문 연계 냉난방설비 자동제어 시스템 채택.
- (7) 공동주택
도어폰, 홈 게이트웨이: 대기전력저감 우수제품 채택.
- (8) 신·재생에너지: 전체 용량의 2%이상.
- (9) 기타
 - ① 전력기술 관리법에 따라 전력 신기술로 지정 :최근 5년 내 최종 에너지 사용 계획서에 반영 제품.
 - ② 무정전 전원 장치 또는 난방용 자동 온도 조절기.

문4-5) 건축물의 전력감시제어시스템에서 운전 중 고장이 발생한 경우 전체 공정의 중단 없이 연속적으로 운전 할 수 있도록 하는 이중화 시스템에 대하여 설명하시오

답)

1. 개요

전력감시제어시스템이란 현장계기 및 센서로부터 데이터를 원격 단말 장치가 수집한 후, 유무선 통신망을 통해 중앙감시실에 설치된 감시제어용 컴퓨터로 전송하여 현장의 상황을 온라인으로 감시 제어하는 시스템이다.

2. 전력감시제어시스템 목적

- 1) 전력공급 신뢰도의 향상
- 2) 운영인력의 절감
- 3) 운전인력의 안전도모

3. 이중화 시스템의 분류

- 1) 소프트웨어에 의한 이중화 : 이중화 시스템 상태를 결정하는 로직
- 2) 하드웨어에 의한 이중화 : 네트워크 장애 등 환경 요소를 결정하는 로직

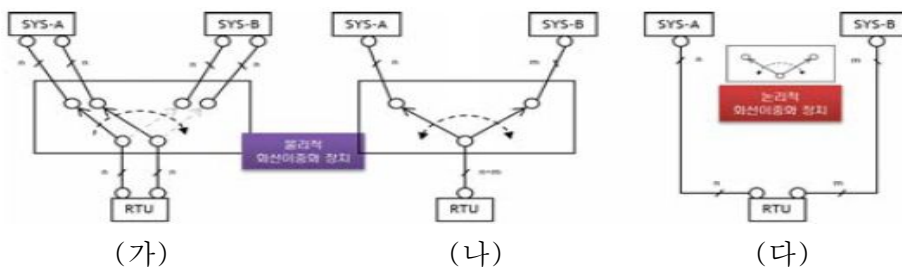
4. 소프트웨어에 의한 이중화

- 1) 양 노드간의 통신을 통해 상대방의 상태 파악하고 Operation role을 결정



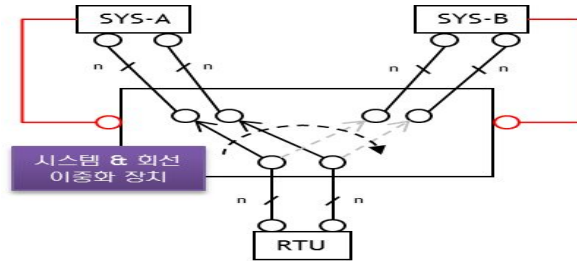
2) 회선 이중화 구성

: 하위 기기와 시리얼통신이 수반될 경우 하드웨어를 고려



- (1) (가)와(나)는 물리적인 회선 이중화 장치를 설치
- (2) (가)와(나) 하드웨어 구성시 문제점: 단일 장애점(Single Point of Failure)가 존재해 시스템 전체적인 신뢰도 저하

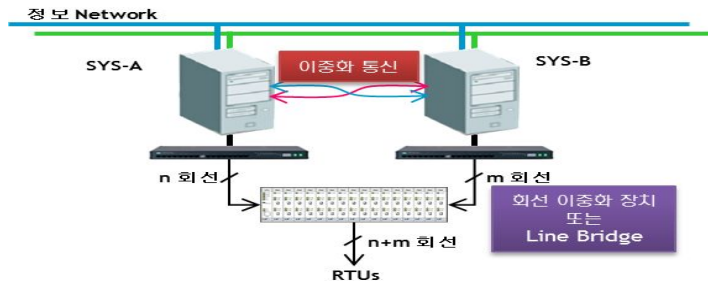
- (3) 논리적 처리시 물리적인 요소 배제되어 소프트웨어로 이중화시 채택
- 3) 하드웨어에 의한 이중화
 - (1) 네트워크 환경에 크게 영향을 받지 않음
 - (2) 시리얼통신으로 이중화 장치와 연계하면 간단하게 이중화 로직 구현
 - (3) 시스템 이중화 구성



