

수변전 설비 단선 결선도 필수 규정

1. 어떠한 설비의 '1차측' 이라는 의미는 그 설비의 위라는 의미다. 즉 'PF는 MOF의 1차측에 위치해야 한다'는 말은 MOF 위에 PF가 위치해야 한다는 뜻이다. '2차측'이라는 의미는 그 설비의 아래라는 의미다.
 - I. 도면의 종류가 'CB 1차측에 CT와 PT를 시설하는 경우'엔 CB 위에 CT, PT가 위치해야 한다.
 - II. 도면의 종류가 'CB 1차측에 PT를, CB 2차측에 CT를 시설하는 경우'엔 CB 위에 PT가 위치해야하고, CB 아래에 CT가 위치해야 한다.
 - III. 도면의 종류가 'CB 1차측에 CT를, CB 2차측에 PT를 시설하는 경우'엔 CB 위에 CT가 위치해야하고 CB 아래에 PT가 위치해야 한다.
2. CB 2차측에 PT를 시설하는 경우 MOF 전단에 차단기가 시설되므로 PT 옆에 위치한 PF가 필요없다.
3. 1000KVA 이하인 경우, '특고압 간이수전설비 결선도' 라 부르며, PT와 CT가 필수가 아니게 된다.
4. LA (피뢰기) 위에 DS(단로기)가 있으면 안된다. 즉 규정에 맞지 않다.
5. 계통이 66KV 이상인 경우엔, DS(단로기)는 사용 불가하고 대신에 LS(선로개폐기)를 사용해야 한다.
6. MOF 1차측에 PF가 반드시 위치해야 한다.



Chapter

02

전기기사·산업기사 실기



수변전설비

출제 Point



이해하기

전류와 관련된 계측기 및 보호 계전기는 CT 2차측에 설치하며, 전압과 관련된 계측기 및 보호계전기는 PT 2차측에 설치한다.

01

수변전설비 주요기기

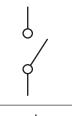
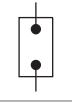
수변전설비에서 수전설비란 수전점에서 변압기 1차측까지 기기구성, 변전설비란 변압기에서 전력부하설비의 배전반까지를 변전설비라 한다. 즉, 전력회사의 전력공급에 대해 구내에 전력을 수전하고, 변전하는 설비를 시설하여 구내에만 배전하고 구외로 전송하지 않는 설비를 말한다. 한편, 수변전 전기설비 계획의 기본원칙은 건축물의 사용목적에 적합하고, 안전하며, 신뢰도 높은 경제적 설비로서 장래 확장계획을 고려한다.

1 수변전설비의 기능

- (1) 기기의 운전, 정지, 개폐의 상태를 표시하고 이상 발생시 경보기능
- (2) 기기운전을 수동·자동 변환시키면서 운전, 이상발생시 제어기능
- (3) 부하 또는 기기의 계기상태를 파악하고 측정하는 계측기능
- (4) 측정값을 자동기록하며, 데이터를 집계하여 사용량을 기록

2 수변전설비의 주요기기

명칭	약호	심벌	기능 및 용도
전류계	A	(A)	부하에 흐르는 전류를 측정하는 기기
전류계용 절환 개폐기	AS	(⊕)	1대의 전류계로 3상 전류를 측정하기 위하여 사용하는 개폐기
변류기	CT	(→)	대전류를 소전류로 변환하여 계측기 및 계전기 에 전원공급
전압계	V	(V)	부하에 걸리는 전압을 측정하는 기기
전압계용 절환 개폐기	VS	(⊕)	1대의 전압계로 3상 전압을 측정하기 위하여 사용하는 개폐기
계기용 변압기	PT	(→)	고전압을 저전압으로 변성하여 계측기 및 계전기 에 전원공급

명칭	약호	심벌	기능 및 용도
전력 수급용 계기용변성기	MOF		PT와 CT를 함께 내장한 것으로 전력량계에 전원공급
단로기	DS		무부하시 보수·점검 등을 위해 선로 개폐
차단기	CB		고장전류 차단 및 부하전류의 개폐
트립 코일	TC		사고시에 전류가 흘러서 차단기를 동작
유입개폐기	OS		부하전류를 개폐
피뢰기	LA		이상 전압 내습시 대지로 방전시키고 그 속류를 차단
지락 계전기	GR		지락사고시 트립코일을 여자시킴
영상 변류기	ZCT		지락 사고시 영상 전류를 검출하여 지락 계전기를 작동시킴
과전류 계전기	OCR		과부하나 단락시에 트립코일을 여자시킴
컷아웃 스위치	COS		기계 기구를 과전류로부터 보호
전력 퓨즈	PF		단락전류 차단
전력용 콘덴서	SC		역률 개선
직렬 리액터	SR		제5고조파 제거하여 파형개선
케이블 헤드	CH		가공전선과 케이블 단말 접속
분로리액터	Sh.R		페란티 현상 방지

 암기하기

수변전 설계시 고려사항

- 사용목적에 적합할 것
- 기기의 성능이 우수할 것
- 신뢰도가 높은 설비일 것
- 정비·보수가 간편할 것
- 에너지절약 및 부하 증가에 대한 확장계획을 고려할 것

 이해하기

COS와 PF의 심벌은 같은 것을 사용한다.

 암기하기

콘덴서 부속설비

- 직렬리액터
: 제5고조파 제거
- 방전코일(DC)
: 잔류전하 방전

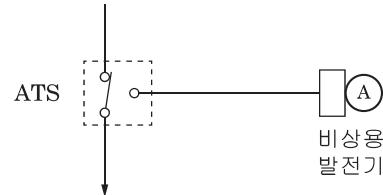


02

수변전설비 주요개폐기

1 자동 절체 개폐기(ATS : Automatic Transfer Switch)

갑작스러운 부하측 고장으로 주차단기가 트립되거나 돌발적인 정전으로 전원 공급이 어려울 때 비상 발전기 선로에 절체되어 전원공급을 가능하게 한다.



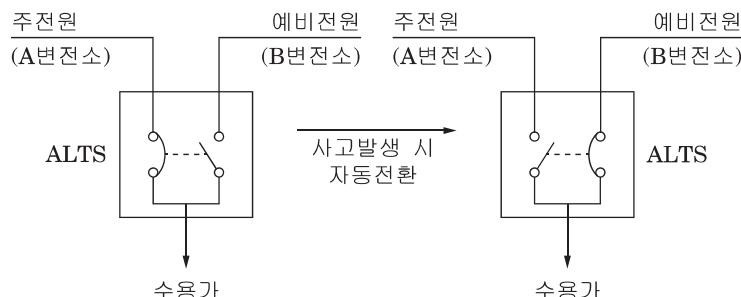
암기하기

부하개폐기(LBS)

수변전 설비의 인입구 개폐기로 사용되며 부하전류를 개폐할 수 있으나 고장전류를 차단할 수 없으므로 한류퓨즈와 직렬로 사용 한다. 래치를 트립시키는 방식을 사용하므로 3상을 동시에 개로하여 결상을 방지한다.

2 자동 부하 전환 개폐기(ALTS : Automatic Load Transfer Switch)

중요시설 정전시에 큰 피해가 예상되는 수용가에 이중전원을 확보하여 주전원이 정전될 경우 예비전원으로 자동으로 전환되어 무정전 전원공급을 수행하는 3회로 2스위치의 개폐기이다.



암기하기

기중형 자동고장구분개폐기
AISS는 수전설비의 인입구에 설치하여 과부하 또는 고장전류 발생시 고장구간을 자동으로 개방하여 사고를 방지하며 전 부하 상태에서 자동 또는 수동으로 개방하여 과부하로부터 보호한다.

3 자동고장 구분 개폐기(ASS : Automatic Section Switch)

공급 신뢰도 향상과 다른 수용가에 대한 정전을 방지하기 위하여 고장 구간만을 신속, 정확하게 차단하여 고장의 확대를 방지한다. 1000[kVA]이하의 간이 수전설비의 인입개폐기로 설치하도록 의무화 하고 있다.

4 선로개폐기(LS : Line Switch)

책임 분계점에 보수 점검시 전로를 개폐하기 위하여 사용하는 것으로 반드시 무부하(무전압) 상태에서 사용한다. 66[kV]이상의 경우에 사용한다.

03

수변전설비 자동제어기구 번호

기구 번호	약호	보조 번호	계전기 명칭
27	UVR		교류 부족전압 계전기
37	UCR	37A	부족전류계전기
			교류 부족전류 계전기
		37D	직류 부족전류 계전기
49	THR		회전기 온도계전기
50	GR	50G	단락선택 또는 지락선택 계전기
			지락선택 계전기
51	OCR		교류 과전류 계전기
			지락 과전류 계전기
			증성점 과전류 계전기
			전압 억제부 교류 과전류 계전기
52	CB		교류 차단기
59	OVR		교류 과전압 계전기
64	OVGR		지락 과전압 계전기
67	DGR		지락방향 계전기
87	DCR		전류 차동 계전기
			모선보호 차동 계전기
			발전기용 차동 계전기
			주변압기 차동 계전기

04

수변전설비 주요계측기

명칭	심벌	원어	역할
전력량계	(WH)	Watt Hour meter	수용가의 사용전력량 측정
최대수요전력계	(DM) (MDW)	Demand Wattmeter	수용가의 최대전력 측정
무효전력량계	(VARH)	Var meter Watt Hour	수용가 설비의 무효전력 측정
주파수계	(F)	Frequency meter	수용가 설비의 주파수 측정
역률계	(PF)	Power factor meter	수용가 설비의 역률측정



출제 Point

★★★★★

▶ 이해하기

수변전설비에서 사용되는 100여 개의 자동 제어기구 번호에서 중요한 기구번호를 숙지한다.

▶ 암기하기

보호계전기의 특성

- 선택성
- 신뢰성
- 감도
- 속도

▶ 이해하기

모선: BUS
발전기: Generator
변압기: Transformer

▶ 암기하기

한시계전기의 종류

- 순한시 계전기
- 정한시 계전기
- 반한시 계전기
- 반한시 · 정한시 계전기
- 순시 · 비례한시 계전기
- 계단한시 계전기

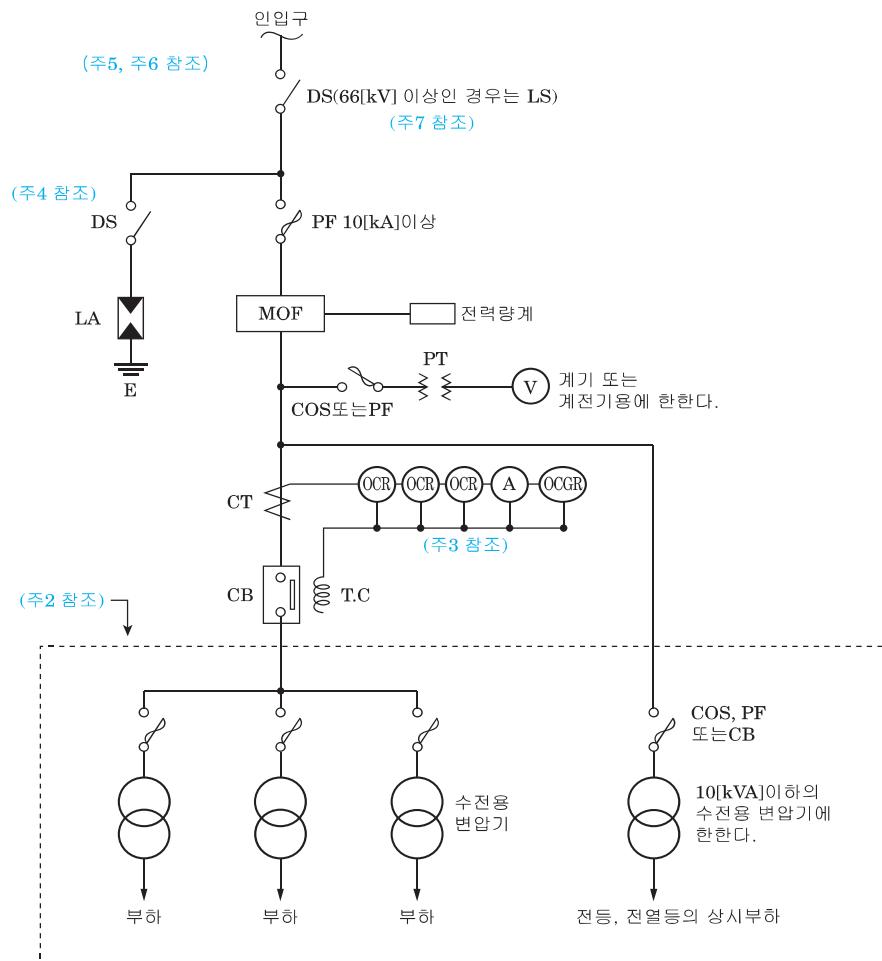
 출제 Point

★★★★★

05

특별고압 수전설비 표준도면

1 CB 1차측에 CT와 PT를 시설하는 경우



암기하기

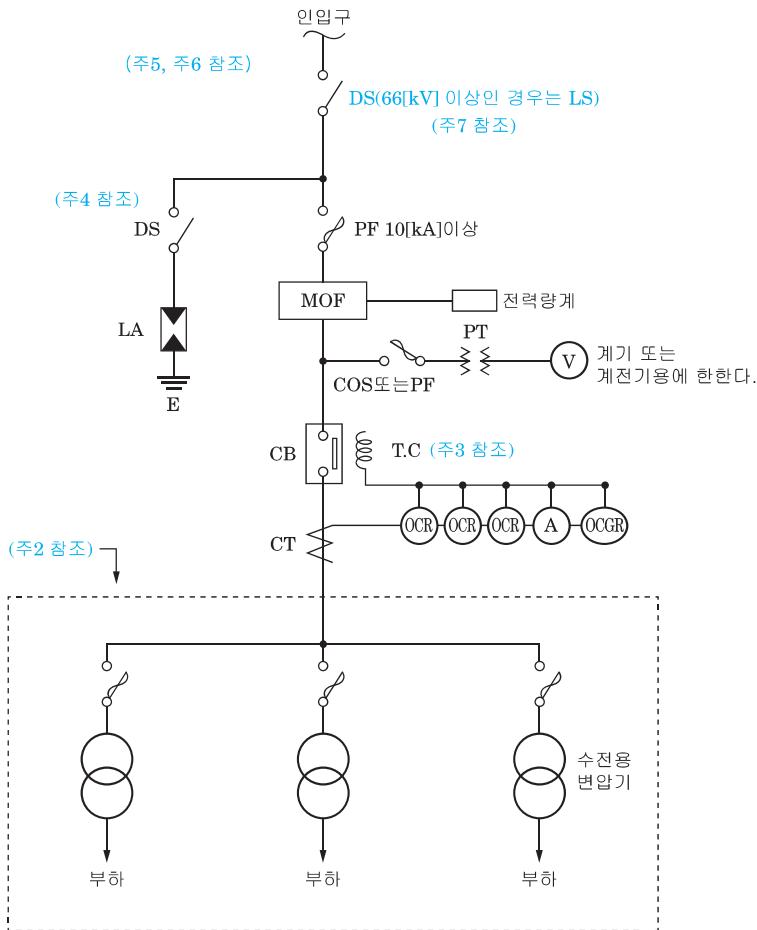
- 차단기 트립방식의 종류
- 직류전원(DC) 트립방식
 - 콘덴서트립방식(CTD)
 - 전류트립방식(OCT)
 - 부족전압트립방식(UVT)

암기하기

- 케이블의 명칭
- CV : 가교 폴리에틸렌 절연 비닐시스 케이블
 - CNCV : 동심중성선 차수형 전력 케이블
 - CNCV-W : 동심중성선 수밀형 전력 케이블
 - TR CNCV-W : 동심중성선 수밀형 트리역제형 전력케이블
 - FR CNCO-W : 동심중성선 수밀형 저독성·난연성 전력케이블

- (주 1) 22.9[kV-Y] 1000[kVA] 이하인 경우는 그림 4에 의할 수 있다.
- (주 2) 결선도중 점선내의 부분은 참고용 예시이다.
- (주 3) 차단기의 트립 전원은 직류(DC) 또는 콘덴서방식(CTD)이 바람직하며, 66[kV] 이상의 수전설비는 직류(DC)이어야 한다.
- (주 4) LA용 DS는 생략할 수 있으며, 22.9[kV-Y]용의 LA는 Disconnector(또는 Isolator) 붙임형을 사용하여야 한다.
- (주 5) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우에 공동주택 등 고장 시 정전피해가 큰 경우는 예비 지중선을 포함하여 2회선으로 시설하는 것이 바람직하다.
- (주 6) 지중 인입선의 경우에 22.9[kV-Y] 계통은 CNCV-W 케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W (트리역제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 FR CNCO-W(난연)케이블을 사용하는 것이 바람직하다.
- (주 7) DS 대신 자동 고장 구분 개폐기(7000[kVA] 초과시는 Sectionalizer)를 사용할 수 있으며, 66[kV] 이상의 경우는 LS를 사용하여야 한다.

2 CB 1차측에 PT를 CB 2차측에 CT를 시설하는 경우



- (주 1) 22.9[kV-Y] 1000[kVA] 이하인 경우는 그림 4에 의할 수 있다.
- (주 2) 결선도중 점선내의 부분은 참고용 예시이다.
- (주 3) 차단기의 트립 전원은 직류(DC) 또는 콘덴서방식(CTD)이 바람직하며, 66[kV] 이상의 수전설비는 직류(DC)이어야 한다.
- (주 4) LA용 DS는 생략할 수 있으며, 22.9[kV-Y]용의 LA는 Disconnector(또는 Isolator) 불임 형을 사용하여야 한다.
- (주 5) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우에 공동주택 등 고장 시 정전피해가 큰 경우는 예비 지중선을 포함하여 2회선으로 시설하는 것이 바람직하다.
- (주 6) 지중 인입선의 경우에 22.9[kV-Y] 계통은 CNCV-W 케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W (트리역제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 FR CNCO-W(난연)케이블을 사용하는 것이 바람직하다.
- (주 7) DS 대신 자동 고장 구분 개폐기(7000[kVA] 초과시는 Sectionalizer)를 사용할 수 있으며, 66[kV] 이상의 경우는 LS를 사용하여야 한다.

▶ 이해하기

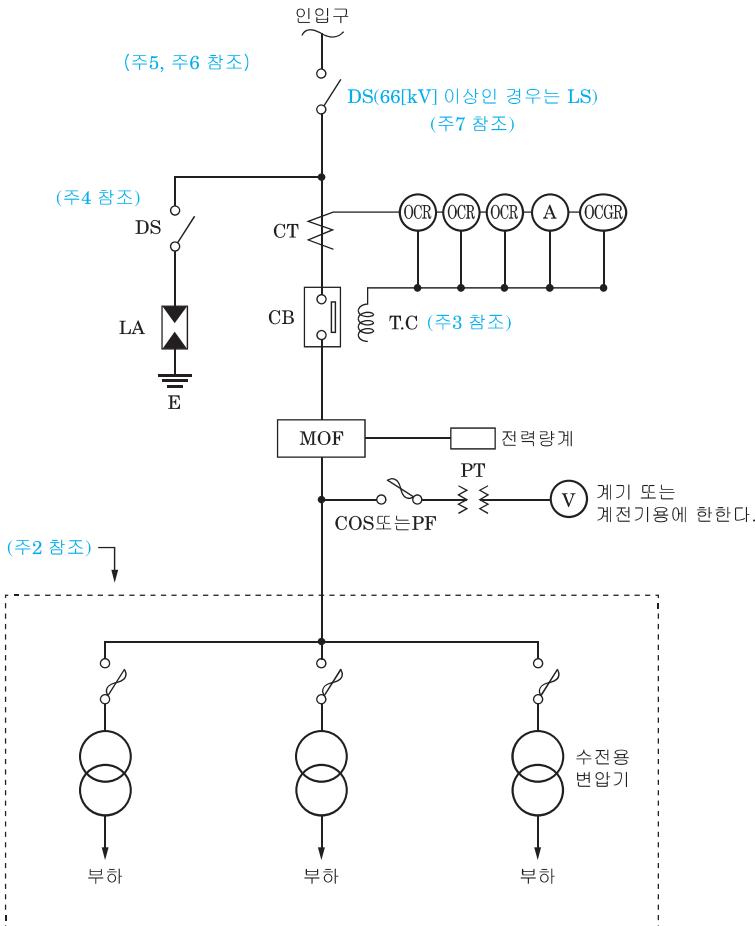
트리현상이란 고체절연물 내에 코로나 방전에 의한 절연열화 현상으로 나무모양의 흔적을 남기며 케이블 열화의 원인이 된다. 트리현상으로 전기트리, 수트리, 화학적 트리로 구분할 수 있다.

▶ 이해하기

단로장치

피뢰기의 고장시 계통은 지락사고 등의 고장상태가 될 수 있다. 피뢰기의 접지속을 대지로부터 분리시키는 장치를 단로장치(Disconnector 또는 Isolator)라 한다.

3 CB 1차측에 CT를 CB 2차측에 PT를 시설하는 경우

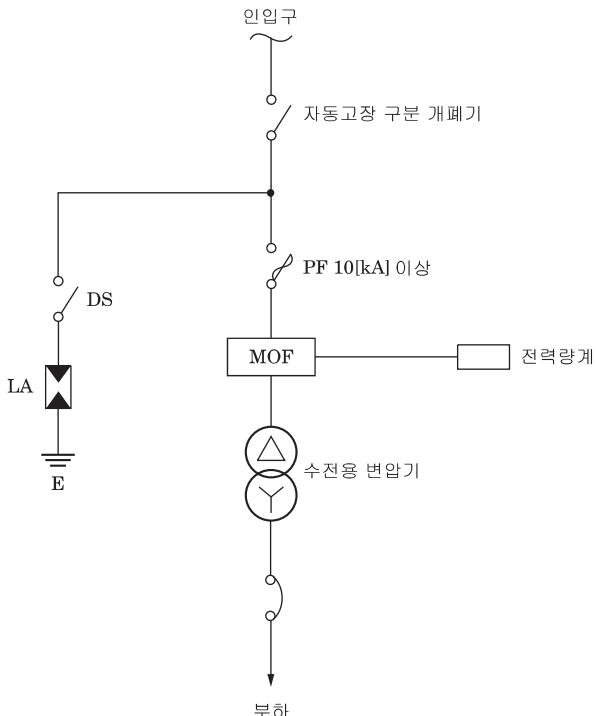


이해하기

보호범위를 넓히기 위해서 계기용 변류기는 차단기의 전원측에 설치하는 것이 바람직하다. CB 2차측에 PT를 시설하는 경우 MOF 전단에 차단기가 시설되므로 PF가 필요없다.

- (주 1) 22.9[kV-Y] 1000[kVA] 이하인 경우는 그림 4에 의할 수 있다.
- (주 2) 결선도중 점선내의 부분은 참고용 예시이다.
- (주 3) 차단기의 트립 전원은 직류(DC) 또는 콘덴서방식(CTD)이 바람직하며, 66[kV] 이상의 수전설비는 직류(DC)이어야 한다.
- (주 4) LA용 DS는 생략할 수 있으며, 22.9[kV-Y]용의 LA는 Disconnector(또는 Isolator) 붙임형을 사용하여야 한다.
- (주 5) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우에 공동주택 등 고장 시 정전피해가 큰 경우는 예비 지중선을 포함하여 2회선으로 시설하는 것이 바람직하다.
- (주 6) 지중 인입선의 경우에 22.9[kV-Y] 계통은 CNCV-W 케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W (트리익제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 FR CNCO-W(난연)케이블을 사용하는 것이 바람직하다.
- (주 7) DS 대신 자동 고장 구분 개폐기(7000[kVA] 초과시는 Sectionalizer)를 사용할 수 있으며, 66[kV] 이상의 경우는 LS를 사용하여야 한다.