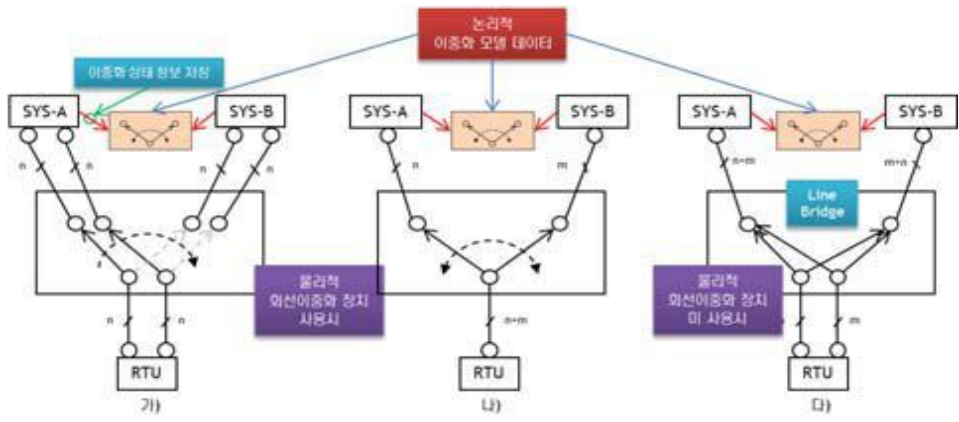
- ① 이중화장치가 Operation Role 결정, 부가적으로 통신회선 Path 처리
- ② 간단히 결정된 Role 활용가능하고 오류에 의한 시스템 장애 가능성 낮음
- ③ 장애발생시 Operation Role 변경불가 및 통신 회선절체도 불가
→ 수동 절체 가능한 인터페이스 제공

5. 소프트웨어와 하드웨어 혼용한 복합 이중화 시스템

- 1) 먼저 소프트웨어에 의한 이중화 로직으로 Operation Role 결정하고 소프트웨어 불안정시 하드웨어가 결정하는 Operation Role을 소스 데이터 이용
- 2) 구성요소: 회선 이중화 장치와 전용의 네트워크 구성



- 3) 네트워크 상태에 따라 구분
 - (1) 정상인 경우: 이중화 통신에 의해 시스템을 절체
 - (2) 비정상인 경우 : 하드웨어에 의한 Operation Role을 확인하는 프로시저를 추가 시행
- 4) 복합 이중계 구성
 - (1) (가)와(나)의 경우 구조적으로 별도 회선 이중화 장치 사용
:별도의 수동 절환 기능 제공
 - (2) (다)와 같이 RTU 통신회선을 부하 분산형으로 배치시
:Line Bridge장치 설치



문4-6) 주파수 50[Hz]용으로 설계된 변압기와 3상 농형유도 전동기를 주파수 60[Hz]전원으로 사용 할 경우 다음사항에 대하여 설명하시오.

1)고려사항 2)특성변화 3)사용가능성

답)

1. 개요

1) 주파수란

:단위 시간당 파동 횟수 ($f=1/T$, 단 f :주파수[Hz], T :주기[sec])

2) 여기서는 주파수 정격치가 $f_1(50\text{Hz})\rightarrow f_2(60\text{Hz})$ 로 증가함에 따른 고려사항과 특성변화에 따른 사용가능성에 대하여 설명 함.

2. 정격주파수 50[Hz]를 60[Hz]로 사용할 경우 고려할 사항

구 분	내 용
변압기	1) 자속밀도의 영향: 자속밀도 감소함에 따라 소음이 작아짐 2) 철손과 효율에 미치는 영향: 철손 감소함에 따라 효율 증가 3) 온도상승의 변화: 온도상승은 감소함 4) 정격출력에 미치는 영향: 전압이 높아짐에 따라 1.2배 증가 5) 전압변동률에 미치는 영향: 주파수에 비례하여 증가함
전동기	1) 토크의 영향: 토크는 주파수와 반비례하여 감소됨 2) 회전수의 영향: 회전수와 주파수와 비례관계이므로 속도 증가 3) 2차 전류 감소 , 기동 전류의 감소 및 역률증가