4 특별고압 간이수전설비 결선도 22.9[kV-Y] 1,000[kVA] 이하



- (주 1) LA용 DS는 생략할 수 있으며 22.9[kV-Y]용의 LA는 Disconnector (또는 Isolator) 불임형을 사용하여야 한다.
- (주 2) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우로 공동주택 등 고장시 정전피해가 큰 경우는 예비 지중선을 포함하여 2회선으로 시설하는 것이 바람직하다.
- (주 3) 지중 인입선의 경우에 22.9[kV-Y] 계통은 CNCV-W 케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W (트리역제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 FR CNCO-W(난연)케이블을 사용하는 것이 바람직하다.
- (주 4) 300[kVA] 이하인 경우는 PF대신 COS(비대칭 차단전류 10[kA] 이상의 것)을 사용할 수 있다.
- (주 5) 특별고압 간이수전설비는 PF의 용단 등의 결상사고에 대한 대책이 없으므로 변압기 2차 측에 설치되는 주차단기에는 결상계전기 등을 설치하여 결상사고에 대한 보호능력이 있도록 함이 바람직하다.

|참고|

결상보호란 다상 회로의 1상의 도체에 전류가 없어졌을 때에 목적 장치를 절리 하도록 동작하거나 혹은 다상 회로의 하나 또는 그 이상의 상전압이 없어졌을 때에 목적 장치에 대한 전력공급을 저지하도록 하는 보호방법을 이른다. 이와 같은 결상 사고로 인하여 동작하는 계전기를 결상 계전기라고 한다.

▶ 이해하기

자동고장 구분 개폐기는 공급신뢰도 향상, 사고파급을 방지하기 위하여 간이수전설비의 인입개폐기로 사용한다.

▶ 이해하기

우리나라의 배전방식은 3상 4선식 다중접지 방식이며 지락사고시 중성선에 흐르는 지락전류가 단락 전류보다 클 수도 있다.

▶ 이해하기

자동고장 구분 개폐기(ASS)는 지락사고를 변전소의 차단기와 배전선로에 설치된 리클로저와 협조하여 사고구간을 자동 분리하고 그 사고의 파급확대를 방지하기 위하여 사용되는 개폐기이다. 공급변전소의 차단기와 리클로저와 협조하여 사고발생시 고장구간을 자동으로 분리한다.

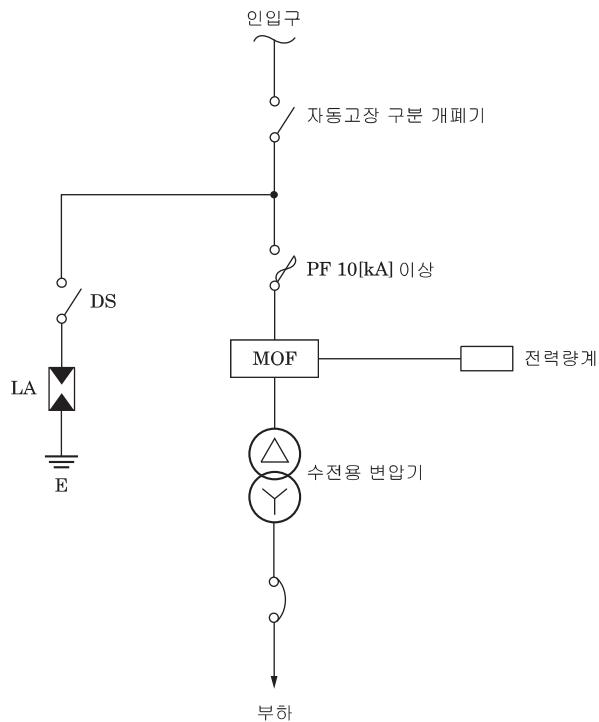
▶ 암기하기

특별고압 간이수전설비에서 300 [kVA] 이하일 경우 인입용개폐기로 사용하는 ASS 대신 인터럽터 스위치를 사용할 수 있다.

수변전 01

필수문제

그림은 22.9[kV-Y] 1000[kVA] 이하에 적용 가능한 특고압 간이 수전설비 결선도이다. 각 물음에 답하시오.



- (1) 위 결선도에서 생략할 수 있는 것은?
- (2) 22.9[kV-Y]용의 LA는 어떤 것을 사용하여야 하는가?
- (3) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우로 공동주택 등 고장시 정전피해가 큰 경우에는 예비 지중선을 포함하여 몇 회선으로 시설하는 것이 바람직한가?
- (4) 지중인입선의 경우에 22.9[kV-Y] 계통은 CNCV-W 케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W(트리익제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 어떤 케이블을 사용하는 것이 바람직한가?
- (5) 300[kVA] 이하인 경우는 PF 대신 어떤 것을 사용할 수 있는가?

암기하기

케이블의 명칭

- CV : 가교 풀리에틸렌 절연 비닐시스 케이블
- CNCV : 동심증성선 차수형 전력 케이블
- CNCV-W : 동심증성선 수밀형 전력 케이블
- TR CNCV-W : 동심증성선 수밀형 트리익제형 전력케이블
- FR CNCO-W : 동심증성선 수밀형 저독성·난연성 전력케이블

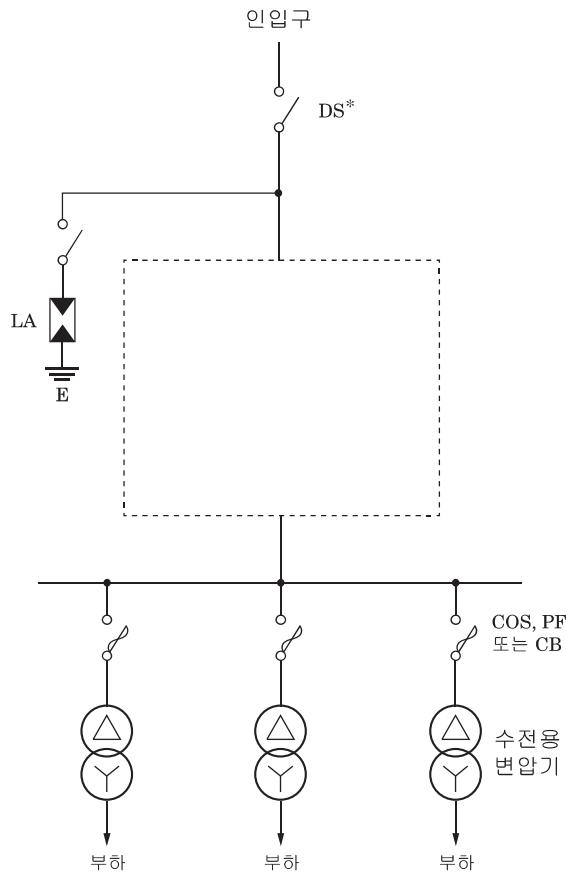
정답

- | | |
|------------|----------------------------------|
| (1) LA용 DS | (2) Disconnector 또는 Isolator 불임형 |
| (3) 2회선 | (4) FR CNCO-W(난연) 케이블 |
| (5) COS | |

수변전 02

필수문제

그림은 특고압 수전설비 결선도의 미완성 도면이다. 이 도면을 보고 다음 각 물음에 답하시오. (단 CB 1차측에 CT를, CB 2차측에 PT를 시설하는 경우이다.)



- (1) 미완성 부분(점선 내부 부분)에 대한 결선도를 그리시오. (단, 미완성 부분만 작성하되 미완성 부분에는 CB, OCR : 3개, OCGR, MOF, PT, CT, PF, COS, TC, A, V, 전력량계 등을 사용하도록 한다.)
- (2) 사용전압이 22.9[kV]라고 할 때 차단기의 트립전원은 어떤 방식이 바람직한지 2가지를 쓰시오.
- (3) 수전전압이 66[kV] 이상인 경우 *표로 표시된 DS 대신 어떤 것을 사용하여야 하는가?
- (4) 22.9[kV-Y] 1000[kVA] 이하를 시설하는 경우 특고압 간이수전설비 결선도에 의할 수 있다. 본 결선도에 대한 간이수전설비 결선도를 그리시오.

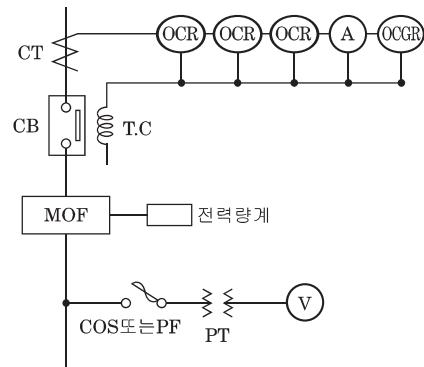
▶ 암기하기

특고압 수전설비

차단기의 트립 전원은 직류(DC) 또는 콘덴서 방식(CTD)이 바람직하며, 66[kV] 이상의 수전설비는 직류(DC)이어야 한다.

정답

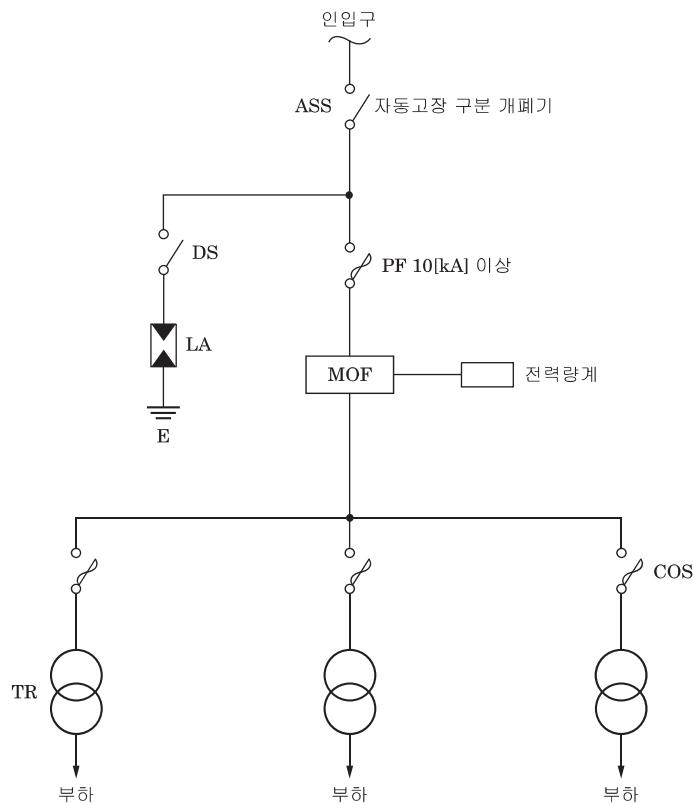
(1)



(2) ① 직류(DC) 방식 ② 콘덴서 방식(CTD)

(3) LS(선로 개폐기)

(4)



P 76

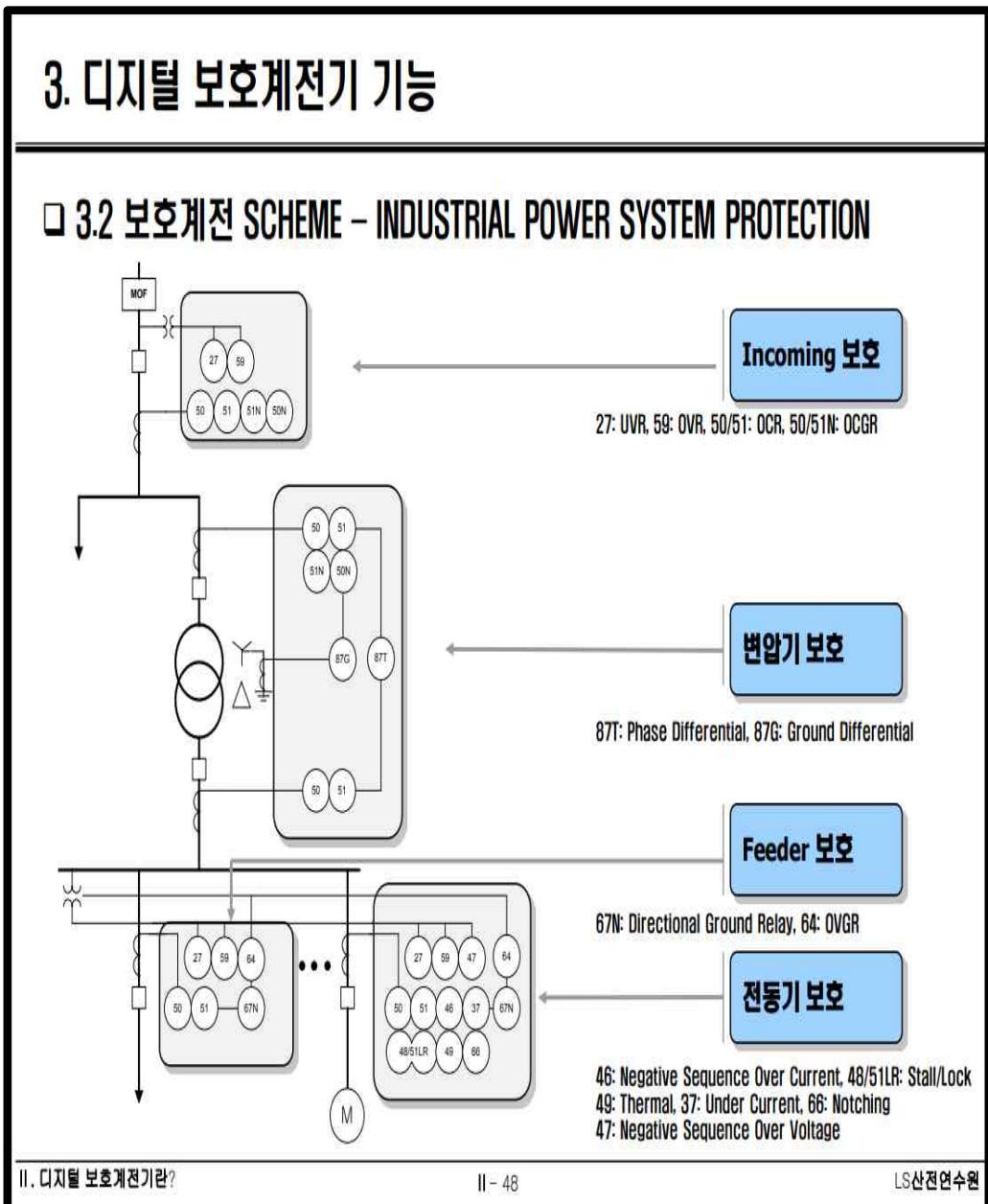
1. 계측기 및 보호 계전기

2. 수변전설비 보호 계전기 명칭 및 기구번호

번호	명칭	약호	비고	
37	부족전류계전기	UCR	37A	교류 부족전류 계전기
			37D	직류 부족전류 계전기
			37F	퓨즈 용단 계전기

P 76

참고



현장에서는

50/51 : 과전류계전기([순시](#)/[한시](#))

50N/51N : 지락과전류계전기([순시](#)/[한시](#)) , **50G/51G** : 지락과전류 계전기([순시](#)/[한시](#))

[**50N/51N** 는 CT 와 연결 , **50G/51G** 는 3권선 CT 또는 ZCT 와 연결]

67N : 방향지락계전기(DGR) , **67G** : 선택지락계전기 (SGR)

51V : 전압억제 과전류 계전기 라고 써도 됨

→ 최대 부하전류 와 고장전류의 차가 적을 경우 일반 과전류계전기로는 오동작이 발생할수 있다. 따라서 전압억제 기능을 추가한 51V를 적용한다

51V는 정상상태 에서는 전압의 억제력이 강해서 계전기 가 동작 안하고 고장상태 에서는 전압의 억제력이 약해져 계전기가 동작하는 원리를 이용하는 계전기입니다

[다음 내용은 보는 관점에 따라 정의가 달라질수 있습니다]

트립코일(TC) : 보호 계전기 동작 신호에 의해 차단기를 트립 시키기 위한 코일

지락 계전기(GR) : 지락사고시 정정값 이상의 지락(영상) 전류가 흘러 동작하는 계전기

선택 지락계전기(SGR) : 병행 2회선 이상 선로에서 한쪽 1회선에 지락고장 발생시 검출하여 고장회선만을 선택 차단할수 있는 계전기

간단하게 : [다회선에서](#) [지락고장시](#) [고장회선을](#) [선택 차단하는](#) 계전기

과전류 계전기 (OCR) : 정정값 이상의 [전류가 흐르면](#) 동작하는 계전기

과전압 계전기(OVR 59): 정정값 이상의 [전압이 걸렸을 때](#) 동작하는 계전기

지락 과전압 계전기 (OVGR 64)

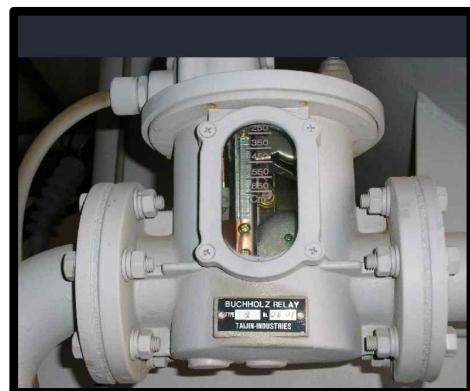
: 비접지 계통에서 지락사고시 정정값이상의 영상전압이 걸렸을 때 동작하는 계전기

비율차동계전기(RDF 87)

: 변압기 내부고장시 1차와 2차의 전류차가 일정비율 이상일 때 동작하는 계전기

부흐홀츠 계전기 (96B)

: 변압기 기계적인 내부고장시 고장전류 유입되면 절연유가 팽창되어 압력상승 과 가스가 발생하는 것을 감지하여 변압기를 보호하는 장치

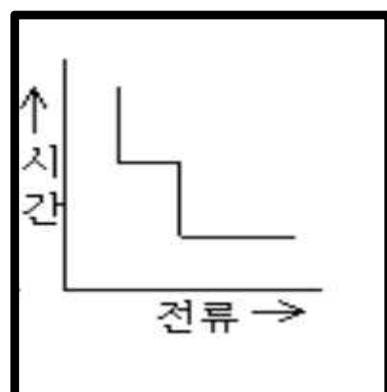


부흐홀츠 계전기

5. 보호계전 분류

4) 계단 한시 계전기

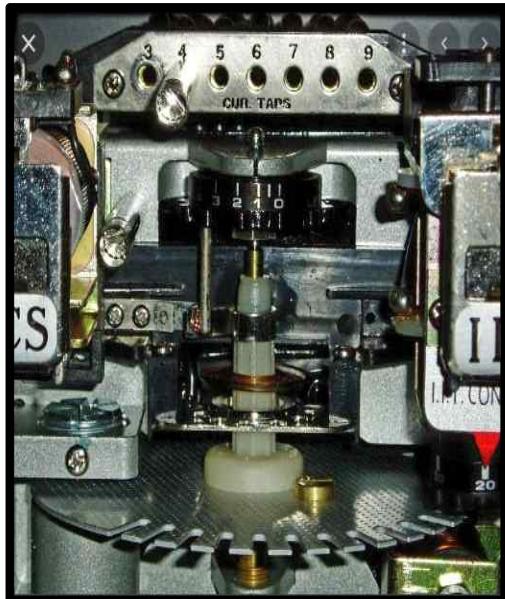
: 입력의 일정범위별로 일정한시에 계단식으로 동작하는 것



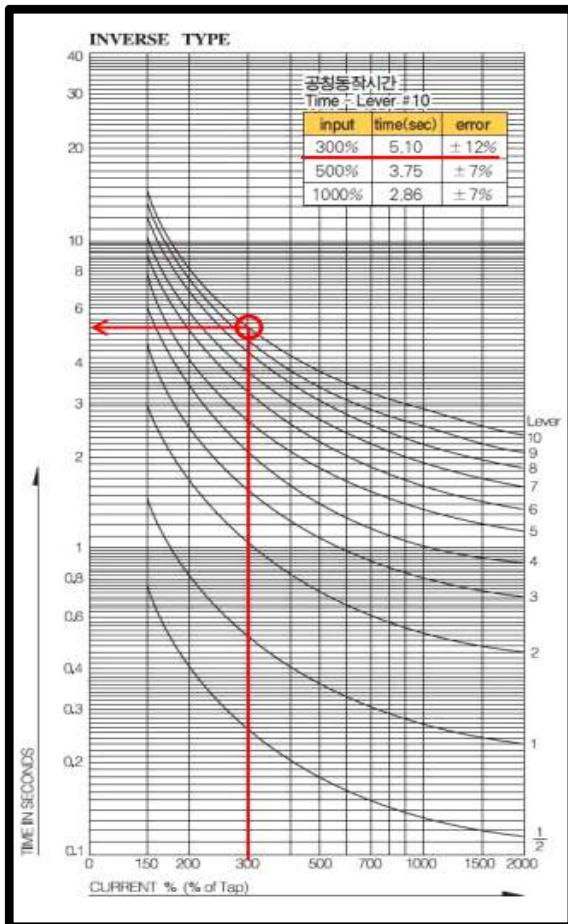
※ 한시(Time Delay) 보호계전기의 종류 4가지

- ① 정한시 계전기
- ② 반한시 계전기
- ③ 반한시성 정한시 계전기
- ④ 계단한시 계전기

P 78



OCR 내부



T-I 곡선

TAP : 과전류 계전기 **최소동작전류**

LEVER : 과전류 계전기 **동작시간**

$$TAP_{값} = \frac{\text{수전전력} [kW]}{\sqrt{3} \times \text{선간전압} [kV] \times \cos\theta} \times \frac{1}{CT^{비}} \times \text{여유} = [A]$$

[여유값은 1.5배 출제위원이 여유값 주어주면 그 값을 사용한다]

또는 $TAP_{값} = 1\text{차부하전류} \times \frac{1}{CT^{비}} \times \text{여유} = [A]$

P 79

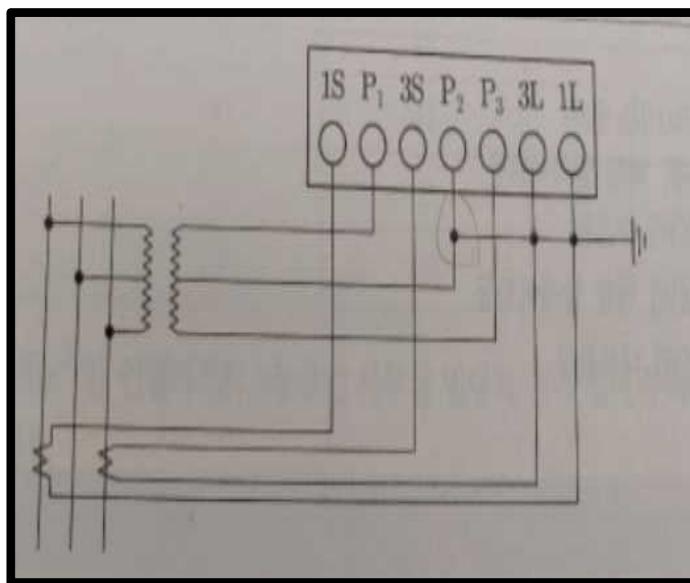
2. 전력량계 [WH]

3. MOF 와 전력량계 연결

꼭 마무리 해야 되는 것

$3\phi 4w$ 전력량계는 $P_0, 1L, 2L, 3L$ 접지할 것

만약 $3\phi 3w$ 이면 $P_2, 1L, 3L$ 접지할 것



참고

$$\text{계기정수}(K) = 1000 \text{ [Rev/kWh] }$$

= 계량기 원판이 1000 회 회전하면

1kWh를 소비한다 는 의미

또는 1[kWh]에 대한 원판 회전수

전력량계 명판

5(2.5)[A]

① 5[A] (정격전류) : 계량기가 정밀도를 유지할수 있는 최대 전류 값

② 2.5[A](기준전류) : 계기의 정상동작 및 시험에 기준이 되는 전류

③ II형 계기로써 정격전류 5[A]의 $\frac{1}{20}$ 인 0.25[A]까지 정밀도를

보장한다는 것

질문 : 계량기 명판을 보면 40(10), 60(20), 120(30), 5(2.5)A 와 같이 표기되어 있는데 팔호 안의 숫자는 무엇인가요?

KS 규격에서 계량기는 2형, 3형, 4형으로 나눠진다. 여기서 2, 3, 4형으로 구분하는 기준은 팔호 안의 숫자와 팔호 밖의 숫자의 배수 차이이다.

예를 들면 40(10)은 팔호 안의 숫자와 4배차이가 난다.

따라서 4형계기가 되는 것이다.

여기서

2형 계기는 정격전류에서부터 정격전류의 1/20까지 계기가 갖고 있는 오차율(계기등급)을
3형 계기는 정격전류에서부터 정격전류의 1/30까지 계기가 갖고 있는 오차율(계기등급)을
4형 계기는 정격전류에서부터 정격전류의 1/40까지 계기가 갖고 있는 오차율(계기등급)을 보장한다는 의미를 나타낸다.

예를 들어 단상 220V, 60(20)A, 60Hz 2.0급 계량기는 3형계기 이므로
정격전류 60A에서부터 정격전류 60A의 1/30인 2A 사이의 부하전류에서 오차 2.0%의 정확성을
유지 할 수 있다는 의미이다.



Slide 26/26

P 79

3. MOF 와 전력량계의 연결

교재 그림을 보고 다음 문제를 풀어 보세요

1) 필요한 PT 비율은 :

$$PT \text{ 비} : \frac{220}{110}$$

2) 이 WHM 의 계기정수는 2000[rev/kWh]이다. 지금 부하전류가 150[A]

에서 변동없이 지속되고 있다면 원판의 1분간의 회전수는?

(단, CT비 : 300/5 , $\cos\phi = 1$, 50[%]부하시 WHM 에 흐르는 전류는
2.5[A])

$$\text{시간당회전수} = \text{계기정수} \left[\frac{\text{rev}}{kWh} \right] \times \text{전력} [kW] = \left[\frac{\text{rev}}{h} \right]$$

이므로

$$\begin{aligned}\text{분당회전수} &= \text{계기정수} \times \text{전력} = \left[\frac{\text{rev}}{h} \right] \times \frac{1h}{60\text{min}} \\ &= \frac{\text{계기정수} \times \text{전력}}{60} \left[\frac{\text{rev}}{\text{min}} \right] \\ &= \frac{2000 \times \sqrt{3} \times 190 \times 2.5 \times 1 \times 10^{-3} [kW]}{60} = 27.424 [\text{rev}/\text{min}]\end{aligned}$$

정답 : $27.42 [\text{rev}/\text{min}]$

3) WHM 의 승률은? (단, CT비 : $300/5$, rpm = 계기정수 \times 전력)

$$\text{승률} = PT^h \times CT^h = \frac{220}{110} \times \frac{300}{5} = 120$$

정답 : 120

P 80

6. 전력량계 구비해야 할 특성 [구비조건]

[과 , 부 , 옥 , 기 , 온]

P 81

3. 비율차동계전기[RDF]

1. 비율차동계전기 역할

: 변압기 내부고장시 변압기 1차와 2차 전류 차가 일정비율 이상일 때 동작하는 계전기

3. 비율 차동계전기 구성

보상 변류기(CCT) 역할 : 변압기 1차와 2차의 전류 크기(차) 및 위상(를) 보상 한다.

참고

변압기 여자돌입전류에 의한 비율차동 계전기 오동작 대책 3가지

- ① 감도 저하법
- ② 고조파 억제법
- ③ 비대칭파 저지법

P 83

02 전력량계- 부하의 평균전력

..... 이때의 부하의 평균전력은 약 몇[kW]인가 ?

여기서

부하의 평균전력 = 수전전력 = P_1 을 의미함

$$\begin{aligned} P_1 &= P_2 [kW] \times PT^h \times CT^h \\ &= \frac{3600 \times n}{k \times t} [kW] \times PT^h \times CT^h \end{aligned}$$

P 84

03 전력량계 및 오차

추가 내용

오차 = 측정값(P_m) - 참값(P_T) 참고 $P_m \rightarrow \text{measure}$: 측정하다

$$\text{오차율} = \frac{\text{측정값}(P_m) - \text{참값}(P_T)}{\text{참값}(P_T)}$$

$$\text{보정값} = \text{참값}(P_T) - \text{측정값}(P_m)$$

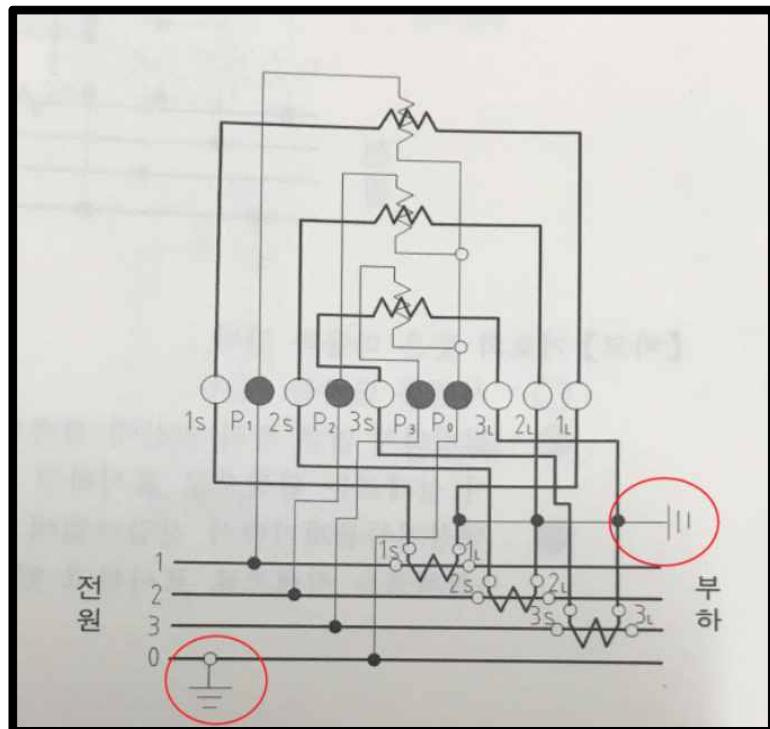
$$\text{보정율} = \frac{\text{참값}(P_T) - \text{측정값}(P_m)}{\text{측정값}(P_m)}$$

P 86

참고

1) 변류기만 시설하는 경우

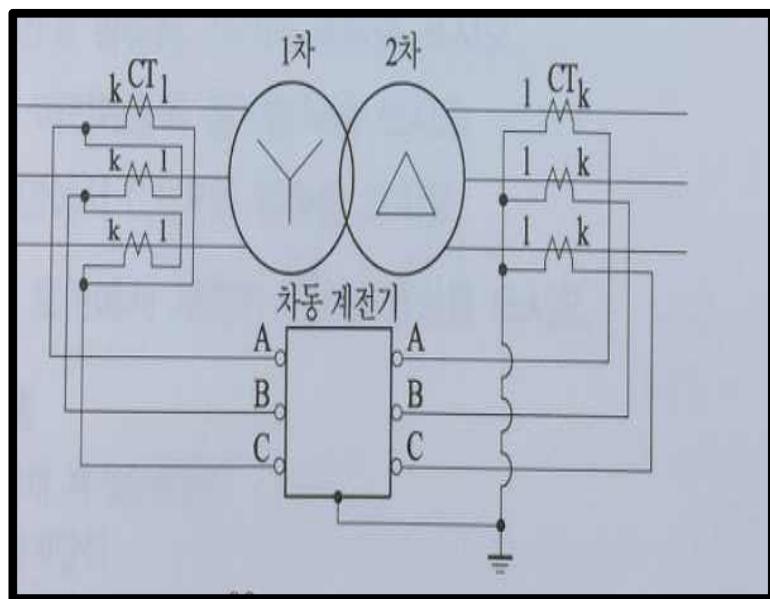
① $3\phi 4\omega$



P 88

09 비율 차동계전기 -③

(1) 만약 2차측 CT 결선이 반대로 나오는 경우



(2) 만약 교재 답이 잘 외워지는 분은
풀이

이유 : 변압기 권수비 = $\frac{66}{22} = 3$ 이므로

2차측 CT의 권수비는 1차측 CT 권수비의 3배가 되어야 한다

$$2\text{차측 권수비} = \frac{200}{5} \times 3 = \frac{600}{5} \quad \text{정답 : } 600/5$$

P 90

1. 수변전 설비용 기기



케이블 헤드 [CH]

역할: 케이블 단말처리 접속재로써 전계를 균일하게 분포시켜
케이블 섬락을 방지한다

단로기

기능 : 무부하시 전로(또는 선로)를 개폐 합니다.

역할 : 보수 점검용 또는 회로 접속 변경 하거나 끊는 목적으로 사용합니다.

전력퓨즈

: 부하전류는 안전하게 통전

: 어떤 일정값이상의 과전류는 차단하여 전로나 기기를 보호한다

컷아웃스위치

COS를

PT 에 설치시 : 계기용 변압기(PT) 및 부하측 고장시 COS가 차단되어
고압 회로로부터 분리되어 사고 확대를 방지한다

TR 에 설치시 : 변압기의 과전류에 의한 보호와 선로의 개폐를 위해 사용된다

계기용 변압기

: 고전압을 저전압으로 변성하여 계기 및 계전기의 전원으로 사용한다

참고 : 계기 [전압계, 주파수계] , 계전기 [UVR, OVR]



[VS]



[AS]

전압계용 전환개폐기 [VS] (심벌은 원 안에 십자가를 기억)

: 1대의 전압계로 3상 각상의 전압을 측정하기 위한 전환 개폐기

전류계용 전환개폐기 [AS] (심벌은 원안에 벤츠 마크를 기억)

: 1대의 전류계로 3상 각상의 전류를 측정하기 위한 전환 개폐기

변류기

: 대전류를 소전류로 변성하여 계기 및 계전기 등에 공급한다

참고 : 계기 [전류계] , 계전기 [OCR, OCGR]

전력수급용 계기용 변성기

: 고전압, 대전류를 변압 변류하여 전력량계에 공급하는 장치

차단기

: 부하전류 개폐 및 과부하, 단락사고, 지락사고 등 고장전류 차단하기 위한 장치

전력용 콘덴서 (간단하게 물어보면 : 부하의 역률개선)

만약 단독형으로 길게 물어보면

: 전력용 콘덴서를 부하와 병렬로 연결하여 진상전류를 흘러줌으로써
지상 무효전력을 감소시켜 역률을 개선 시킨다

P 92

2. 특고압 수전 설비 표준결선도

1. PF + CB형

DS
피뢰기 빠져나감
PF
MOF
PT
CB
CT

- ① 피뢰기는 DS 와 PF 사이에서 빠져나감
- ② PT 위에는 MOF 있다는 것을 기억
- ③ CB 를 중심으로
2차측 CT .. CT 옆에는 동그라미 5개[OCR OCR OCR A OCGR]

- 1차측 PT .. PT 1차측에는 PF 또는 COS 2차측에는 전압계

* 주의사항 암기할 것

참고

- ① CNCV-W : 동심 중성선 수밀형 전력 케이블
- ② TR CNCV-W : 동심 중성선 수밀형 트리익제(형) 전력 케이블
- ③ FR CNCO-W : 동심 중성선 수밀형 저독성 난연 전력 케이블

P 93

2. CB 형

DS
피뢰기 빠져나감
CT
CB
MOF
PT

① 피뢰기는 DS 와 CT 사이에서 빠져나감

② CB를 중심으로

1차측 CT .. CT 옆에는 동그라미 5개[OCR OCR OCR A OCGR]

2차측 PT .. PT 1차측에는 PF 또는 COS 2차측에는 전압계

③ PT 위에는 MOF 있다는 것을 기억

* 주의사항 암기할것

P 94

3. PF + CB 형

DS
피뢰기 빠져 나감
PF
MOF
PT
10[KVA] 부하 빠져 나감
CT
CB

① 피뢰기는 DS 와 PF 사이에서 빠져나감

② CB를 중심으로

1차측에 CT설치.. CT 옆에는 동그라미 5개[OCR OCR OCR A OCGR]

CT 위에 PT 설치 .. PT 1차측에는 PF 또는 COS 2차측에는 전압계

③ PT 위에는 MOF 있다는 것을 기억

④ 10[kVA] 변압기 CT 와 PT 사이에서 빠져나감

* 주의사항 암기할 것

3. 특고압 간이수전설비 결선도

ASS
피뢰기 빠져나감
PF
MOF

※ 주의사항 암기할 것

참고

피뢰기 단로장치(Disconnecter) 기능

: 피뢰기 고장시 피뢰기 접지선을 대지로부터 분리하여 지락사고 등
의 고장 확대(사고 파급)를 방지한다

피뢰기 측 단로기(DS) 역할 : 피뢰기 측 단로기는 생략이 가능하다

: 피뢰기의 점검 또는 고장시 계통으로부터 분리하여
고장확대(사고 파급)를 방지한다

케이블 트리현상 이란

: 고체 절연물 내부에서 나뭇가지 모양의 방전흔적을 남기는
절연 열화현상

종류 3가지 : 수트리 , 전기트리 , 화학트리

※ 지중전선로 특징

장점 [외 차 총 동]

- ① 외부 기상여건등의 영향이 없다
- ② 차폐케이블 사용으로 유도장해 경감
- ③ 총전부 절연으로 안전성 확보
- ④ 동일 루트에 다회선이 가능하다

단점 [고 건 동 설]

- ① 고장점 발견 과 복구가 어렵다
- ② 건설비 고가, 건설기간이 길다
- ③ 동일굵기 가공선에 비해 송전용량이 작다
- ④ 설비 구성상 신규수용 탄력성 저하

P 96

4. 고압 수전설비 결선도

1. CB 방식



- ① MOF로 시작함
- ② 피뢰기는 DS와 ZCT 사이에서 빠져나감
- ③ CB를 중심으로
1차측에 PT 설치 ... VS 와 V
2차측에 CT 설치 ... OCR, OCR, AS, A
- ④ PT 위에는 ZCT 있다는 것을 기억
- ⑤ GR은 [ZCT(2) + PT(2) + TC(2) + OCR(1) + CT(1)] ... (숫자):가닥수

* 주의사항

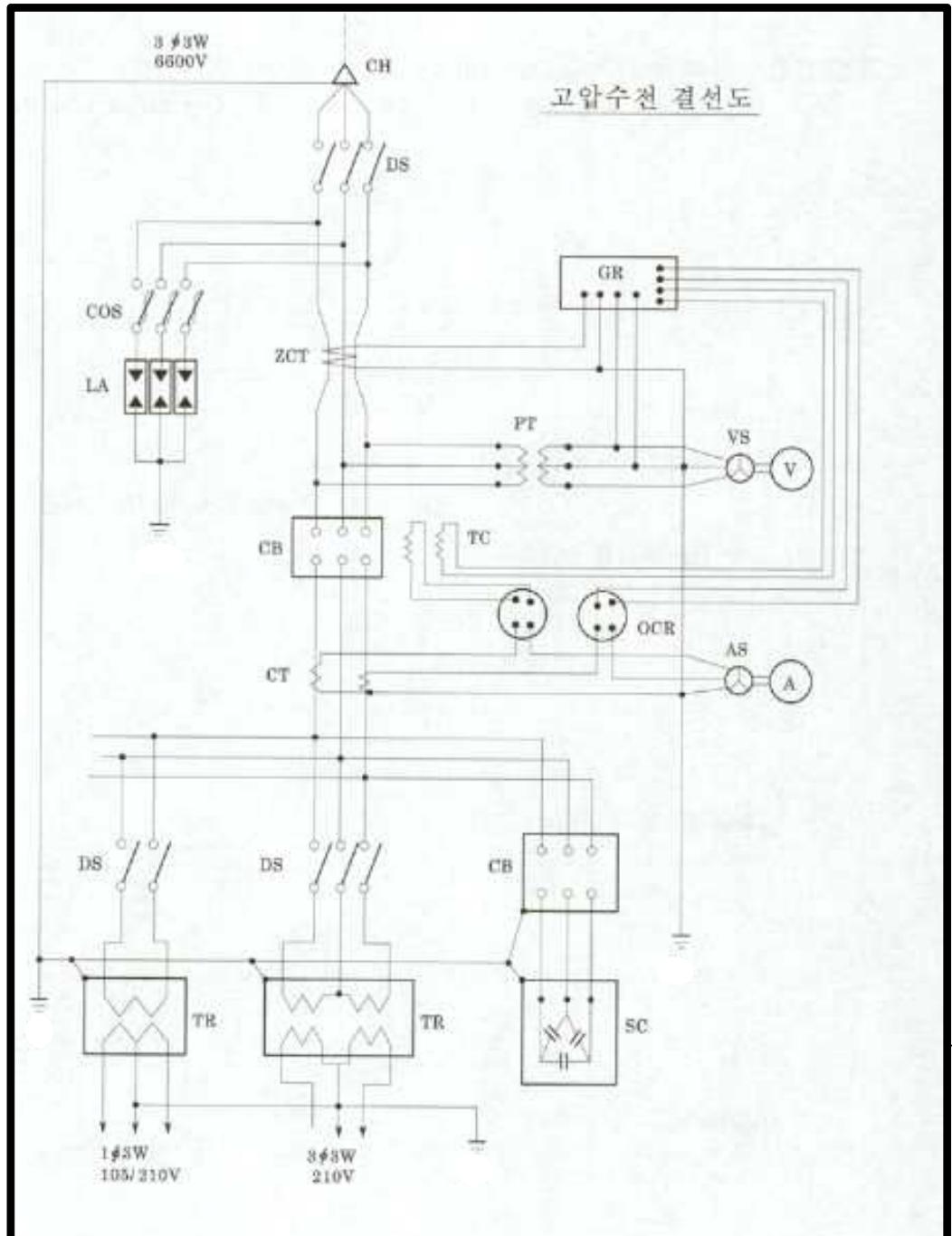
- ❶ 고압 전동기의 조작용 배전반에는 과부족 전압계전기 및 결상계전기를 장치 하는 것이 바람직하다
- ❷ 계기용 변성기는 몰드형의 것이 바람직하다
- ❸ 계전기용 변류기는 보호범위를 넓히기 위하여 차단기 전원측에 설치하는 것이 바람직하다
- ❹ 차단기의 트립방식은 DC 또는 CTD 방식을 사용한다
- ❺ LA 측 DS는 생략할수 있다

추가내용

동력용 변압기의 결선은 일반적으로 $\Delta-\Delta$ 로 한다, $\Delta-Y$ 로 결선하지 않는 이유를 쓰시오

: $\Delta-Y$ 결선 사용시 1, 2차간에 30° 위상차가 발생하며

1상 고장시 전원공급 불가능하기 때문입니다.



P 97

01 전압계용 전환 개폐기 결선

(3) PT 2차측을 접지하는 이유

: 계기용 변압기 절연파괴시 고, 저압 혼촉사고로 인한 2차측(저압측) 전위상승을 억제하기 위해서 접지합니다

P 99

03 공장의 수전설비 이므로 TR 은 3ϕ 으로 해석하고

변류기 규격표에 CT 정격 1차 전류가 $2000[A]$ 이 최대치 임을 확인할 것

(1) 문제 조건에서 조심해야 할 Point

● 각 뱅크는 부등률이 1.1 이다 의 해석은

→ 子 변압기 ($6[kV]/400[V]$) A,B,C,D TR 에 부등률 적용

$$A \text{ TR 용량} = \frac{\sum(\text{설비용량} \times \text{수용률})}{\text{부등률} \times \text{역률}}$$
$$= \frac{(125 \times 0.8 + 125 \times 0.8 + 500 \times 0.7 + 600 \times 0.84)}{1.1 \times 0.8} = 1197.727[kVA]$$

Main TR 용량 = 변압기 1대용량 $\times 4$

$$= 1197.727 \times 4 = 4790.908[kVA]$$

정답 : $5000[kVA]$

- 만약 각 뱅크간 부등률이 1.3 이다 의 해석은
→ 母 변압기 (20[KV]/6[KV]) 메인 TR 에 부등률 적용

$$A TR \text{용량} = \frac{\sum(\text{설비 용량} \times \text{수용률})}{\text{역률}}$$

$$= \frac{(125 \times 0.8 + 125 \times 0.8 + 500 \times 0.7 + 600 \times 0.84)}{0.8} = 1317.5 [kVA]$$

$$Main TR \text{용량} = \frac{\text{변압기 1대용량} \times 4}{\text{부등률}}$$

$$= \frac{1317.5 \times 4}{1.3} = 4053.846 [kVA]$$

정답 : 5000 [kVA]

- (2) 만약 A 뱅크용량을 선정하고 CT_2 변류비 선정일때는
변압기 용량을 표준으로 적용해야함

3P 22.9kV/6.6kV	
구분	용량 (kVA)
Susol	500
Metasol	750
	1000
	1250
	1500
	2000
	2500
	3000
	4000
	5000
	6000
	7500
	8500
	10000

LS 산전 몰드 변압기 용량 예

P 101

04 특고압 결선도

(1) 22.9 [kV]측에 대하여 다음 물음에 답하시오

⑧ 변압기와 피뢰기의 최대 유효거리

공정 전압[kV]	최대 유효이격거리[m]
22.9	20
66	45
154	65
345	85

(2) 3.3[kV]측에 대하여 다음 물음에 답하시오

④ 전등 부하의 수용률이 70[%]일 때 전등용 변압기에 걸수 있는
부하설비용량은 몇 [kW]인가 ?

$$\text{수용률} = \frac{\text{최대전력}[kW]}{\text{설비용량}[kW]} \text{에서}$$

$$\text{설비용량} = \frac{\text{최대전력}}{\text{수용률}} = \frac{\text{변압기 용량}}{\text{수용률}} = \frac{150[kVA]}{0.7} = 214.285[kVA]$$

정답 : 214.29[kW]

보충

$$\text{변압기 용량}[kVA] = \frac{\text{최대전력}[kW]}{\cos\theta} = \frac{\text{최대전력}}{\text{부하가 전등이므로 역률} 1}$$

따라서 최대전력[kW] = 변압기 용량[kVA]으로 본다

P 103

05 특고압 결선도 154/22.9

※ 도면 CPD

CPD (Capacitive Potential Device)

: 용량형 전압 변성기 또는 교재 담처럼 콘덴서형 계기용 변압기 라고함

→ 우리가 알고 있는 계기용 변압기(PT)는 전압이 높아지면

크기, 중량, 가격 등이 증가한다. 따라서 154[KV] 이상에서는
콘덴서 분압 원리에 의한 전압 변성기 사용함

※ 도면

51 : OCR , 51N : OCGR , V_0 : 영상전압계 , 64 : OVGR , 27 : UVR



영상전압계

※ 도면

ULTC (Under Load Tap Changer) 와

OLTC (On-Load Tap Changer) 는 같습니다

명칭 : 부하시 텨 절환장치

기능 : 부하를 공급하는 상태에서 변압기 2차측 전압을 조정하는 장치



OLTC

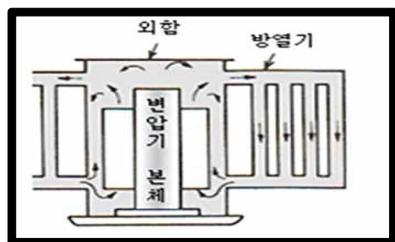
※ 변압기 2차 전압 계산 방법

$$2\text{차 전압} = \frac{\text{현재의 } Tap \text{ 전압}}{\text{변경 할 } Tap \text{ 전압}} \times \text{측정된 2차전압}$$

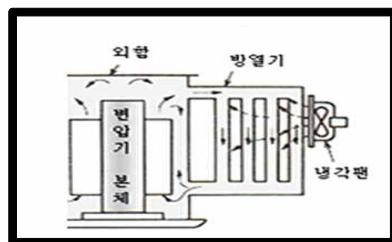
P 105

06 특고압 결선도 154/22.9

(5) 변압기 명판에 표시 되어 있는 OA/FA 의 뜻



유입 자냉식(OA – ANSI규정)



유입 풍냉식(FA – ANSI규정)

(6) SF₆ : 일반적으로 **육불화황 가스** 라고 합니다

(9) 계산값이 1250.06[A] 이 나와서 1500/5 해야 하지만
문제 조건 표에 CT 정격 1차 최대치가 1200 이므로
1200/5 로 해야 합니다

P 108

07 간이수전설비 결선도 22.9[KV]



(6) PTT : 전압 시험 단자 , CTT : 전류 시험단자

P 110

08 고압 수전설비- 단선도

$$(1) \text{부등률} = \frac{\text{개별최대전력합}}{\text{합성최대전력}}$$

$$\text{합성최대전력} = \frac{\text{개별최대전력합}}{\text{부등률}} = \frac{\sum(\text{설비용량} \times \text{수용률})}{\text{부등률}}$$

$$\text{변압기용량} = \frac{\text{합성최대전력}}{\text{역률}} = \frac{\text{개별최대전력합}}{\text{부등률} \times \text{역률}} = \frac{\sum(\text{설비용량} \times \text{수용률})}{\text{부등률} \times \text{역률}}$$

단) 본 문제에서는 개별 최대전력이 주어졌다

$$\text{변압기용량} = \frac{\text{합성최대전력}}{\text{역률}} = \frac{\text{개별최대전력합}}{\text{부등률} \times \text{역률}}$$

$$\text{변압기용량} = \frac{(100 + 140 + 180)}{1.4 \times 0.8} = 375[kVA]$$

전류계는 CT 2차측이므로

$$\begin{aligned} \text{전류계 } \textcircled{A} &= \frac{\text{변압기용량}}{\sqrt{3} \times V_{CT} \text{설치점전압}} \times \frac{1}{CT^{\text{비}}} \\ &= \frac{375}{\sqrt{3} \times 6.6_{[KV]}} \times \frac{5}{75} = 2.186[A] \quad \text{정답: } 2.19[A] \end{aligned}$$

P 112

09 고압 수전설비 - 복선도

(4) ⑩ 번의 주된 목적

⑩ 번 밑에 OCR (과전류 계전기) 가 있으므로

트립코일(TC)

: 과전류 계전기 동작 신호에 의해 차단기를 트립(Trip) 시키기 위한 여자 코일

(6) CT의 2차 전류는 5[A]로서 정격부담은 고압에서 몇 [VA]인가 ?