3. 특성변화

1) 변압기

관련식: 유기전압 $E_1=4.44 \cdot N_2 \cdot \Phi_m$ 자속: $\Phi=B \cdot A$

자속밀도 $B=1/4.44 \cdot f \cdot N_2 \cdot A$

히스테리시스손 $Ph=\sigma \cdot f \cdot B_m^{1.6\sim 2}$

와류손

여기서, E_1 :유기전압[V], f :주파수[Hz], N_2 :2차권선수, Φ :자속[Wb],
 B :자속밀도[WB/m²], A :철심단면적[m²], :과형률, t :철심두께,
 σ :중량, 체적에 따른 상수, σ_e :재료에 따른 상수

(1) 자속밀도 감소

:주파수는 자속밀도에 반비례($B\propto 1/f$)

(2) 히스테리시스손 감소

:주파수는 최대 자속밀도의 1.6승에 반비례($B \propto 1/f$)

(3) 와류손 일정

$$P_e \propto f^2 \cdot (E/f)^2 \propto E^2$$

(4) 온도감소

:히스테리시스 손실에 비례하여 감소

(5) 출력증가

:무부하손에 반비례 하여 증가(출력=입력-손실)

(6) 임피던스증가

:유도성 리액턴스 $X_L = 2\pi fL$, 용량성 리액턴스 $X_C = 1/2\pi fC$
변압기와 전동기의 경우 $Z \approx X_L$ 이므로 임피던스 증가

(7) 전압변동률

:내부 임피던스 증가로 전압변동률 증가

2) 전동기

(1) 토크감소

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi f} [\text{Nm}], \quad T \propto \frac{1}{f}$$

T:토크[Nm], P:전동기 출력[kW], ω :각속도

(2) 회전수 증가

$$N = \frac{120f}{P} (1-s) [\text{rpm}], \quad N \propto f$$

(3) 2차전류 감소

$$I_2 = \frac{SE_2}{\sqrt{r_2^2 + (SX_2)^2}} [\text{A}]$$

S:슬립, r_2 :2차 저항[Ω], E_2 :2차 전압[V], X_2 :2차 리액턴스[Ω]

$$X_L = 2\pi fL \quad X_L \propto f, \quad I_2 \propto 1/X_L$$

(4) 여자전류 감소

$$I_0 = I_i + I_\Phi [\text{A}]$$

(5) 히스테리시스손 감소, 와류손 일정

:변압기와 동일

(6) 기동전류 감소

:임피던스 증가에 따른 기동전류 감소

(7) 역률증가

$$\cos \theta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + P_r^2}} \quad P: \text{유효전력} [\text{kW}], \quad P_r: \text{무효전력} [\text{kVar}]$$

여자전류 감소 \rightarrow 무효전력 감소 \rightarrow 역률증가

4. 사용 가능성

1) 변압기와 유도전동기

(1) 50Hz 변압기를 60Hz와 같은 효율을 맞추기 위해서는 자속밀도를 높여야 하며, 이에 따라 철심의 양이 증가하고 권선(동)의 양도 상대적으로 증가하게 되어 전체가격이 높아진다.

(2) 임피던스를 고려하지 않는다면 50Hz 용 변압기는 60Hz에 사용 가능하지만 부하에 연결된 전동기의 경우 속도증가에 따른 과열 소손우려

2) 기타부하

$$\text{콘덴서 과열소손: } I = \frac{E}{1/2\pi fc} = 2\pi fcE[A]$$

편집을 마치고

바쁘신 가운데도 불구하고 시험을 마치고 힘든 과정에서 모범답안 작성을 위하여 힘써주신 **월요반**(윤귀현, 정재훈, 김삼성, 좌경석, 온준범, 김성근) **금요반**(정한욱, 조기훈, 정상곤, 정주원, 김재훈, 김동환, 도성민, 홍성철) **토요1반**(한영희, 곽관영, 김국림, 황태운, 이영재, 이종혁) **토요2반**(이흥래, 서병혁, 홍민우, 김현수, 문지홍)과 유병철기술사님, 최한호 예비기술사님 그리고 연구반원들 모두에게 감사의 마음을 전합니다.

이 모범답안은 기술사준비를 위한 수험생들에게 도움을 주기 위해 **새한전기기술사학원** 건축전기설비기술사 연구반에서 작성한 것입니다.

영리를 목적으로 하는 곳에서 무단복제를 삼가 하여 주시기 바랍니다.

건축전기설비기술사 이 종 혁