: 문제 조건에 Z 값이 없으므로 계산상으로 푸는 것이 아닙니다

CT 정격부담이 CT 2차측에 연결되어 있는 계전기 전류계 전력계 역률계

케이블 등의 사용부담에 여유를 적용한 실무값 40[VA] 사용합니다

단순 암기문제입니다

- END

끌인사

많이 부족하고 힘들었던 강의를 끝까지 들어 주셔서 감사합니다.

선생님의 합격과 미래의 행복을 위해 항상 응원하겠습니다

P 54 추가 내용

※ 피뢰 시스템

피뢰 시스템 는 크게 외부 피뢰시스템 과 내부 피뢰시스템

1) 외부 피뢰 시스템

① 수뢰부 시스템

- 종류 ⑧ 돌침 방식 , ⑨ 수평 도체 방식 , ⑩ 메시 도체 방식
배치 방법 ⑪ 보호각법 ⑫ 회전 구체법 ⑬ 메시법

피뢰 시스템 등급	회전 구체 반지름[m]	메시 치수 [m]
I	20	5×5
II	30	10×10
III	45	15×15
IV	60	20×20

※ 피뢰시스템의 등급과 관계가 있는 데이터

- Ⓐ 뇌격파라미터
Ⓑ 회전구체 반지름 및 메시 크기 및 보호각
Ⓒ 인하도선 사이 및 환상도체 사이의 최적거리
Ⓓ 위험한 불꽃방전에 대비한 이격거리
Ⓔ 접지극의 최소거리

② 인하도선 시스템

③ 접지극 시스템

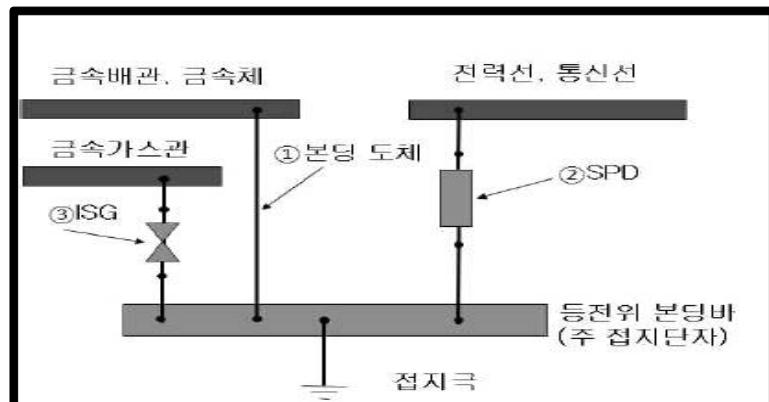
2) 내부 피뢰 시스템

① 등전위 본딩

: 뇌전류에 의한 전위차를 줄이기 위해 직접적인 도전 접속 또는
서지 보호장치(SPD)를 통해 분리된 금속부를 피뢰 시스템에
본딩 하는 것

- Ⓐ : 자연적 구성부재의 본딩으로 전기적 연속성을 확보할수 없는장소
→ 본딩도체로 연결
Ⓑ : 본딩 도체로 직접 접속할수 없는 장소
→ 서지 보호장치 (SPD)

◎ : 본딩 도체로 직접 접속이 허용 되지 않는 장소
 → 절연 방전 갭 (ISG)



피뢰등전위 본딩하는 방법

P 54

1. 피뢰기[LA]

기능 : 이상전압 내습시 뇌전류를 대지로 방전, 속류를 차단한다

역할 : 이상전압으로부터 전력설비 기기를 보호

피뢰기 단로장치(Disconnecter) 기능

: 피뢰기 고장시 피뢰기 접지선을 대지로부터 분리하여 지락사고 등의 고장 확대를 방지한다

피뢰기 측 단로기(DS) 역할

: 피뢰기의 점검 또는 고장시 계통으로부터 분리하여 고장 확대를 방지하기 위한 용도입니다

4. 피뢰기 구조

피뢰기 구성요소 : 직렬캡 및 특성요소

캡レス 피뢰기 특징

- ① 특성요소 사고시 단락사고로 직결된다
- ② 구조가 간단하다
- ③ 소형 경량이다
- ④ 속류가 없어 내구성이 좋다(빈번한 작동에도 잘견딘다)

P 54 개념 확인 문제

피뢰기 설치위치

: 변압기에 가깝게 설치(22.9[kV] 계통은 20[m] 이내)

P 55

5. 피뢰기 구비조건

- ① 상용주파 방전개시전압 높을 것
- ② 제한전압이 낮을 것
- ③ 충격방전 개시전압 낮을 것
- ④ 속류 차단 능력이 클 것

6. 피뢰기 정격전압 $= \alpha \beta V_m$ = 속류를 차단할 수 있는(상용주파)최고의 교류전압

단) α =접지계수, β =여유, 유도, V_m =계통 최고전압

교제 P 59 02번 문제 적용

V_m 는 계통 최고전압 이지만 CB 정격전압과 같다고 기억하면 풀수 있음

7. 피뢰기 설치시 점검사항 3가지 [애, 절, 단]

9. 피뢰기종류 : 캡저항형, 캡레스형, 밸브형, 밸브저항형

* 용어정의

속류 : 방전 전류에 이어서 전원으로부터 공급되는 상용주파수 전류

제한전압 : 피뢰기 방전중 피뢰기 단자간에 남게되는 충격전압

충격방전 개시전압

: 피뢰기 단자간에 충격전압을 인가했을 때 방전을 개시하는 전압

P 56

2. 서지 흡수기[SA]

1. 서지흡수기(Surge Absorber)

: 개폐서지, 순간 과도전압 등의 이상전압 으로부터 2차 기기를 보호 한다.

※ 추가 내용

몰드 변압기 특징

1) 장점

- Ⓐ 난연성 우수 하다
- Ⓑ 단시간 과부하 내량이 크다
- Ⓒ 비 폭발성 이다 (화재 우려가 없다)
- Ⓓ 절연유를 사용하지 않아 유지보수가 용이하다
- Ⓔ 전력손실이 적다

2) 단점

- Ⓐ 옥외 설치 곤란하다 (옥외 사용시 외함에 내장 해야 함)
- Ⓑ 소음대책이 필요하다 (1500[kVA] 초과시)
- Ⓒ 표면 접촉시 감전우려가 있다
- Ⓓ 절연 내력이 약하다 (Surge 에 약하다)

P 58

3. 서지 보호장치[SPD]

: 과도적인 과전압을 제한하고 서지전류를 분류하는 장치입니다

5. 서지 보호 장치 분류

(1) 기능상(기능에 따라) 3가지 분류

- ① 전압 억제형(또는 전압 제한형) SPD
- ② 전압 스위치형 SPD
- ③ 조합형 (또는 복합형) SPD

(2) 구조상 (구조에 따라) 2가지 분류

- ① 1포트 SPD ② 2포트 SPD

P 59

문제 01

(2) 간단하게

속류를 차단할수 있는 최고의 교류전압 (또는 교류 최고전압)

(3)

- ① 충격파 전류가 흐르고 있을 때 피뢰기의 단자전압
또는

- ② 피뢰기 방전중 단자에 남게되는 충격전압

(4)

- ① 피뢰기 단자에 충격파를 인가했을 경우 방전을 개시하는 전압
또는
- ② 피뢰기 단자간에 충격전압을 인가했을 때 방전을 개시하는 전압

P 63

문제 06

피뢰기 구조 명칭

캡형

- ② 직렬캡 (또는 주캡) ④ 병렬저항 (또는 분로저항)

P 64

1. 전력용 콘덴서[SC]

1. 역률개선 원리

: 전력용 콘덴서를 부하와 병렬로 연결하여 진상전류를 흘려줌으로써
지상 무효전력을 감소시켜 역률을 개선 합니다

4. 콘덴서 용량

$$Q_c = P[kW] \times (\tan\theta_1 - \tan\theta_2) = P \times \left(\frac{\sqrt{1-\cos^2\theta_1}}{\cos\theta_1} - \frac{\sqrt{1-\cos^2\theta_2}}{\cos\theta_2} \right)$$
$$= P_a \times \cos\theta_1 \times (\tan\theta_1 - \tan\theta_2) [kVA]$$

P 65

5. 콘덴서 정전용량

$$Q_c^y = 3 \times E \times I_c [VA] \quad \text{단) } I_c = \frac{E}{\frac{1}{\omega c}} = \omega c E$$

$$= 3 \times \omega c E^2 \quad \text{단) } y \text{ 결선} \rightarrow E = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$= 3 \times \omega c \times \left(\frac{V}{\sqrt{3}} \right)^2 [VA]$$

$$Q_c^y = \omega c V^2 \times 10^{-3} [kVA]$$

$$c^y = \frac{Q_c[kVA]}{\omega V^2 \times 10^{-3}} = \frac{Q_c[kVA]}{\omega V^2} \times 10^3 [F] = \frac{Q_c[kVA]}{\omega V^2} \times 10^3 \times 10^6 [\mu F]$$

$$c^y = \frac{Q_c[kVA]}{\omega V^2} \times 10^9 [\mu F]$$

$$Q_c^\Delta = 3 \times E \times I_c [VA] \quad \text{단) } I_c = \frac{E}{\frac{1}{\omega c}} = \omega c E$$

$$= 3 \times \omega c E^2 \quad \text{단) } \Delta \text{ 결선} \rightarrow E = V$$

$$= 3 \times \omega c \times V^2 [VA]$$

$$Q_c^\Delta = 3 \times \omega c V^2 \times 10^{-3} [kVA]$$

$$c^\Delta = \frac{Q_c[kVA]}{3\omega V^2 \times 10^{-3}} = \frac{Q_c[kVA]}{3\omega V^2} \times 10^3 [F] = \frac{Q_c[kVA]}{3\omega V^2} \times 10^3 \times 10^6 [\mu F]$$

$$c^\Delta = \frac{Q_c[kVA]}{3\omega V^2} \times 10^9 [\mu F]$$

P 65 개념 확인 문제

2. 전력용 콘덴서의 정기점검(육안검사) 항목 3가지

- ① 단자의 이완 및 과열유무 점검 → 단자의 이완 및 접속불량 점검
 - ② 용기의 발청 유무점검 → 외함의 녹슬음 및 오손 점검
 - ③ 절연유 누설유무 점검
- 그외
- ④ 외함의 부풀음 점검

3. 콘덴서 설비의 주요사고의 원인 3가지를 예로 들어 설명하시오

- ① 콘덴서 설비의 **모선의 단락** 및 **지락**
- ② 콘덴서 **설비내의 배선 단락**
- ③ 콘덴서 **소체(또는 소자) 파괴** 및 층간 절연파괴

기억 모선의 단락 → 설비내 배선 단락 → 콘덴서 내부 소자 파괴
라는 단계를 이미지를 생각하면서 암기

4. 전동기 자기여자 현상의 발생이유 와 현상

이유 : 콘덴서 전류가 전동기의 무부하 전류보다 큰 경우 발생한다
또는 콘덴서 용량이 전동기 여자 용량보다 클 때 발생한다
(대책: 콘덴서 용량을 전동기 여자용량보다 작게 한다)

5. 선로에 직렬콘덴서 설치하는 목적에 대해 간단히 쓰시오

전압강하 방지 → 장거리 선로의 유도리액턴스를 보상하여 전압강하
경감 시킨다

P 66

2. 직렬리액터[SR]

1. 직렬리액터 역할

- ① 콘덴서 투입시 **돌입전류 저감(또는 억제)**

$$\text{콘덴서 돌입전류} = \text{콘덴서 정격전류} (I_c) \times [1 + \sqrt{\frac{X_c}{X_L}}]$$

- ② 콘덴서 **개방시 과전압 억제**
- ③ 콘덴서 **유입되는 고조파 억제**
- ④ 전압 전류 파형의 왜곡감소 → 제 5고조파 제거하여 **전압파형 개선**

그외

⑤ 고조파에 의한 ~~계~~전기 오동작 방지

P 67

01 전력용 콘덴서 설치장소 2가지

교재 답 정답 범위에 들어갑니다

(전통적으로) 콘덴서 설치장소

- ① 고압 모선에 설치
- ② 고압 모선과 부하에 분산하여 설치
- ③ 부하말단에 분산 설치

P 70

06 역률 개선 효과 - 부하용량의 여유 증가 ①

(2) 역률개선에 따른 유효 전력의 증가분은 몇[kW]인지 계산하시오
단, 증가되는 부하의 역률은 1이다 ← 이 조건이 있어야 함

P 73

$$\begin{aligned} e^{3\phi} &= \sqrt{3} \times I \times (r \cos\theta + x \sin\theta) \\ &= \sqrt{3} \times ([I \cos\theta] \times r + [I \sin\theta] \times x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_r &= V_s - e^{3\phi} \\ &= V_s - \sqrt{3} ([I \cos\theta] \times r + [I \sin\theta] \times x) \end{aligned}$$

기억할 것 3번구간,, (역률 0 진상)부하 일 때 $\sin\theta_3 = -1$, $\cos\theta_3 = 0$ 임

P 73

소문제 2) 또 하나의 송전단 전압 공식

$$\text{송전단 전압 } (V_s) = V_r + \frac{P[W]}{V_r} \times (R + X \sin\theta)$$

P 28

1. 계기용 변압기

: 고전압을 저전압으로 변성하여 계기 및 계전기의 전원으로 사용한다

[참고]

계기 : 전압계 ,주파수계 ,,,, 계전기 : UVR , OVR , OVGR

개념 확인 문제

(만약 1차측 , 2차측을 분리하지 않고 한번에 쓸때 답안)

계기용 변압기 퓨즈 부착하는 이유

: 계기용 변압기 2차 부하의 단락 및 과부하시 또는

계기용 변압기 단락시 퓨즈가 차단되어 사고가 확대 되는 것을 방지 한다

P 29

PT 2차측 접지하는 이유

: 계기용 변압기 절연파괴시 고,저압 혼촉 사고로 인한 2차측 전위상승을

억제하기 위해서입니다.

[참고]

결선방식	장점	단점
Δ-Δ	<ul style="list-style-type: none"> ① 1,2차(사이) 의 전압(전류) 이(가) 동상이다 ② 1상분이 고장 나면 나머지 2대로 V결선 운전 가능하다 ③ 제3고조파 전류가 Δ결선 내부로 순환되어 정현파 전압 유기된다 ④ 상전류가 선전류의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 이 되어 대전류에 적합하다 	<ul style="list-style-type: none"> ① 각상 임피던스가 다르면 (부하가 평형 이어도) 변압기 부하전류는 불평형이 된다 ② 변압비가 다른 변압기를 결선하면 순환전류 흐른다 ③ 중성점을 접지할수 없어 지락사고 검출 어렵다
Y-Y	<ul style="list-style-type: none"> ① 변압비가 서로 틀려도 순환전류 흐르지 않는다 ② 상전압이 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 이 되어 고전압 결선에 적합하다 ③ 중성점 접지할수 있어 이상전압 경감가능 	<ul style="list-style-type: none"> ① 중성점을 접지하면 제3고조파에 의한 통신선 유도장해 발생 ② 제3고조파 전류의 통로가 없어 기전력 파형이 왜형파가 된다
Δ-Y 또는 Y-Δ	<ul style="list-style-type: none"> ① Y측 중성점을 접지하여 이상전압 경감가능 ② Δ결선이 있어 정현파 전압 유기된다 (또는 기전력 파형 왜곡되지 않는다) ③ Y결선의 상전압은 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 이 되어 절연이 용이하다 	<ul style="list-style-type: none"> ① 1,2차 (전압)간에 30° 위상차 생긴다 ② 1상에 고장이 생기면 송전할수 없다
V-V	<ul style="list-style-type: none"> ① 장래의 부하증설이 가능하다 ② Δ-Δ 결선에서 변압기 1대 고장시 2대로 3상 공급가능하다 	<ul style="list-style-type: none"> ① 이용률이 낮다 (86.6[%]) ② 출력이 저하 된다 (57.7[%])

P 31

2. 변류기

: 대전류를 소전류로 변성하여 계기 및 계전기 등에 공급한다

[참고]

계기] : 전류계 , 계전기 : OCRR, OCGR 등

P 32

5. ■ 정격부담 : 변류기의 2차측 단자간에 접속되는 부하의 한도로써 [VA]로 표시한다

- 부담 : 변류기 2차측에 접속하는 외부 부하 임피던스

★ C 200 의미

- : 2차 단자에 (2차)정격전류의 20배 전류 ($I_{2n} \times 20 = 5 \times 20 = 100[A]$)를 흘렸을 때 단자전압이 200[V]라는 의미
- : 단자전압 200[V] = $20 \times I_{2n} \times Z = 20 \times 5 \times Z$ 따라서 $Z=2[\Omega]$
- : 정격부담[VA] = $I_{2n}^2 \times Z = 5^2 \times 2 = 50[VA]$

6. CT 2차측 단락하는 이유 (개방하면 안되는 이유)

간단하게 : CT 2차측 절연보호

길게 : 개방하면 1차측 전류가 모두 여자전류가 되어 과전압이 발생하여
CT 2차측 절연이 파괴된다

P 33

8) 변류기 과전류 강도

* 열적 과전류강도(S): 온도상승에 의한 권선 용단에 견디는 강도

$$\text{열적과전류강도}(S) = \frac{\text{정격과전류강도}(S_n)}{\sqrt{t}} \quad \text{단) } t: \text{통전시간}$$

$$\text{단, 열적과전류 강도}(S) = \frac{\text{단락전류}(I_s)}{\text{정격1차전류}(I_{1n})}$$

정격과전류 강도는 40, 75, 150, 300 있다

※ 기계적 과전류 강도 : 전자력에 의한 권선 변형에 견디는 강도

기계적 과전류강도 = 열적과전류 강도의 2.5배

또는

$$\text{기계적 과전류강도} = \frac{\text{정격과전류강도}(S_n)}{\sqrt{t}} \times 2.5$$

[추가문제]

수용지점에서이 3상 단락전류가 8[kA]인 계통에서 차단기 동작시간이 0.2초, CT비 50/5 일 때 변류기의 정격과전류 강도는 얼마인가?

풀이

차단기 동작시간이 0.2초 일 때 정격과전류 강도(S_n) 의선정

$$S_n = S \times \sqrt{t} = \frac{I_s}{I_{1n}} \times \sqrt{t} = \frac{8000}{50} \times \sqrt{0.2} = 71.554 [\text{배}]$$

따라서 표준 정격 과전류 강도는 40,75,150,300 이므로

75배의 정격과전류 강도 변류기를 선정한다

정답 : 75[배]

[보충설명] 정격과전류 강도(S_n) 75배 선정시 열적과전류는

$$\text{열적과전류} = \frac{S_n}{\sqrt{t}} \times I_{1n} = \frac{75}{\sqrt{0.2}} \times 50 = 8385.254 [A]$$

이므로 8000[A] 고장전류를 견딜 수 있다

P 35

개념확인문제

교차 접속이고 전류계 지시값이 5[A]이므로

$$\begin{aligned}I_1 &= i_2 \times CT비 \\&= \frac{\textcircled{A}}{\sqrt{3}} \times CT비 \\&= \frac{5}{\sqrt{3}} \times \frac{100}{5} = 57.735[A]\end{aligned}\quad \text{정답 } 57.74[A]$$

P 37

3. 전력수급용 계기용 변성기

: 고전압, 대전류를 변압 변류하여 전력량계에 공급하는 장치

P 39

4. 영상변류기(ZCT)

: 비접지 계통에서 지락사고시 영상전류를 검출하여 지락계전기
(또는 선택지락계전기)를 동작시키는 역할을 한다

동작원리

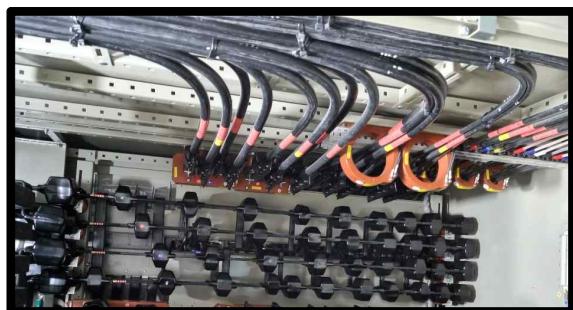
정상시 : 각상의 자속이 평형이 되어 2차 전류가 흐르지 않는다

지락발생시 : 각상의 전류가 불평형($I_a + I_b + I_c + I_g = 3I_0$)이 되어

철심에 자속이 발생되어 2차측에 전류가 흐른다.

영상변류기 정격

영상 1차전류 / 영상 2차전류 = 200 / 1.5 [mA]



영상전류 검출방법

- ① CT Y결선 잔류회로 이용
- ② 3권선 CT 이용
- ③ 영상 변류기 이용

P 41

5. 접지형 계기용 변압기 (GPT)

: 비접지 계통에서 **지락사고시** 영상전압을 검출한다

1. 종류

1) 3상 GPT

- ① 1차 : Y 결선 → 중성점 접지
- ② 2차 : Y 결선 → 중성점 접지
- ③ 3차 : open delta → 한 단자 접지, 영상전압 검출

2) 단상 GPT × 3대

- ① 1차 : Y 결선 → 중성점 접지
- ② 2차 : open delta → 한 단자 접지, 영상전압 검출

4. 한류 저항기(CLR)

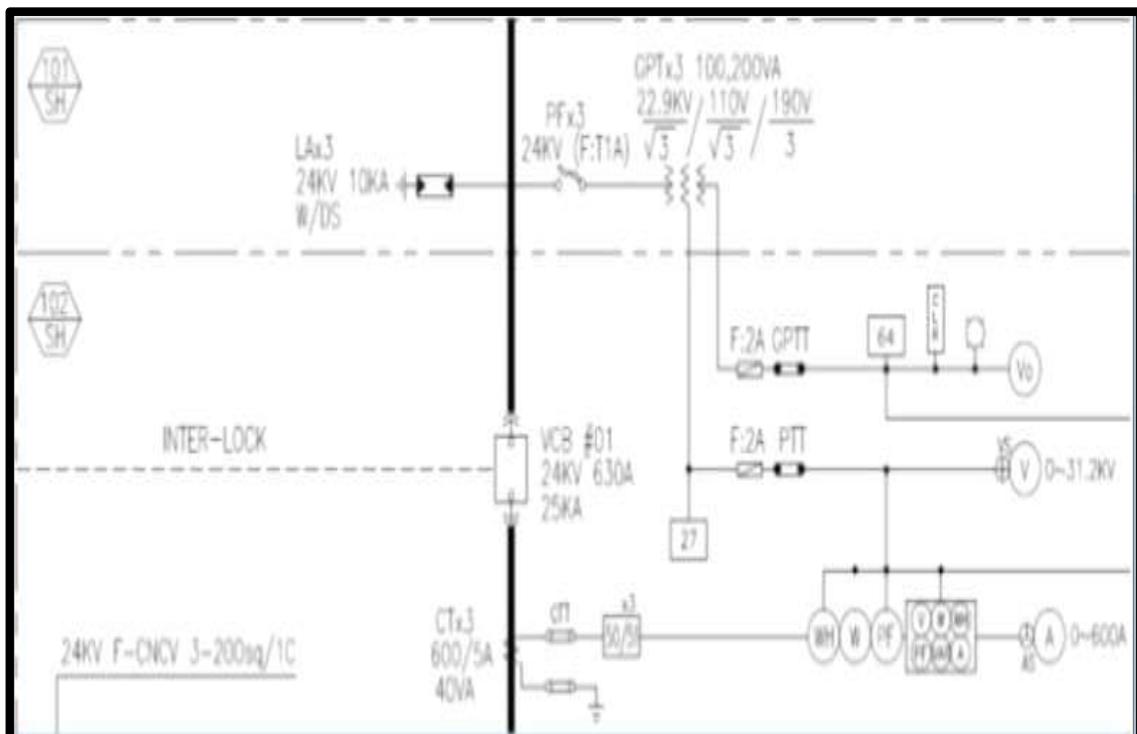
- ① 계전기 동작에 필요한 유효분 전류 공급
- ② 제 3고조파 억제
- ③ 중성점 불안정 현상 방지

한류 저항기 (Current Limit Resistor (CLR))



한류 저항기는 선택 및 병행 저류 계전기(SGR, DGR)를 동작시키는데 필요한 유효전류를 발생시키고 오픈델타 결선 회로의 각 상 전압 중에 제3고조파 전압의 발생을 방지하며, 중성점 불안정 현상 등의 이상현상을 제어하는데 필요합니다.

The CLR makes the SGR and DGR operate by the current and it restrains the 3rd harmonic voltage in phase to phase voltage of open delta circuit, it needs to restrain the abnormal reposition of neutral point and unstable phenomena at neutral,



P 42

개념 확인 문제

(1) 지락 보호에 사용하는 변성기 및 계전기

① 변성기 : 접지형 계기용 변압기 또는 영상변류기

② 계전기 : 선택지락계전기 또는 지락 과전압 계전기

P 45

소문제 2번

$$\text{수전전력} = 1\text{차전력}(P_1) = \sqrt{3} \times V_1 \times I_1 \times \cos\theta \quad [W]$$

$$= 2\text{차전력}(P_2) \times \text{승률} \quad [W]$$

P 52

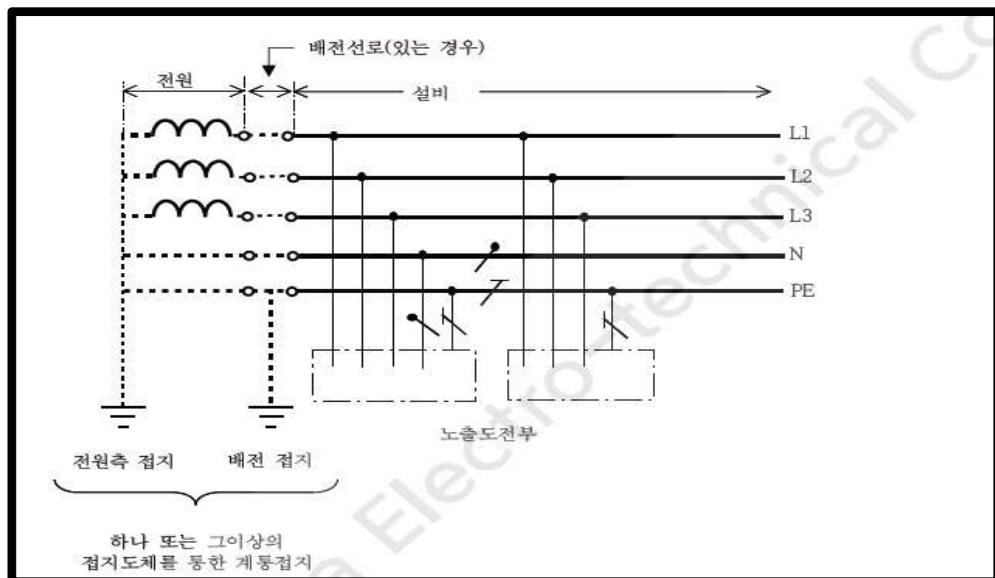
소문제 2번 참고내용

VL-20/25 (중용량)								
구분	VL-20, 25 □ 13 □ 06/13			VL-20, 25 □ 16 □ 06/13			VL-20, 25 □ 25 □ 06/13/20/25	
정격전압	Ur (kV)					24/25.8		
정격전류	Ir (A)	630	1250	630	1250	630	1250	2000
정격주파수	fr (Hz)					50/60		
정격치단전류	Isc (kA)	12.5		16			25	
정격단시간내전류	Ik/tk (kA/s)	12.5/3 <small>주2)</small>		16/3 <small>주2)</small>			25/3 <small>주2)</small>	
정격치단용량	MVA	520/560		665/715			1040/1120	
정격투입전류	Ip (kA)			2.5 × Isc (50Hz)/2.6 × Isc (60Hz)				
정격차단시간	(cycle)			3				
내전압	상용주파 (1 min)	Ud (kV)			50/60			
	뇌임펄스 (1.2 × 50μs)	Up (kV)		125				

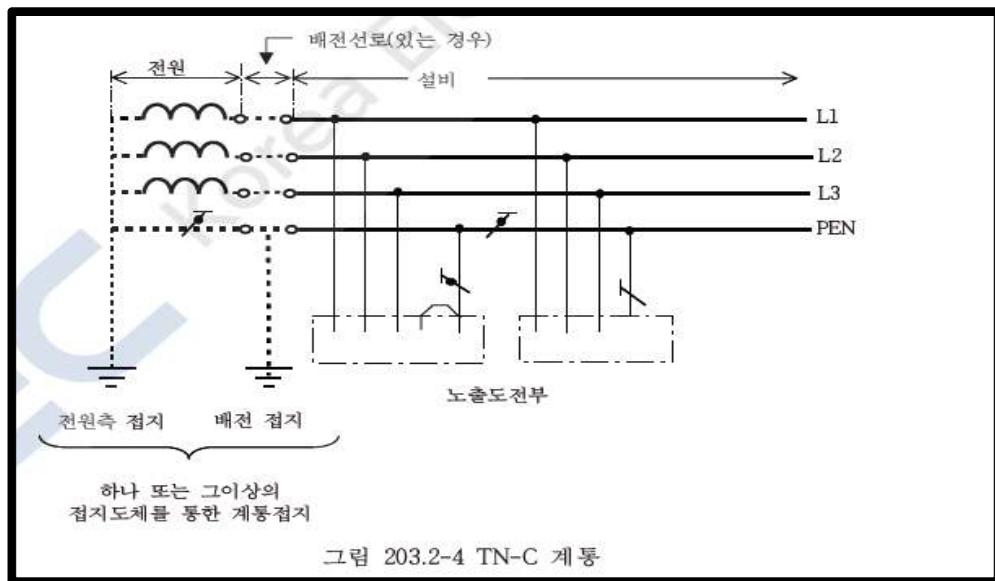


7. 차단기

부하전류 개폐 및 과부하, 단락사고, 지락사고 등 고장전류를 차단하기 위한 장치



TN-S



TN-C

3.

- AF(암페어 프레임) : **최대 정격전류**로 차단기의 제품크기를 결정한다
AT(암페어 트립) : **과전류 트립의 기준치**로 정격사용전류를 말한다



	TS250	TS400	TS630	TS800
AF	250	400	630	800
AT	125, 160, 200, 250	300, 400	500, 630	700, 800

MCCB AF/AT



차단기

프레임		AH-D			
형명		AH-06D	AH-08D	AH-10D	AH-13D
프레임 크기	(AF)	630	800	1000	1250
정격전류 (In max) (KEP EED 1200, ANSI 40°C 기준 37-13)	IEC 60947-2 (A)	200, 400, 630	200, 400, 630, 800	630, 800, 1000	630, 800, 1000, 1250

ACB AF/AT

과전류차단기로 저압전로에 사용하는 산업용 배선차단기(「전기용품 및 생활용품 안전관리법」에서 규정하는 것을 제외한다)는 표 212.3-2에 주택용 배선차단기는 표 212.3-3 및 표 212.3-4에 적합한 것이어야 한다. 다만, 일반인이 접촉할 우려가 있는 장소(세대내 분전반 및 이와 유사한 장소)에는 주택용 배선차단기를 시설하여야 한다.

표 212.3-2 과전류트립 동작시간 및 특성(산업용 배선차단기)

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수 (모든 극에 통전)	
		부동작 전류	동작 전류
63 A 이하	60분	1.05배	1.3배
63 A 초과	120분	1.05배	1.3배

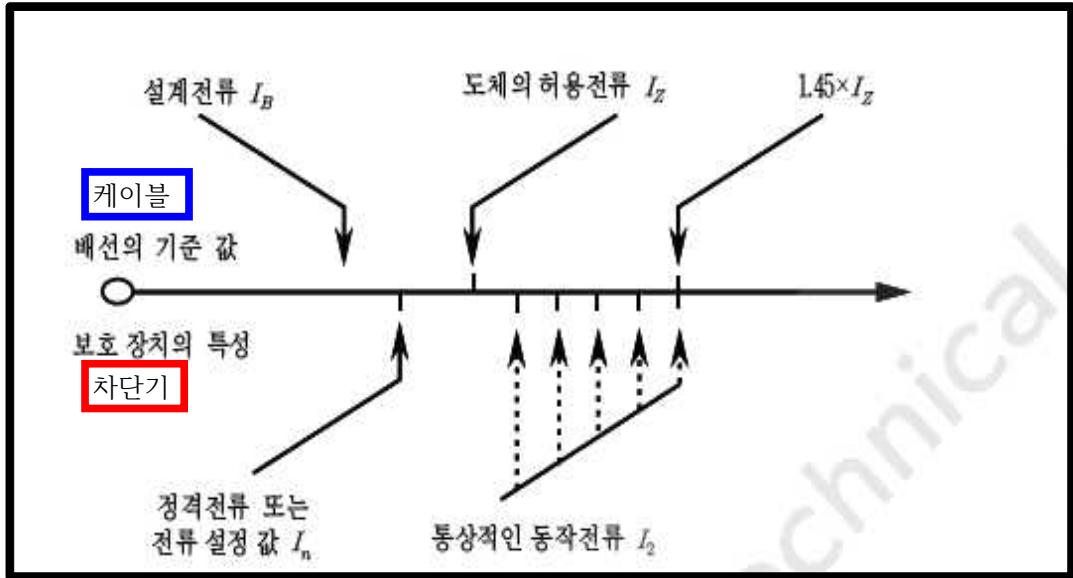
표 212.3-3 순시트립에 따른 구분(주택용 배선차단기)

형	순시트립범위
B	$3I_n$ 초과 ~ $5I_n$ 이하
C	$5I_n$ 초과 ~ $10I_n$ 이하
D	$10I_n$ 초과 ~ $20I_n$ 이하

비고 1. B, C, D: 순시트립전류에 따른 차단기 분류
2. I_n : 차단기 정격전류

표 212.3-4 과전류트립 동작시간 및 특성(주택용 배선차단기)

정격전류의 구분	시 간	정격전류의 배수 (모든 극에 통전)	
		부동작 전류	동작 전류
63 A 이하	60분	1.13배	1.45배
63 A 초과	120분	1.13배	1.45배



P 17

4. 고압이상 차단기

OCB : 아크에 의한 **절연유** 분해가스의 흡부력을 이용하여 차단(소호)한다.

ABB : **압축된 공기**를 아크에 불어 넣어서 차단(소호) 한다.

GCB : **SF_6 가스**의 열화학적 특성과 전기적 부특성을 이용하여 차단(소호)한다.

VCB :(고)진공중의 높은 절연내력 과 아크의 확산을 이용하여 차단(소호)한다.

MBB :아크와 자계사이의 **전자력**을 이용하여 아크를 (소호실 내로 유도해서) 차단한다.

공칭전압 [kV]	6.6	22.9	66	154	345	765
정격전압 [kV]	7.2	25.8	72.5	170	362	800
정격차단시간 Cycle	5	5	5	3	3	2

차단기 정격전압 및 정격 차단시간

차단기 사용전압

OCB 3.6 ~ 300 [kV]

VCB 3.6 ~ 36 [kV]

MBB 3.6 ~ 12 [kV]

ABB 12 ~ 36 [kV]

GCB 24 ~ 550 [KV]

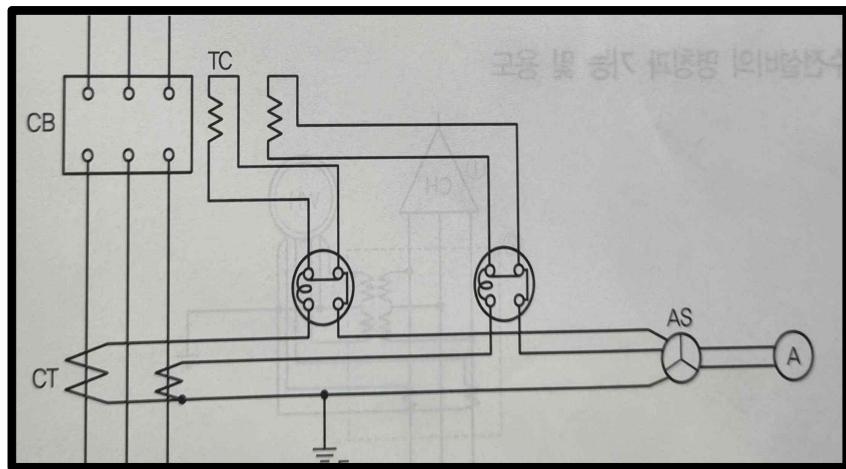
6. 동작책무 : 규정된 회로 조건하에서 투입, 차단을 일정간격을 두고 행하는 일련의 동작

정격 단시간 전류 : 규정시간 동안 열적, 기계적으로 이상이 발생하지 않는 전류의 한도 (예 15 kA/s)

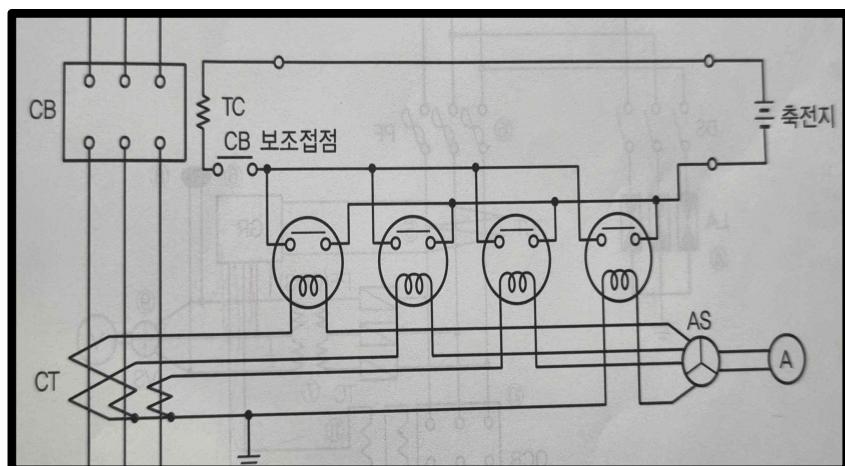
P 18

8. 차단기 트립방식

- ① **직류전압** 트립 방식 : **직류전원의 에너지**에 의해(차단기) 트립되는 방식
- ② **콘덴서** 트립(CTD) 방식 : **충전된 콘덴서 에너지**에 의해 트립되는 방식
- ③ **과전류** 트립 방식 : **변류기 2차전류에** 의해 트립되는 방식
- ④ **부족전압** 트립 방식 : **전압의 저하에** 의해 트립되는 방식



과전류 트립 방식 또는 상시 폐로 트립 방식



직류전압 트립방식 또는 상시개로 트립방식

2) 차단기 차단용량

① 최상의 방법

$$\text{차단용량} = \sqrt{3} \times \text{정격전압} [kV] \times \text{정격차단전류} (= \text{단락전류}) [kA] = [MVA]$$

② 차선책

$$\text{차단용량} \geq \text{단락용량} = \frac{100}{\%Z} \times P_n (\text{정격용량 또는 기준용량})$$

단락전류 억제 대책

고압에서의 대책 : 계통을 분리한다 , 계통전압을 승압한다

저압에서의 대책 : 한류 리액터 설치

계통 연계기(고장전류 제한기) 설치

고임피던스 기기를 채택한다.

가스 차단기 특징

- ① 인체에 무해, 무독, 무색, 무취
- ② 근거리고장 및 재기전압에 대해서도 (차단)성능이 우수하다
- ③ 밀폐구조 이므로 저소음이다
- ④ 절연내력이 공기의 2~3배, 소호능력은 공기의 100~200배 이다
만약 위 숫자가 기억 안나면
절연내력과 소호능력이 우수하다

진공차단기 특징

- ① 소형이며 경량이다
- ② 화재 위험이 없다
- ③ 폭발음이 없다 (저소음 차단기이다)
- ④ 개폐서지 전압이 높다
- ⑤ 차단시간이 짧고 차단성능이 주파수의 영향을 받지 않는다



GIS

GIS : 금속용기 내에 SF_6 가스를 충전 밀폐한 고신뢰 변전 SYSTEM을

GIS (즉 가스 절연 개폐장치 라고 한다)

[참고] : 금속용기 내에는 모선, 차단기, 단로기, 변류기, 피뢰기 등이 있다.

GIS 특징

- ① 설치면적 소형화 가능
- ② 충전부 밀폐로 안정성 향상
- ③ 밀폐구조 이므로 소음이 적어 친환경 이다
- ④ 설치가 간단하여 공기(공사 기간)를 단축 한다

그 외 보수가 거의 필요 없다 , 사고 확대가 방지되어 신뢰성 높다

P 20

문제 01

- 1) 접지순서: 접지용구의 접지측 금구를 대지에 먼저 연결한후
선로측 금구를 선로에 연결한다.

접지개소 : 선로측 A , 부하측 B 양쪽(측)에 접지한다.

212.2.3 중성선의 차단 및 재폐로

중성선을 차단 및 재폐로하는 회로의 경우에 설치하는 개폐기 및 차단기는 차단 시에는 중성선이 선도체보다 늦게 차단되어야 하며, 재폐로 시에는 선도체와 동시에 또는 그 이전에 재폐로 되는 것을 설치하여야 한다.

중성선이 선도체보다 늦게 투입되는 경우에는 회로조건에 따라 중성점의 전위가 이동하여 일부 부하에 과전압 및 과전류로 인하여 절연손상 및 열적손상이 발생할 수 있다. 따라서 이러한 피해를 방지하기 위하여 중성선은 정전작업 이외에는 계통에서 분리되지 않도록 하여야 한다. 중성선을 회로에서 차단(개로)할 필요가 있는 경우에는 중성선이 선도체보다 늦게 차단되어야 하며, 회로 투입(재폐로)시에는 중성선이 선도체보다 동시에 또는 먼저 투입되도록 하여야 한다.

P 21

문제 02

- 5) 모선 점검시에도 송전선로를 무정전으로 전원을 공급할수 있어 공급 신뢰도가 좋다.

P 22

문제 04

만약 문제 지문이

상용전원과 예비전원 사이에는 병렬운전을 하지 않는 것이 원칙이므로 수전용 차단기와 발전용 차단기 사이에는 전기적 또는 기계적 (①) 을 시설해야 하며 적절한 연동기능을 갖춘 (②)를 사용해야 한다

정답: ① 인터록 ② 자동절환 개폐장치

3. 비상용 예비전원에서 발생하는 가스, 연기 또는 증기가 사람이 있는 장소로 침투하지 않도록 확실하고 충분히 환기하여야 한다.
4. 비상용 예비전원은 비상용 예비전원의 유효성이 손상되지 않는 경우에만 비상용 예비전원설비 이외의 목적으로 사용할 수 있다. 비상용 예비전원설비는 다른 용도의 회로에 일어나는 고장 시 어떠한 비상용 예비전원설비 회로도 차단되지 않도록 하여야 한다.
5. 비상용 예비전원으로 전기사업자의 배전망과 수용가의 독립된 전원을 병렬운전이 가능하도록 시설하는 경우, 독립운전 또는 병렬운전 시 단락보호 및 고장보호가 확보되어야 한다. 이 경우, 병렬운전에 관한 전기사업자의 동의를 받아야 하며 전원의 중성점간 접속에 의한 순환전류와 제3고조파의 영향을 제한하여야 한다.
6. 상용전원의 정전으로 비상용전원이 대체되는 경우에는 상용전원과 병렬운전이 되지 않도록 다음 중 하나 또는 그 이상의 조합으로 격리조치를 하여야 한다.
 - 가. 조작기구 또는 절환 개폐장치의 제어회로 사이의 전기적, 기계적 또는 전기기계적 연동
 - 나. 단일 이동식 열쇠를 갖춘 잠금 계통
 - 다. 차단-중립-투입의 3단계 절환 개폐장치
 - 라. 적절한 연동기능을 갖춘 자동 절환 개폐장치**
 - 마. 동등한 동작을 보장하는 기타 수단

P 23

문제 05

KEC 규정 용어

① 과부하 전류

: 전기적인 고장없이 회로에 발생할수 있지만 지속시간이 길어지면 회로에 열적손상이 가해지므로 자동차단해야 하는 전류

② 단락전류

: 정상운전 상태에서 전위차가 있는 충전된 도체 사이에 임피던스가 0인 고장으로 발생한 과전류로 즉시 차단해야 하는 전류

문제 07

1) 단락전류 적용 요소 3가지

- ① 기기에 가해지는 전자력 추정
- ② 차단기 용량선정
- ③ 보호 계전기 정정

2) 공급측 전원의 단락용량

전기산업기사 2020년 08월 23일 기출문제

21. 수전용 변전설비의 1차측에 설치하는 차단기의 용량은 어느 것에 의하여 정하는가?

- ① 수전전력과 부하율
- ② 수전계약용량
- ③ 공급측 전원의 단락용량
- ④ 부하설비용량

3

30. 수전용 변전설비의 1차측 차단기의 용량은 주로 어느 것에
의하여 정해지는가?

- 가. 수전 계약 용량
- 나. 부하 설비의 용량
- 다. 공급측 전원의 단락 용량
- 라. 수전전력의 역률과 부하율

2012년 3회 전기기사

P 25

2) 만약

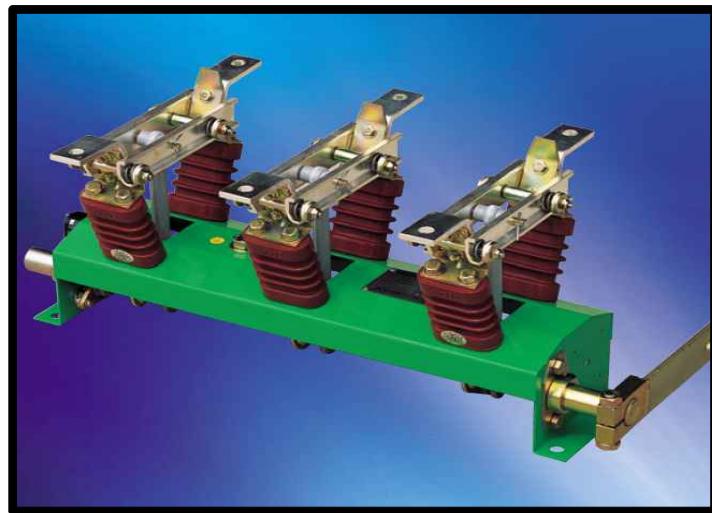
지문이 (그냥) 정격차단용량 구하라

$$\text{차단용량} = \sqrt{3} \times V_{\text{정격}} [kV] \times I_{\text{정격차단=단락}} [kA] = [MVA]$$

$$= \sqrt{3} \times 7.2 [kV] \times 7000 [A] \times 10^{-3} = 87.295 [MVA]$$

정답 : 표에 의해서 100 [MVA] 선정

1. 단로기[DS]



인용 : 세광 전기 - DS (단로기)

기능 : 무부하시 전로(또는 선로)를 개폐 합니다.

※ 전로 : 사용상태에서 전기가 통하고 있는곳

역할 : 보수 점검용 또는 회로 접속 변경 하거나 끊는 목적으로 사용합니다.

선로 개폐기(LS)

무부하 전로 개폐용(66[KV] 이상) ,부하전류 개폐할수 없음

→ DS 와의 차이점 LS는 66[KV]이상 사용

$$3. \text{ 단로기 정격전압 } (= \text{공정전압} \times \frac{1.2}{1.1})$$

공정전압 구분	6.6[KV]	22[KV]	22.9[KV]	66[KV]	154[KV]
차단기 정격전압 단로기 정격전압	7.2[KV]	24[KV]	25.8[KV]	72.5[KV]	170[KV]
피뢰기 정격전압	7.5[KV]	24[KV]	21[KV](변전소), 18[KV](배전선로)	72[KV]	144[KV]

참고

- ※ **공칭전압** : 전선로를 대표하는 선간전압
- ※ **최고전압** : 최고의 선간전압으로써 1선지락고장 염해대책
코로나현상 정전유도 등을 고려할 때 표준이 되는전압

개념 확인 문제

1) 차단기 와 단로기의 차이점을 설명 하시오

→ **단로기는** (아크) **소호 장치가 없고, 무부하시 전로만 개폐 가능하고**
보수 점검용 목적이고

차단기는 (아크) **소호 장치가 있고 부하전류 개폐 및 고장전류를 차단**
할수 있는 회로 보호용 목적으로 사용 합니다

P 7

4. 단로기 정격전류

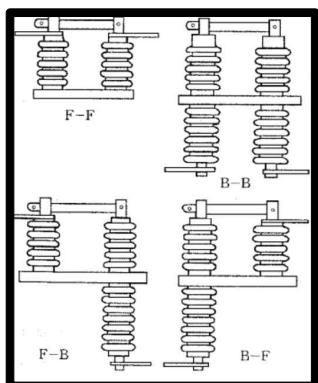
단로기 정격전류는 따로 외우는 게 아니고 문제조건에 표로 주어지므로 DS 의 정격전압을 확인하고 정격전압에 해당되는 여러 정격전류 중에서 문제에서의 1차측 전류 값 직상위 값을 선택하면 됩니다

5. 단로기 개폐능력

$$\text{충전전류 } (I_c) = \omega CE(\text{상전압}) = 2\pi f \times C[F] \times \frac{V(\text{선간전압})}{\sqrt{3}} [A]$$

6. 추가 내용

단로기 접속방식 [F: 표면 , B: 이면]



예) B-F 일경우: 이면 표면 접속형

P 7

개념 확인 문제

1) 단로기 정격전류 선정하고 충전전류 계산하시오

① 단로기 위치는 변압기 1차측에 있습니다. 따라서 2대의 변압기용량의 합 ($5000[kVA] + 5000[kVA] = 10000[kVA]$)을 대입하여 3상의 전류

$$\text{공식 } I = \frac{\text{변압기 용량}[kVA]}{\sqrt{3} \times V_{DS\text{설치점 전압}[kV]}}$$

교재 풀이처럼 262.431[A] 가 나오고 교재 위에 있는

단로기 정격전류 표 중에서

24[KV] (\because 공칭전압 22[kV]의 정격전압은 24[kV])의 단로기 정격전류 600, 1200, 2000, 3000 [A] 4가지 중에서 600[A]를 선정하면 됨

② 충전전류 계산시 주의할점은

$I_c = \omega CE$ 에서 E 는 상전압이고 문제의 22000[V]는 선간전압

$$\text{이므로 } E = \frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{22000}{\sqrt{3}} [V] \text{ 를 적용해야 한다}$$

물론 정전용량 C[F] 의 단위변환도 주의 해야 한다.

P 9

2. 부하개폐기[LBS]

LBS에 대해 설명하시오

: 수변전 설비 인입구 개폐기로 부하전류를 개폐 할수 있으나
고장(또는 사고) 전류를 차단 할수 없어 전력퓨즈를 직렬로 접속하여
사용한다

[전력퓨즈 용단시 3상을 동시에 개방하여 결상사고를 방지 할수 있다]

P 10

3. 자동 고장 구분개폐기 (또는 고장구간 자동개폐기) [ASS]

1. ASS 기능

: (과부하 또는 고장전류 발생시) 고장구간을 자동으로 개방하여
고장이 계통에 파급되는 것을 방지



ASS 명판



ASS 명판

3. 자동 고장 구분개폐기 기능 3가지

① 과부하 보호 기능

: 800[A] 미만의 과부하 및 고장전류는 자동 개방되어 과부하 보호 기능을 가지고 있다

② 과전류 Lock 기능 (최대 과전류 Lock 전류값 : 880 [A])

: 고장전류 900[A] 이상시 개폐기를 보호하기 위하여
[전류가 Lock 전류 (880[A]) 이상인 경우] 개폐기는 LOCK 이 되며
변전소 CB 나 R/C 동작시 무전압 상태가 되면 개폐기[ASS]가
개방되어 고장구간을 자동으로 분리하는 기능

- ③ 돌입전류에 의한 오동작 방지기능 → 돌입전류 억제 기능
: 배전선로 재 투입시 발생하는 돌입전류에 오동작 하지 않도록
하는 기능

개념 확인문제

1) AISS 명칭을 쓰고 기능을 2가지 쓰시오

① 명칭

: **기중형 자동고장 구분개폐기** (또는 **기중형 고장구간 자동개폐기**)

② 기능

Ⓐ (과부하 또는 고장전류 발생시) **고장구간을 자동으로 분리**하여
고장이 계통에 파급되는 것을 방지

Ⓑ 과부하 및 고장전류 검출

참고

교재 답

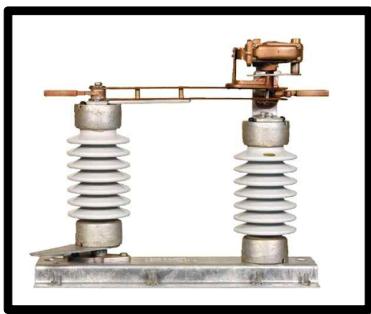
Ⓑ 전부하 상태에서 자동으로 개방하여 과부하 보호

저의 짧은 소견이지만 전부하 상태라는 것은 부하가 100[%]
걸린 상태 , 이때의 전류는 정격전류라고 합니다
정격 전류 상태를 과부하 보호 라고 하는지
제 기준에서는 조건이 부족하다고 생각됩니다

개념 확인문제

ASS[자동고장 구분개폐기 또는 고장구간 자동개폐기] 와

IS[기중 부하개폐기] 차이점을 비교 설명하시오



인용 중원전기 - IS

용량 차이는 문제 내용에 있으므로 사용할수 없습니다

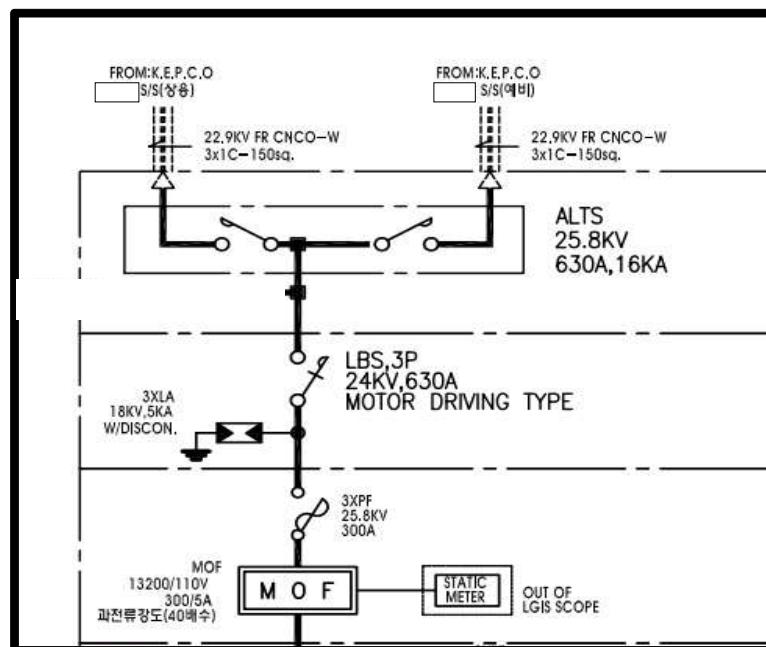
ASS 및 IS 둘다 부하전류 개폐가 가능하므로 차이점이 될수 없습니다

ASS 는 (800[A] 미만의) 과부하 및 고장전류를 검출하여 자동으로
개방하여 고장구간을 분리할수 있고 돌입전류 억제 기능이
있다

IS 는 수동 조작만 가능하고 고장전류를 차단할수 없으며 돌입전류 억제
기능이 없다

4. 자동부하 전환개폐기[ALTS]

1. ALTS : 특고압측에 설치



ALTS 자동부하 전환 개폐기

ALTS : 수용가에 이중전원을 확보하여 주전원 정전시 또는 기준전압 이하로
떨어진 경우 예비전원으로 자동 전환 하는 장치



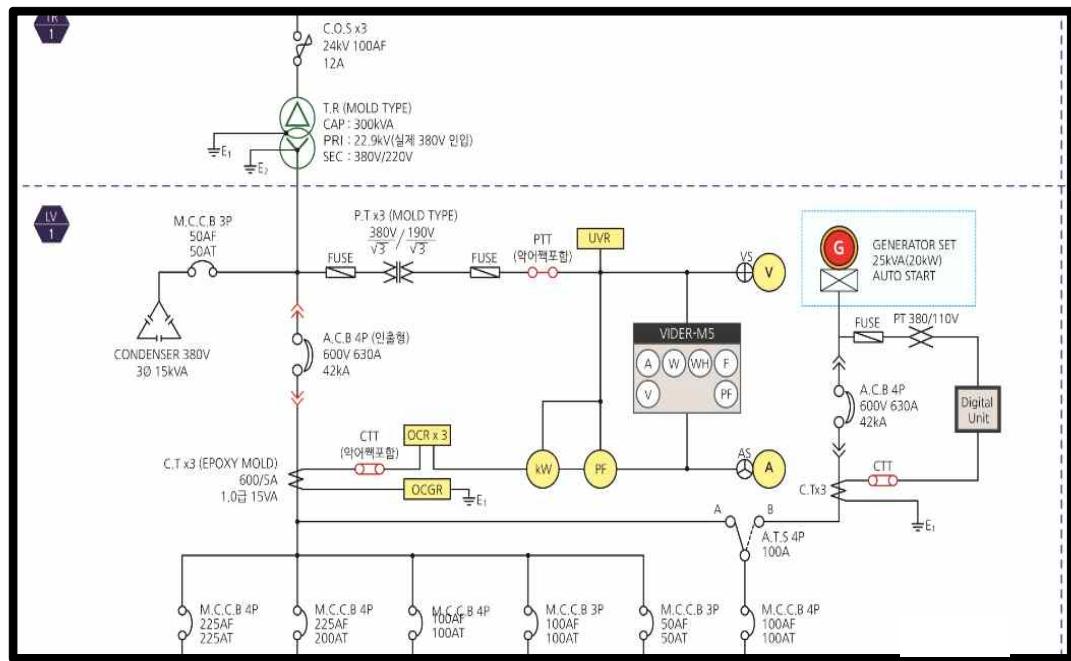
인용 비츠로 테크

KEC 에서는 자동절환 개폐기 (ATS)

ATS : 상용전원 과 비상(예비)전원 사이에 설치하여 (상용전원) 정전시 절체 하여 발전기 전원으로 넘기는 장치

비상용 예비전원을 전기사업자의 배전망과 병렬운전 하고자 하는 경우에는 전기사업자의 동의를 받아야 하며, 전기사업자가 요구하는 규정에 따라야 한다. 또한, 전기사업자의 전력계통과 비상용 예비전원(분산전원)의 접지계통과 중성점간의 접속에 의한 순환전류가 발생하는 경우 보호계전기 오동작, 전력량계의 오차 발생, 제3고조파 순환전류에 의한 중성선의 과열 등의 문제점이 발생할 수 있어 대책을 마련해야 한다.

상용전원의 정전으로 비상전원을 공급하는 경우에는 비상용전원과 상용전원이 병렬운전되지 않도록 전기적, 기계적으로 분리되어야 한다. 일반적으로 비상용 전원을 공급하기 위한 개폐장치로는 자동절환개폐기(ATS: Automatic Transfer Switch)가 주로 적용되며, 폐쇄형 절환절체 개폐장치(CTTS: Closed Transition Transfer Switch)는 비상전원과 상용전원을 무정전으로 절환하기 위한 동기검출 기능을 내장하고 있다.



P 13

5. 전력퓨즈

1. 전력퓨즈 역할

- ① 부하 전류는 안전하게 통전한다
- ② 어떤 일정값 이상의 과전류를 차단하여 전로나 기기를 보호한다.

3. 전력퓨즈 특징

장점	단점
가격이 저렴	재투입이 불가능하다
소형 경량이다	과도전류에 용단될수 있다
릴레이이나 변성기가 필요없다	동작시간-전류특성을 조정할수 없다
한류형 퓨즈는 차단시 무소음이다	한류형 퓨즈는 차단시 과전압 발생한다
소형이면서 차단용량이 크다	비 보호영역이 있다
보수가 간단하다	
고속도 차단이 가능하다	

P 13

개념 확인 문제

1) 전력퓨즈 구입(구매) 시 고려사항

- ① 정격전압
- ② 정격전류
- ③ 정격차단용량
- ④ 사용장소
- ⑤ 최소 차단전류
- ⑥ 전류-시간 특성
- ⑦ 정격차단전류

2) 전력퓨즈 선정시 고려사항

- ① 전동기 기동전류에 동작하지 말것
- ② 변압기 여자 돌입전류에 동작하지 말 것
- ③ 타 보호기기와 협조할 것
- ④ 과부하 전류에 동작하지 말 것

P 14

4. 전력퓨즈 종류 및 특징

	한류형 PF	비한류형 PF
장점	① 한류 효과가 크다	① 과전압이 발생하지 않는다
	② 차단용량이 크다	② 녹으면 반드시 차단한다 (= 과부하 보호 가능하다)
단점	① 최소 차단전류가 있다 (=소전류 차단이 곤란하다)	① 한류효과가 작다
	② 과전압이 발생한다	② 차단용량이 작다 ③ 차단시 소음이 크다

5. 전력퓨즈 특성 3가지 : 단시간 허용특성 , 용단 특성 , 전차단 특성

그 외

7. 전력퓨즈 단점 보완 대책

- ① 결상 계전기 사용
- ② 사용목적에 적합한 전용 퓨즈 사용
- ③ 계통의 절연강도를 전력퓨즈 과전압 보다 높게 한다

8. 퓨즈 정격

계통전압[kV]	퓨즈 정격	
	퓨즈 정격전압[kV]	최대 설계전압[kV]
6.6	7.5	8.25
13.2	15	15.5
22 또는 22.9	23	25.8
66	69	72.5
154	161	169

9. PF, COS 용량 설정

① 변압기 1차측 설치시 : 정격전류(전부하전류) × 1.5배

② Main 설치시 (MOF 1차 설치시) : 정격전류(전부하전류) × 2배

㉠ COS 정격

..... 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 80, 100[A]

㉡ PF 정격

..... 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 125 400[A]

P 15

6 컷아웃 스위치

1. COS 역할

COS를

PT에 설치시 : 계기용 변압기(PT) 및 부하측 고장시 (COS가 차단되어)
고압 회로로부터 분리되어 사고 확대를 방지한다

TR에 설치시 : 변압기의 과전류에 의한 보호와 선로의 개폐를 위해 사용된다



COS



PF

2. 수전설비 시스템

2.1 설계방법

- 2.1.1 수전전압과 수전설비 시스템을 선정한다.
- 2.1.2 지중 배전선로에서 전기를 수전하는 경우는 건축물 구내에 한국전력공사의 개폐기장치 설치공간과 변전실까지의 경로에 맨홀을 설치한다.
- 2.1.3 개폐장치 설치 공간은 원칙적으로 수용 건축물 부지내의 옥외로 하며 부득이한 경우는 옥내로 한다.
- 2.1.4 지중수전시 전선로 구성을 위한 공사방법은 전선관(합성수지관, 흄관 등)을 사용한 관로식으로 설계한다.

2.2 수전전압

- 2.2.1 수전전압을 제한하는 요소는 전기사업자의 공급전압으로서 다음 표를 참조하여 결정한다.

계약전력(kW)	공급방식 및 공급전압(V)
1000 미만	교류단상 220 또는 교류삼상 380
1,000 이상 10,000 이하	교류삼상 22,900
10,000 초과 400,000 이하	교류삼상 154,000
400,000 초과	교류삼상 345,000 이상

- 주 : 1) 전기공급방식 및 전압은 1개 전기 사용장소 내의 계약전력 합계를 기준 함
 2) 신설 또는 증설 후 계약전력이 40,000 kW 이하의 경우, 한전변전소의 공급여력과 전력계통의 기술적 문제가 없는 경우에는 22,900 V로 공급 가능
 3) 고압 이상의 전압으로 공급받아야 하는 아파트의 경우, 저압 공급을 희망하고 개폐기·변압기 등 한전의 공급설비 설치장소를 무상으로 제공할 경우에는 전기공급약관 세칙에서 정하는 바에 따라 저압으로 공급 가능
 4) 연면적이 500 m² 이상인 건축물의 대지에는 한전의 전기설비를 제공할 수 있는 공간 확보 및 제공하여야 함

수전전압	전력수전용량	확보 크기(m)
특고압 · 고압	100 kW 이상	2,8 × 2,8
저 압	75 kW 이상 150 kW 미만	2,5 × 2,8
	150 kW 이상 200 kW 미만	2,8 × 2,8
	200 kW 이상 300 kW 미만	2,8 × 4,6
	300 kW 이상	2,8 이상 × 4,6 이상

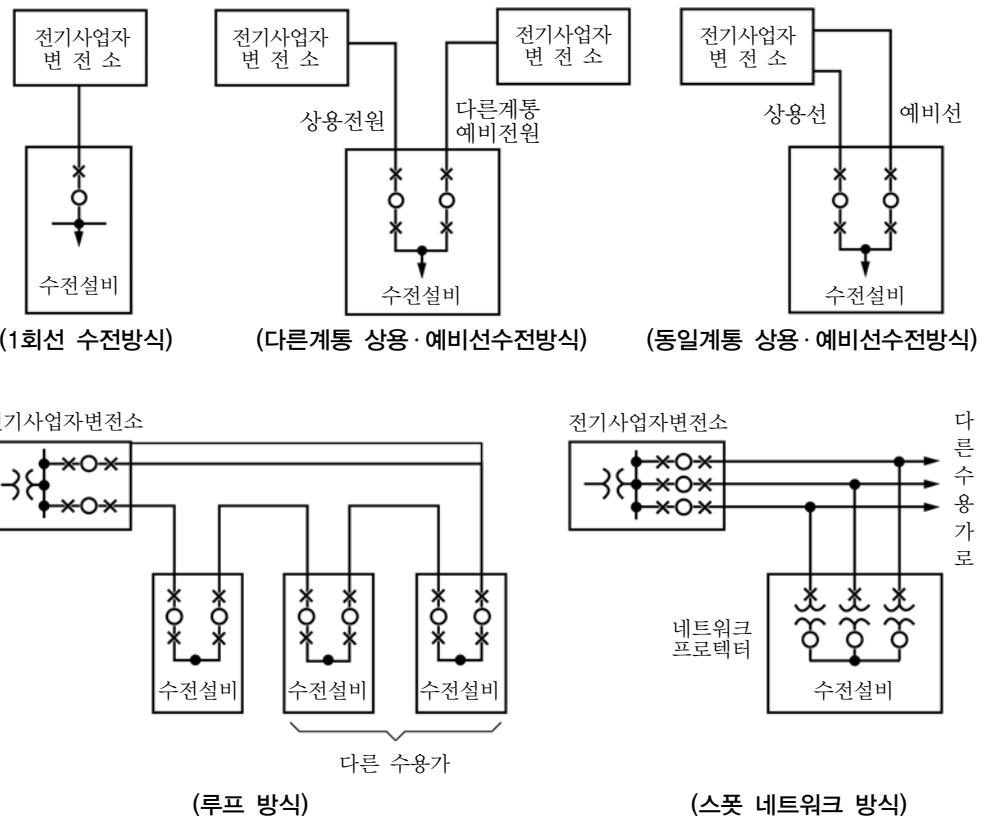
- * 전기설비 설치공간은 배관, 맨홀 등을 땅속에 설치하는데 지장이 없고 설치 및 유지 관리가 용이한 장소이어야 함
- 5) 전기사용자가 전기사업자의 필요에 의하여 전기사업자에게 변전소 건설장소를 제공하는 경우에는 전기사용자가 희망하는 특고압 중의 1전압으로 공급 가능

2.2.2 수전전압 선정시 설계자는 한국전력공사 전기공급약관 제20조(계약전력 산정)에 준하여 계약전력을 산정하며, 전기사업자와 협의하여 결정한다.

2.3 수전설비 시스템

2.3.1 수전설비의 시스템 선정은 부하설비의 중요도, 예비전원과 수전전력의 신뢰도, 경제성을 고려한다.

2.3.2 수전설비 시스템의 구성은 다음 그림을 참조한다.



2.3.3 수전방식 선정시 다음 표를 참조한다.

수전방식		특징
1회선 수전방식		가장 간단하고 신뢰도가 낮으나 경제적임
2회선 수전방식	다른계통 상용·예비 선수전방식	배전선 또는 공급변전소 사고시에 예비변전소로 절환함으로써 정전시간을 단축 가능
	동일계통 상용·예비 선수전방식	한쪽의 배전선 사고시에도 예비선으로 전기공급 가능
	루프방식	(1) 임의의 구간 사고시 루프가 끊어지지만 정전이 되지는 않음 (2) 전압 변동률이 양호하며 배전 손실이 감소 (3) 루프 회로에 삽입되는 기기는 루프내의 전 계통 용량이 필요
스포 네트워크 방식		(1) 무정전 공급이 가능 (2) 기기의 이용률이 향상 (3) 전압 변동률이 감소 (4) 부하 증가에 대한 적응성 향상 (5) 2차 변전소 수량이 감소 (6) 고가의 시설

2.3.4 수전설비 시스템은 설계자의 설계개념의 방향과 같게 되는 것으로 선정하여야 하며, 수전지점의 상황 등을 전기사업자와 협의 조정하여야 한다. 또한, 일반적인 설계는 다음과 같다.

- (1) 저압 수전을 포함하여 1회선 수전을 기본적 설비로 한다.
- (2) 2회선 수전방식은 채택 가능하며, 이때는 예비전원선로 또는 예비선로에 대한 공사비용에 대한 부담이 선행되어야 하고, 또한 수전 완료 후에도 기본요금의 할증이 있으므로 이에 대한 검토를 수행한다.
- (3) 수전전원을 소방부하의 비상전원으로 사용하는 경우에는 소방시설용 비상전원수전설비의 화재안전기준(NFSC 602)에 적합토록 한다.

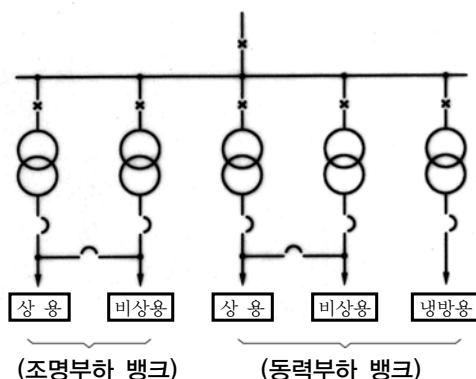
3. 변전설비 시스템

3.1 일반사항

- 3.1.1 특고압 수전이 되는 변전설비는 이단강하방식(특고압/고압/저압)과 직강하방식(특고압/저압)중 부하의 용량, 특성, 간선손실, 전압강하 등을 고려하여 변압방식을 채택한다.
- 3.1.2 변전설비의 구성 기기는 ‘건축전기설비 내진설계 시공지침서’에 준하여 앵커볼트, 스토퍼, 지지대 등 내진시설 종류, 설치 위치, 설치 간격 등에 대해서 반영한다.

3.2 변압기 뱅크 구분

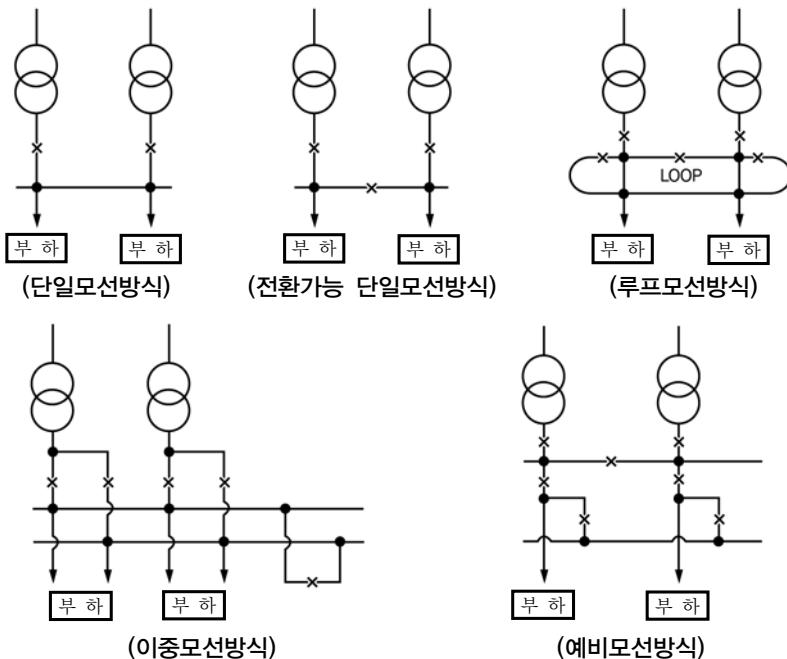
- 3.2.1 특고압 수전인 경우 수전용량이 500 kVA 이상인 경우는 부하운전 특성을 종합적으로 고려하여 변압기를 2개 뱅크(군) 이상으로 구분하여 변압기 군을 조절할 수 있도록 한다. 다만, 단일 부하인 경우는 별도 검토한다.
- 3.2.2 변압기의 1대의 용량은 건축물 내 또는 구내의 설치장소에 따라 건축의 장비 반입구, 반입통로, 바닥강도 등을 고려하여야 한다. 또한, 지상 11층 이상 또는 지하 5층 이하에 설치되는 경우는 반입용 리프트 또는 화물용 엘리베이터의 허용 적재중량과 카 내 크기를 고려하여 선정한다.
- 3.2.3 변압기 군의 구분은 부하특성, 용량, 부하의 종류, 계절부하 등을 종합적으로 고려하여 구분하는 것을 기본으로 하며, 하나의 변압기 구분은 3.2.1의 내용을 참고하여 변압기의 운전대수 제어가 가능하도록 구성한다. 다음 그림은 변압기군의 구분 개념을 나타낸다.



3.2.4 공동주택에서 변압기 뱅크 구분은 전등·전열용과 동력용 구분 없이 동일용량의 복수(2대, 4대 등) 뱅크로 구성하여, 변압기 사고시 예비운전 및 계절부하에 의한 운전대수제어로 효율운전이 가능하게 한다. 다만, 단위 동력부하 용량이 변압기 용량의 1/10을 초과하지 않도록 하고, 운전대수제어를 고려한 보호기기 정정을 하여야 한다.

3.3 변압기 모선 방식

3.3.1 변압기 모선 방식은 단일모선, 이중모선, 루프 모선 방식으로 구분되며, 설계시 부하의 중요도, 설비용량, 운용방법에 따라 설정하며 다음 개념도를 참조한다.



3.3.2 단일모선방식은 2개의 단일모선을 연결하여 이중모선방식과 같은 효과를 일부 갖도록 하는 전환가능 단일모선방식을 일반적으로 사용한다.

3.3.3 이중모선 방식은 변압기뱅크를 복수로 구성하는 방법과 예비전원 연결의 예비모선으로 이중화를 도모하는 예비모선 방식으로 구분한다.

3.3.4 변압기 모선방식의 결정시 다음을 참조한다.

방식	특징
단일모선	<ul style="list-style-type: none"> ■ 가장 간단하며 경제적 ■ 모선사고시는 모두 정전되고, 모선 점검시에도 정전이 필요
전환 가능 단일모선	<ul style="list-style-type: none"> ■ 간단해서 경제적으로도 무리가 없으며 가장 많이 사용 ■ 한쪽 뱅크의 모선 사고시에도 모선 연락 차단기를 개방하고 건전한 뱅크 측에서 부하 공급이 가능
예비모선	<ul style="list-style-type: none"> ■ 일반적으로는 비상전원 계통으로 하는 경우가 많고 특수 용도에 사용 ■ 스위치 기어에 수납하는 경우에는 특수 설계 처리
이중모선	<ul style="list-style-type: none"> ■ 운용에 예비성이 있으며 공급 신뢰도가 높다. ■ 주 변압기 2차, 모선 연락, 공급전선 등의 차단기가 많아지므로 운용이나 보호 협조 등이 복잡 ■ 스위치 기어에 수납하는 경우에는 모선의 위치와 분리에 주의할 필요가 있으며, 또한 특수설계가 되어 비경제적이므로 대규모 설비에서 사용되는 경우가 많음
루프모선	<ul style="list-style-type: none"> ■ 간단해서 경제적으로도 무리가 없으며 높은 공급 신뢰도 ■ 변압기의 사고 또는 모선 사고의 경우, 보수 점검의 경우에도 운용에 예비성이 있으며 신속히 대응이 가능 ■ 루프 모선에 케이블을 사용하면 표준적인 스위치기어 적용 가능 ■ 중요한 설비계통에서 많이 사용

4. 보호 시스템

4.1 수전회로 보호

4.1.1 1회선 수전방식

(1) 과전류보호

순시요소부 과전류 계전기로 단락보호 및 과부하보호를 한다. 1회선 수전에서는 수전변압기의 1차측은 전력회사 배전단 계전기의 주보호 구간이 되므로, 순시요소는 변압기 1차측의 단락 사고에서는 동작하고 2차측 사고에서는 동작하지 않도록 정정한다. 다만, 한시 요소도 전원 계통과의 보호협조라든가 배전선 용량을 고려하여 전기사업자로부터 지정된 정정 값으로 한다.

(2) 지락보호

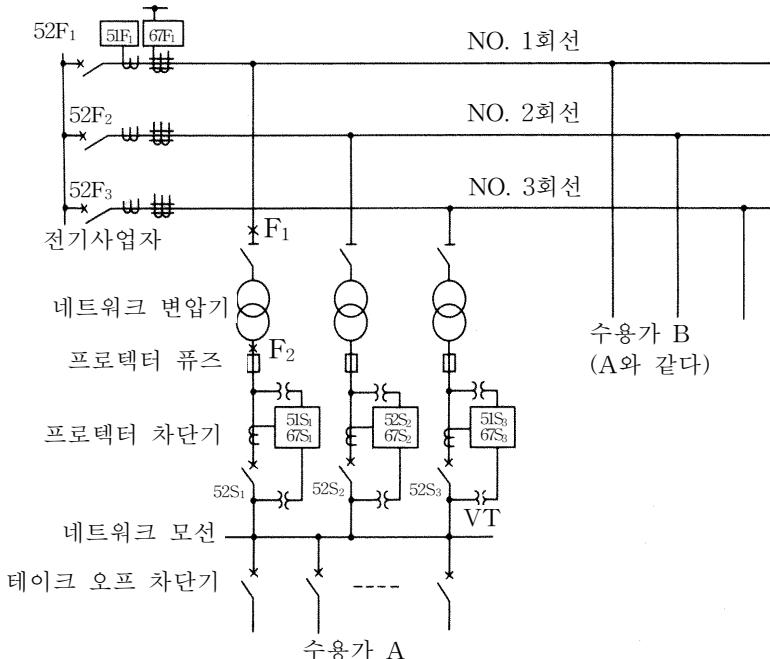
전기사업자 특고압 계통의 중성점 접지방식은 100~400 A의 저항접지방식이 쓰

이는 경우가 많으며, 수전 회로의 지락 보호는 변류기의 잔류 회로에 지락과 전류계전기를 사용하는 것이 일반적이다. 설비 용량이 커서 잔류회로방식으로는 필요한 지락검출 감도를 얻을 수 없을 경우에는 변류기를 3차 권선부로 한다. 다만, 3차 권선은 100 A가 표준으로 변류비가 300/5 초과할 때 적용한다.

여기에서는 단락, 지락 공히 방향성은 필요가 없으므로 일반적으로 수전회로에는 계기용 변압기를 설치하지 않는다. 다만, 변류기는 포화로 인한 순시요소의 동작불능이라든가 영상 전류로 인한 지락 과전류 계전기의 불필요한 동작이 생기지 않도록 적정한 과전류정수의 것을 사용한다.

4.1.2 스폿 네트워크 수전 회로 보호

- (1) 이 방식은 보통 3개 변압기군(뱅크)의 병렬예비 자동운전 방식이며, 기본 개념도는 다음 그림을 참조한다.



- (2) 단락보호

이 방식에서는 수전 변압기를 포함하여 특고압측의 보호는 전기사업자 보호 장치에 의한다.

(3) 지락보호

특고압측 지락 사고에 대해서는 전기사업자 방향지락 계전기로 차단기를 트립시키고 변압기의 역여자 전류에 응동하여 변압기 2차 차단기를 작동시킨다.

4.2 전력 간선 보호

4.2.1 건축물 내 전력 간선은 고압으로 6.6 kV, 3.3 kV 공급계통이 많고, 저압 전력 간선은 일반적으로 380 V급을 사용하며, 이에 대한 보호는 단락보호와 과전류 보호, 지락보호를 시행한다.

4.2.2 고압계통의 단락 보호

- (1) 자가용발전설비가 설치 운전하는 경우에도 대부분 주변압기 2차 모선에 연결 운전되므로 2차 모선 이후의 부하에 대한 전력 간선은 방사상 계통으로 되어 어느 간선의 사고 시 흐르는 전류의 방향은 일정하다. 따라서, 일반적으로 보호계전기는 방향성이 없는 과전류계전기를 적용하여 보호한다. 다만, 선로의 부하가 크고 선로 인출 측 사고전류와 말단 사고전류의 크기가 비슷하여 과전류계전기로써 충분한 보호협조를 얻을 수 없는 계통에는 별도의 선로 보호전용의 파일럿 계전기 등을 적용한다.
- (2) 주요 전력간선 계통에는 신뢰도 향상을 위하여 3 CT와 과전류계전기 3 대를 설치한다.
- (3) 과전류계전기의 시간-동작시간 특성 선정은 적용하는 계통 특성과 인접 보호구간에 사용하고 있는 계전기의 한시 동작특성에 의하여 결정한다. 다만, 선로에 전력용 퓨즈가 설치되어 있는 경우는 퓨즈의 보호특성은 초 반한시특성과 유사하므로 과전류계전기는 강 반한시성을 적용하여야 한다.

4.2.3 과전류 보호

- (1) 변류기를 과전류 보호와 계측에 공용하는 경우 변류기의 정격부담이 작을 때는 변류기의 포화(과전류 정수)에 대하여 충분히 검토한다.
- (2) 과전류계전기의 정정은 전원측과 부하측의 과전류 보호 장치와의 협조를 고려하고, 변류기나 배전선 케이블의 단시간 허용전류 값에 대하여도 검토한다.

4.2.4 지락보호

- (1) 비접지계의 지락보호 방식으로는 1선 지락시에 발생하는 영상전압과 영상전류를 이용한 방향지락계전기(DGR)를 설치한다.

- (2) 직접접지계통 시스템 인경우 지락전류가 커져서 지락사고 시 기기에 큰 충격을 주므로 지락보호는 적용하지 않는다. 다만, 접지저항방식은 대규모의 전력간선 계통이나 구내 케이블선로가 많은 수용가에서는 지락보호를 위하여 적용할 수 있다. 또한, 중성점 저항접지는 수용가 전력간선계통(22.9 kV, 6.6 kV, 3.3 kV)에서 100 A 또는 200 A를 적용하고 있다.
- (3) 저압 배전 계통의 지락 검출감도는 다음 표를 참조한다.

보호 목적	보호대상 지락전류
감전보호	수 mA 이상
화재보호	100 mA 정도 이상
아크에 의한 설비기기 피해방지	수 A 정도

4.3 수전변압기 보호

- 4.3.1 변압기는 사고시 많은 손해와 복구시간이 필요하므로 신뢰도의 향상을 위해 사고시 파급범위를 최소한으로 억제토록 검토하여야 한다.
- 4.3.2 변압기 보호는 전기적인 보호와 기계적인 보호로 구분되며, 기계적인 보호는 변압기의 종류별 시방에 관련된다. 이것에 대하여는 다음 표를 참조한다.

구분	유입변압기	가스절연변압기	몰드변압기
다이얼 온도계 접점	○	○	○
가스검출계전기	○		
충격유압계전기	●		
충격가스계전기	●		
방압장치접점	●	●	
가스압계전기		●	

- 주 : 1) ○ : 경보 ● : 자동차단 및 경보
 2) 유입변압기의 기계적 보호장치는 기계 열화방지방식에 따라 다르며 가스검출계전기, 충격유압계전기(또는 Buchholtz's relay)는 무압 밀봉식에 충격 가스압계전기는 질소 밀봉식에 쓰임
 3) 강제냉각식인 경우에는 냉각장치의 고장 검출에 기계적 보호장치를 사용하는 경우도 있음

4.3.3 특고압 변압기의 보호는 다음 표를 참조한다.

구 分	뱅크 용량	이상상태	보 호 장 치		비 고
			자동차단	경보	
의무사항	5 MVA 미만	과전류	○		
		과전류	○		
		내부고장	○	○	
	5 MVA 이상 10 MVA 미만	온도이상 상승		○	1. 상시감시를 하지 않는 변 전소(이에 준하는 장소 포 함)에서 300 kVA를 넘는 것에 적용함 2. 다이얼 온도계 등에 의함
		과전류	○		
		내부고장	○		
	10 MVA 이상	온도이상 상승		○	다이얼 온도계 등에 의함.
		내부고장		○	
		온도이상 상승		○	다이얼 온도계 등에 의함.
권장사항	5 MVA 미만	내부고장		○	
		온도이상 상승		○	다이얼 온도계 등에 의함.

4.4 보호협조

4.4.1 보호 협조는 사고 발생 시에 사고의 근원을 신속히 제거하여 건전 부분의 불필요한 차단을 피하기 위하여 고장 시 동작하는 계전기들 상호간의 협조를 도모하는 것으로 변성기나 차단기의 특성에 의한다. 다만, 본래 동작해야 할 주 보호 계전기 또는 차단기가 오동작 할 경우의 후비보호를 포함하여 검토한다.

4.4.2 가장 널리 쓰이는 보호 협조 방법은 (1)의 계통도(예) 표시한 동작 시한차 방식이라고 불리는 것으로서 동작시한 정정은 다음 식에 의한다.

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

여기서, $R_{(n+1)}$: 제(n+1)구간 계전기의 동작 시간(s)

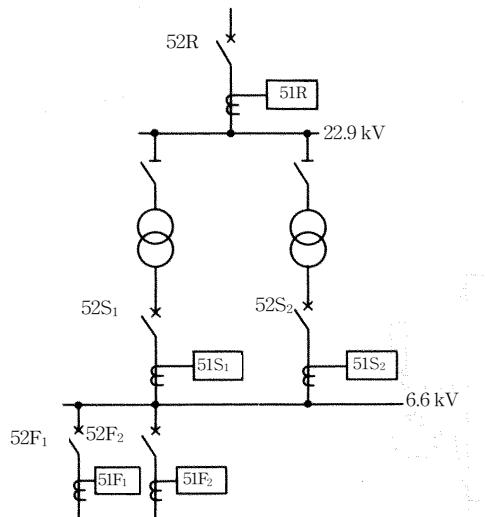
S : 제n구간과 제(n+1)구간의 계전기 동작시한 정정차(s)

$B_{(n+1)}$: 제(n+1)구간 차단기의 전차단시간(s)

O_n : 제n구간 계전기의 관성동작시간(s)

α : 여유시간(s)

(1) 보호협조는 다음 그림을 참조한다.



5. 기기 선정

5.1 일반사항

5.1.1 수변전 기기의 절연용 재료는 자연에서 얻어지는 공기와 절연능력과 냉각능력이 뛰어난 절연유가 많이 사용되어 왔지만, 절연유(광유)의 주성분이 탄화수소 이므로 가연성, 폭발성에 단점이 있다. 그러므로 건축물에 설치되는 수변전기기설계는 특히 방재 측면을 고려한다.

5.1.2 절연재료별 특성은 다음 표를 참조하여 설계한다.

비교 항목	공기	SF ₆ 가스	절연유	에폭시 수지
비 중	1	5	700	1000
절연 내력	1	2~3	6~9	8~12
유전율	1	1	2.3	3.4
열전달율	1	2~4	10~14	20~30
열용량 (단위부피당)	1	3	1200	1000
동점성계수	1	1/6	2	-
연소성	불연성	불연성	가연성 (인화점 140°C)	난연성 (자기소화성) (인화점 500°C 이상)
내열정도	-	500°C 이하	105°C 이하	180°C 이하
산화열화	-	없음	있음	약간있음

주 : 대기압, 20°C 기준

5.1.3 일반적인 기기 선정 방안

- (1) 전력용 변압기는 가스절연 변압기, 몰드 변압기 등을 사용하여 난연화 한다.
- (2) 고압, 특고압 차단기는 진공차단기(VCB), 가스차단기(GCB)를 사용한다.
- (3) 변성기류는 몰드형을 주로 사용한다.
- (4) 전력수급계기용 변압변류기(MOF)는 난연성(에폭시 몰드, 가스절연, 실리콘절연 등)제품을 사용한다.

5.2 변압기

5.2.1 변압기는 사용장소, 경제성, 전기적 특성을 고려하여 선정하되, 건축물 내부에 설치시에는 표준소부효율 이상의 변압기를 사용토록 한다. 또한, 고조파발생부하 비중이 높은 설비의 경우 전력품질 개선과 전력손실 저감을 위하고 조파 감쇄 기능의 변압기 또는 동등 이상의 성능을 갖는 변압기를 사용한다.

5.2.2 건축물 내에 설치 시 변압기마다 전력량계 및 최대수요전력 측정이 가능한 기기를 설치하여 부하감시 및 예측이 가능하도록 한다.

5.2.3 전압에 따른 변압기의 적용 시 다음 표를 참조한다.

구분	전압	저압	고압 (3.3/6.6kV)	특고압 (11 ~ 33kV)	특고압 (154kV)
건식 변압기	◎	○	-	-	-
몰드 변압기	◎	◎	◎	-	-
가스절연 변압기	-	○	○	◎	-
유입 변압기	◎	◎	◎	◎	◎

주 : 1) ◎ : 사용실적이 많다. ○ : 사용한다.

2) 유입 변압기는 과거실적이므로 건축물 내 사용시 주의한다.

5.2.4 몰드변압기의 용량별 규격은 제조업자의 시방을 참조한다.

5.3 스위치기어

5.3.1 보호등급에 따라 금속제 칸막이 및 보호판을 사용하여 내부 사고에 대비한 메탈클래드형, 절연물 칸막이 및 보호판을 사용한 컴퍼트먼트형, 그리고 금속제 외함 만을 사용한 큐비클형으로 구분한다.

5.3.2 조작, 보수방향에 따라 전후면 보수형 및 전면 보수형으로 한다.

5.3.3 차단기의 쌓는 단수에 따라 1단적형, 2단적형, 3단적형으로 구분하며 단수가 많을수록 공간성이 좋으나 유지 보수성, 케이블 처리 등의 공사 용이성, 대용량성에서는 불리하다.

5.3.4 고압 및 특고압 배전반은 다음 표를 참조한다.

기 호 구 분		내 용
제 1 기호	M	메탈클래드형의 스위치기어, 컨트롤기어
	P	격실(컴퍼트먼트)형 스위치기어, 컨트롤기어
	C	큐비클(금속함)형 스위치기어, 컨트롤기어
제 2 기호	X	고정형 기기설치
	Y	반출가능형 기기설치
	W	인출형 기기설치
제 3 기호	G	모선, 접속도체, 접속부에 절연물 피복을 행한 것

주 : 형의 조합(예)

1) MW (메탈클래드/인출형), MWG (메탈클래드/인출형/절연피복)

2) PW (컴퍼트먼트/인출형), PWG (컴퍼트먼트/인출형/절연피복)

3) CX (큐비클/고정형), CY (큐비클/반출가능형), CW (큐비클/인출형)

5.3.5 저압 배전반의 규격은 다음 표를 참고한다.

저압 배전반의 형							조건 분류	조건 기호	구 비 조 건	
A	B	C	D	E	F	G				
○	○						격 벽 과 절 연 의 정 도	1	장치를 일괄하여 금속함 내에 수납	
		○	○	○				2	A형에 추가하여 감시제어반을 열었을 때, 주회로충전부에 오접촉 위험이 없도록 감시제어반 이면 및 단자대 등 보수를 필요로 하는 제어회로를 안전하게 점검할 수 있도록 함	
					○			3	C형에 추가하여 차단기실 상호간 또는 차단기실과 타 격실과는 접지된 금속 격벽으로 이격	
						○		4	F에 추가하여 주회로 모선, 접속 도체 및 접속부(생략가능)에는 절연피복	
○	○						차 단 기 설 치	X	고정형	
○		○						Y	반출형	
			○	○	○			Z	주회로는 자동 연결식 단로부를, 제어 회로는 수동식 연결부를 갖고 있는 인출형	

주 : 형의 조합 (예)

- 1) A형(1X), B형(1Y), C형(2X), D형(2Y), E형(2Z), F형(3Z), G형(4Z)
- 2) 즉 F형은 조건기호 3(C형에 추가하여 차단기실 상호간 또는 차단기실과 타 격실간은 접지된 금속제 격벽으로 이격)의 조건에 Z(주회로는 자동식 단로부를 갖는 인출형)의 조건이 더해진 것

5.3.6 고압 및 특고압 배전반의 구성요소 별 크기는 제조업자의 시방을 참조하여 정한다.

5.4 보호 계전기

5.4.1 보호 계전기는 전력계통의 사고(지락, 단락)시 사람 및 기기의 손상을 최소한으로 억제하여 전력계통의 안정을 유지도록 설치한다.

5.4.2 보호 계전기 종류는 전자형, 정지형, 디지털형으로 발전하여 왔으며, 최근에는 동작시간의 고속화, 관성동작시간의 최소화, 경제성 등의 면에서 디지털형을 사용한다.

5.4.3 디지털계전기는 마이크로프로세서를 이용하여 연산, 판단 등을 소프트웨어를 처리하여 복잡한 동작특성이나 각종 요소의 연결을 쉽게 한다.

5.4.4 각종 보호 계전기의 특성은 다음 표를 참조한다.

비교 항 목	전자형 (M)	정지형 (S)	디지털형 (D)	비고
동작감도	-	○	○	
동작시간	-	○	○	
특성자유도	-	□	○	
부담	-	□	○	
관성동작	-	○	○	
내진성	-	○	○	
내잡음성	○	-	-	
온도영향	○	○	○	
채터링	-	○	○	
부품수	○	-	-	
크기	-	□	○	
유지보수성	-	○	○	
수명	○	○	○	
사용전원의 필요성	○	-	-	
신뢰성	○	○	○	
경제성	○	○	-	

주 : ○ : 유리하다고 생각되는 것

□ : 약간 유리하다고 생각되는 것

6. 용량 계산

6.1 일반사항

6.1.1 수변전 기기의 용량계산은 기본설계시의 계획 용량계산과 실시설계시 부하용량 합계와 여유율을 감안한 용량계산 방식으로 한다.

6.1.2 고압 및 특고압 차단기는 그곳을 통과하는 최대 단락전류를 차단하는 능력이 있어야 한다.

6.1.3 저압 차단기는 그곳을 통과하는 최대 단락전류를 차단하는 능력이 있는 것을 사용한다. 다만, 캐스케이드 보호방식을 채택할 때에는 통과하는 단락전류가 10

kA 이상인 경우 10 kA 이상의 차단능력을 갖는 차단기를 설치하고, 그 곳보다 전원측 전로에 그 차단기를 지나는 최대 단락전류를 차단하는 능력을 갖고 그 차단기보다 빠르거나 동시에 차단하는 능력을 갖는 과전류 차단기를 설치한다.

6.2 부하용량

6.2.1 부하용량은 부하설비(전등 및 전열부하, 동력부하)별, 상시용 및 비상용을 구분하여 산출한다.

6.2.2 설계시 부하용량 계산은 다음을 참조한다.

- (1) 백열등 : 용량(W) × 1.0 (VA)
- (2) 형광등과 LED 조명은 용량(W)에 역률과 효율을 감안한 용량 (VA)
- (3) 콘센트 : 1개(2구형) × 150 (VA)
- (4) 콘센트가 어떤기기 전용인 것은 그 부하의 효율, 역률을 감안한 용량 (VA)
- (5) 전동기 부하는 그 부하의 효율, 역률을 감안한 용량 (VA)

6.2.3 부하용량을 집계한 후 미래의 증설 예정용량이 확실하지 않은 경우에는 여유율을 10 % 정도 감안한다.

6.2.4 부하용량의 추정방법

- (1) 계획 또는 기본 설계시 부하용량을 추정하는 경우는 용도에 따른 유사건물 데이터를 참조한다.(부록 참조)
- (2) 공동주택(APT)에서의 부하추정

공동주택 세대내 용량은 사용 기기가 후에 설정되기 때문에 대부분 다음 식으로 구한 추정 용량으로 계산한다. 또한 공용부하의 부하산정은 별도로 산출하여 더 하여야 한다.

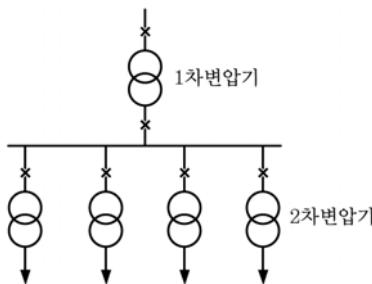
- $P_1 = 3,000 \text{ (W)}$
- $P_2 = 3,000 + 60 \text{ m}^2 \text{를 넘는 } 10 \text{ m}^2 \text{ 마다 } 500 \text{ W} \text{씩 가산}$
여기서, P_1 : 단위세대 전용면적 60 m^2 이하의 경우 부하용량 (W)
 P_2 : 단위세대 전용면적 60 m^2 초과의 경우 부하용량 (W)

6.3 전력용 변압기

6.3.1 수전설비용량은 특고압/고압/저압(2단강하) 변압방식인 경우 1차변압기 합계 용량을 말하고, 특고압/저압(직강하) 변압방식인 경우는 변압기 용량(합계 용량)이다.

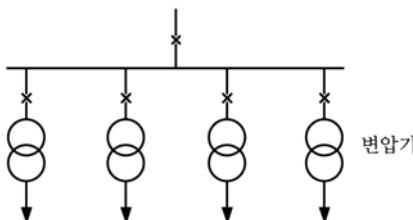
6.3.2 이단강하방식인 경우 용량계산

- (1) 이단강하방식에서 1차 변압기는 각 변압기 수요전력 합계에 부등률을 적용한 합성최대수요전력으로 산정하고, 2차 변압기는 일반적으로 부하가 용도별로 구분되므로 부하용량 합계에 수용률을 적용한 최대수요전력으로 산정한다. (다음 그림 참조)



6.3.3 직강하방식인 경우 용량계산

직강하방식에서 변압기에 수용된 부하가 용도별로 구분된 수용률을 적용한다. 다만, 용도별 구분이 되지 않거나 혼재된 경우는 부등률까지 적용할 수 있다.(다음 그림 참조)



6.3.4 수용률(Demand Factor)

- (1) 수용률은 최대수요전력을 구하기 위한 것으로 최대수요전력의 총부하용량에 대한 비율이다.

$$\text{수용률} = [\text{최대수요전력} / \text{총 부하설비용량}] \times 100 (\%)$$

- (2) 건축물에서 수용률은 용도에 따른 유사건물 데이터를 참조한다.(부록 참조)

6.3.5 부등률(Diversity Factor)

- (1) 부등률은 합성 최대수요전력을 구하는 계수로서 부하종별 최대수요전력이 생기

는 시간차에 의한 값이므로 최대수요전력의 합계는 항상 합성최대수요전력 값보다 크다. (≥ 1.0)

(2) 부등률은 용도에 따른 유사건물 데이터를 참조한다.(부록 참조)

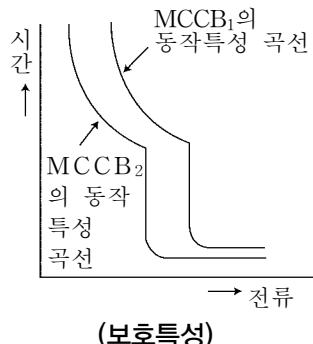
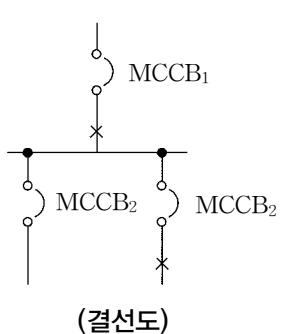
$$\text{부등률} = [\text{각 부하의 최대수요전력 합계} / \text{합성최대수요전력}]$$

6.4 차단기

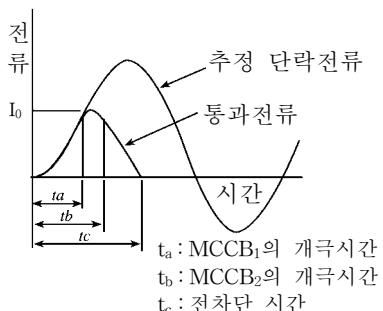
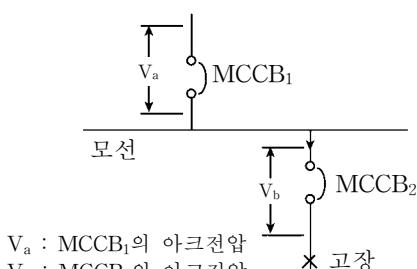
6.4.1 차단기는 단락시 통과하는 최대 단락전류에 의한 전자기계력에 견디며, 보호계 전기 동작시 단락전류를 차단해야 한다.

6.4.2 저압차단기의 경우는 고장회로만 구분하는 선택 차단방법으로 한다. 다만, 건축 공간이나 경제성을 고려하여 캐스케이드 차단방법에 의할 수 있다.

(1) 선택차단방식 예시도



(2) 캐스케이드 차단방식 예시도



(결선도)

(보호특성)

주 : 1) MCCB_i의 개극 시간이 MCCB_j의 개극 시간보다 빠르거나 최소한 같을 것

- 2) MCCB₁과 MCCB₂에 의하여 억제된 전류의 파고값이 MCCB₂의 차단 전류의 파고값보다 작을 것
- 3) MCCB₂의 전 차단곡선과 MCCB₁의 개극 시간과의 교점이 적어도 MCCB₂의 차단용량보다 작을 것
- 4) MCCB₁의 단락용량은 모선의 단락 용량보다 클 것
- 5) 여기서 MCCB의 차단 용량(kA)은 대칭 실효값이므로 파고값은 $\sqrt{2}$ 배이다. 이와 같은 조건 하에서는 MCCB에 비하여 ACB의 개극시간이 길므로 ACB로는 MCCB의 캐스케이드 보호를 행할 수 없음

6.4.3 차단기의 정격 선정시 고려할 사항은 다음과 같다.

- (1) 정격전압은 규정한 조건에 따라 그 차단기에 인가할 수 있는 사용회로 전압의 상한을 말하며, 다음 식으로 나타낸다.

$$\text{정격전압} = \text{공칭전압} \times 1.2/1.1 \text{ (V)}$$
- (2) 정격전류는 정격전압 및 정격주파수에서 규정의 온도상승 한도를 초과하지 않고 차단기에 연속적으로 흘릴 수 있는 전류의 상한값을 말하며, 정격전류의 선정은 부하전류에 의하여 결정하지만 장래의 증설계획을 고려하여 여유가 있는 차단기를 선정한다.
- (3) 정격차단전류 또는 정격차단용량은 정격전압, 정격주파수 및 규정한 회로 조건 하에서 규정의 표준동작책무와 동작상태에 따라 차단할 수 있는 늦은 역률의 차단전류의 한도를 말하며, 교류분(실효값)으로 표시한다. 3상의 경우에는 다음과 같이 계산한다.

$$\text{차단용량(MVA)} = \sqrt{3} \times \text{정격전압(kV)} \times \text{정격차단전류(kA)}$$

또는

$$\text{차단용량(MVA)} = (\text{기준용량} / \%Z) \times 100$$

- (4) 기타 정격 투입전류, 정격 단시간전류, 정격 차단시간 등을 고려하여야 한다.

6.5 전력퓨즈

6.5.1 전력퓨즈의 정격 선정시 고려할 사항은 다음과 같다.

- (1) 정격전압은 선로의 계통 접지방식에 관계가 없고 계통 최대 선간전압에 의해 선정하며, 다음 식으로 나타낸다.

$$\text{정격전압} = \text{공칭전압} \times 1.2/1.1 \text{ (V)}$$
- (2) 정격전류는 전력퓨즈가 온도상승 한도를 초과하지 않고 연속적으로 흘려 보낼 수 있는 전류값이며 실효값으로 표시한다. 일반적으로 회로 또는 기기의 전부하 전류보다 큰 정격 전류값의 퓨즈를 선정한다.
- (3) 전력퓨즈의 차단시간-전류특성이 부하측 보호기기의 동작특성보다 빠르고, 또

전력퓨즈의 단시간허용전류-시간특성이 부하측 보호기기의 차단시간-전류특성보다 늦도록 선정한다.

7. 단선결선도

7.1 일반사항

- 7.1.1 단선 결선도는 기기의 정격, 계통의 전기적 접속관계를 간단한 심볼과 약도(단선)로 나타낸 것이다.
- 7.1.2 설계도면에서 사용하는 경우가 드물지만 3선 결선도는 배선을 복선으로 나타내어 복잡한 접속관계를 알 수 있다.
- 7.1.3 설계시에는 일반적으로 도면을 간략히 하기 위해 단선 결선도를 이용한다.

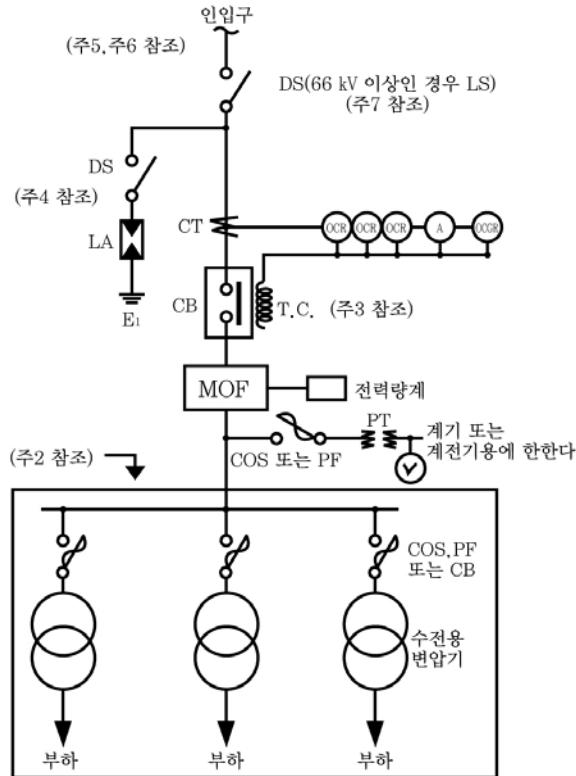
7.2 단선결선도 표시사항

- 7.2.1 수전방식, 수전전압 및 책임분계점
- 7.2.2 수전설비의 계기(수급용, 일반용), 기기(차단기, 개폐기, 피뢰기 등), 보호장치, 모선, 케이블 등에 대한 정격
- 7.2.3 변전설비의 용량, 변압방식, 상수, 변압기 종류, 절연계급, 변압기 보호 등에 대한 사항
- 7.2.4 모선에 대한 연결 방식, 규격 및 보호에 관한 사항
- 7.2.5 배전반의 계기, 기기(차단기, 개폐기 등)에 관련한 정격
- 7.2.6 예비전원(또는 다른 전원)과의 연계에 관련한 사항
- 7.2.7 기타 역률 조정, 서지 제거 및 수변전설비 자동제어(센서, 기기 등)에 관련한 사항

7.3 특고압 수전설비 결선도

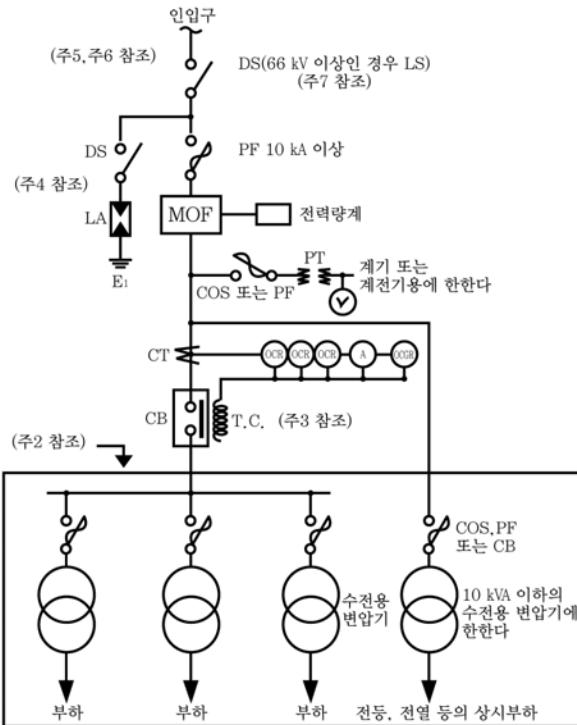
특고압 수전설비 단선결선도는 정식수전방식(제1방법, 제2방법, 제3방법)과 간이수전방식으로 구분되며, 다음을 참조하여 설계하여야 한다.

7.3.1 CB 1차측에 CT를, CB 2차측에 PT를 시설하는 경우



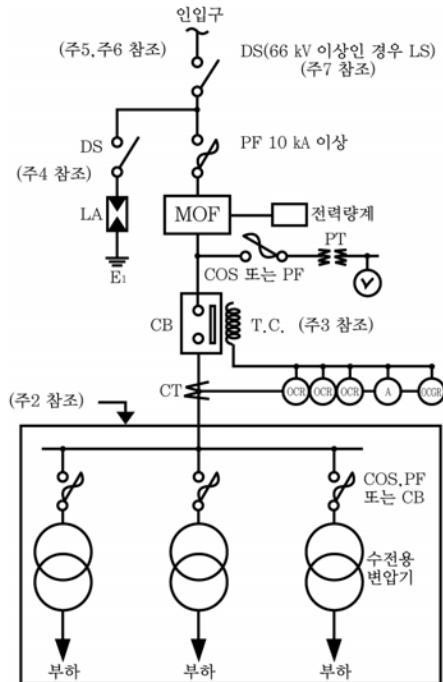
- 주 :
- 1) 22.9 kV-Y 1,000 kVA 이하인 경우는 그림 7.3.4에 의할 수 있다.
 - 2) 결선도 중 접선 내의 부분은 참고용 예시이다.
 - 3) 차단기의 트립전원은 직류(DC) 또는 콘덴서방식(CTD)이 바람직하며, 66 kV 이상의 수전설비는 직류(DC)이어야 한다.
 - 4) LA용 DS는 생략할 수 있으며, 22.9 kV-Y용의 LA는 Disconnector(또는 Isolator) 불임형을 사용하여야 한다.
 - 5) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우에 공동주택 등 사고시 정전피해가 큰 경우는 예비 지중선을 포함하여 2회선으로 시설하는 것이 바람직하다.
 - 6) 지중인입선의 경우에 22.9 kV-Y 계통은 CNCV-W케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W(트리익제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 FR CNCO-W(난연)케이블을 사용하는 것이 바람직하다.
 - 7) DS 대신 자동고장구분개폐기(7,000 kVA 초과시는 Sectionalizer)를 사용할 수 있으며, 66 kV 이상의 경우는 LS를 사용하여야 한다.

7.3.2 CB 1차측에 CT와 PT를 시설하는 경우(CB 1차측의 변압기 설치는 10 kVA 이하의 경우에 적용가능)



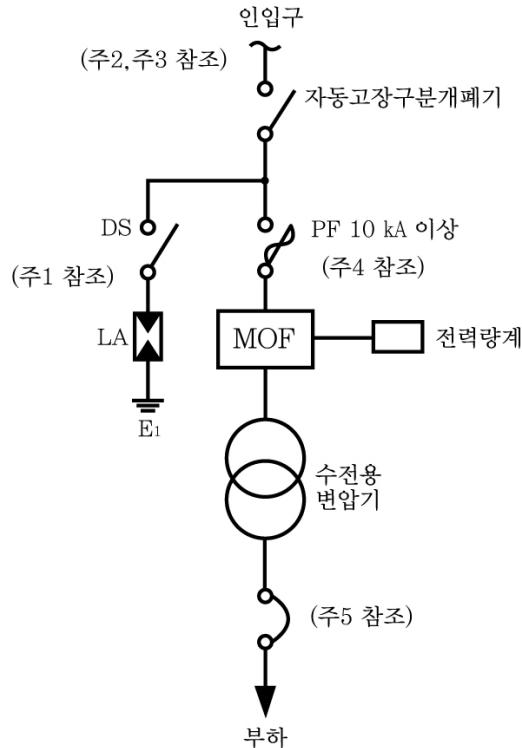
- 주 :
- 1) 22.9 kV-Y 1,000 kVA 이하인 경우는 그림 7.3.4에 의할 수 있다.
 - 2) 결선도 중 접선 내의 부분은 참고용 예시이다.
 - 3) 차단기의 트립전원은 직류(DC) 또는 콘텐서방식(CTD)이 바람직하며, 66 kV 이상의 수전설비는 직류(DC)이어야 한다.
 - 4) LA용 DS는 생략할 수 있으며, 22.9 kV-Y용의 LA는 Disconnector(또는 Isolator) 불임형을 사용하여야 한다.
 - 5) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우에 공동주택 등 사고시 정전피해가 큰 경우는 예비 지중선을 포함하여 2회선으로 시설하는 것이 바람직하다.
 - 6) 지중인입선의 경우에 22.9 kV-Y 계통은 CNCV-W케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W(트리역제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 FR CNCO-W(난연)케이블을 사용하는 것이 바람직하다.
 - 7) DS 대신 자동고장구분개폐기(7,000 kVA 초과시는 Sectionalizer)를 사용할 수 있으며, 66 kV 이상의 경우는 LS를 사용하여야 한다.

7.3.3 CB 1차측에 PT를 CB 2차측에 CT를 시설하는 경우



- 주 :
- 1) 22.9 kV-Y 1,000 kVA 이하인 경우는 그림 7.3.4에 의할 수 있다.
 - 2) 결선도 중 점선 내의 부분은 참고용 예시이다.
 - 3) 차단기의 트립전원은 직류(DC) 또는 콘덴서방식(CTD)이 바람직하며, 66 kV 이상의 수전설비는 직류(DC)이어야 한다.
 - 4) LA용 DS는 생략할 수 있으며, 22.9 kV-Y용의 LA는 Disconnector(또는 Isolator) 불임형을 사용하여야 한다.
 - 5) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우에 공동주택 등 사고시 정전피해가 큰 경우는 예비 지중선을 포함하여 2회선으로 시설하는 것이 바람직하다.
 - 6) 지중인입선의 경우에 22.9 kV-Y 계통은 CNCV-W케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W(트리익제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 FR CNCO-W(난연) 케이블을 사용하는 것이 바람직하다.
 - 7) DS 대신 자동고장구분개폐기(7,000 kVA 초과시는 Sectionalizer)를 사용할 수 있으며, 66 kV 이상의 경우는 LS를 사용하여야 한다.

7.3.4 22.9 kV-y 1,000 kVA 이하를 시설하는 경우



- 주 : 1) LA용 DS는 생략할 수 있으며, 22.9 kV-y용의 LA는 Disconnector(또는 Isolator) 불임형을 사용하여야 한다.
- 2) 인입선을 지중선으로 시설하는 경우에 공동주택 등 사고시 정전피해가 큰 경우는 예비 지중선을 포함하여 2회선으로 시설하는 것이 바람직하다.
- 3) 지중인입선의 경우에 22.9 kV-Y 계통은 CNCV-W케이블(수밀형) 또는 TR CNCV-W(트리익제형)을 사용하여야 한다. 다만, 전력구·공동구·덕트·건물구내 등 화재의 우려가 있는 장소에서는 FR CNCO-W(난연) 케이블을 사용하는 것이 바람직하다.
- 4) 300 kVA 이하인 경우는 PF 대신 COS(비대칭 차단전류 10 kA 이상)를 사용 가능
- 5) 특고압 간이수전설비는 PF의 용단 등의 결상사고에 대한 책임이 없으므로 변압기 2차 측에 설치되는 주 차단기에는 결상계전기 등을 설치하여 결상사고에 대한 보호능력이 있도록 함이 바람직하다.

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 전기사용 부하기기에 적합한 전압으로 변성하는 수변전설비가 안전하고 신뢰도 높은 전기품질로 부하에 공급하기 위한 표준적인 설계방법을 제공하여 합리적인 계획, 설계를 도모하는데 목적이 있다.

1.2 적용범위

(1) 전기사용 부하기기에 전기를 공급하기 위하여 설치되는 전기 인입설비, 변압기설비, 배전반 등의 수변전설비 설계에 관하여 적용한다.

(2) 건설공사에서 이와 유사한 설비에도 이를 적용한다.

1.6 설계 고려사항

1.6.4 설계순서

(1) 수변전설비의 설계 순서도는 그림 1.6-1을 따라 작성할 수 있다.

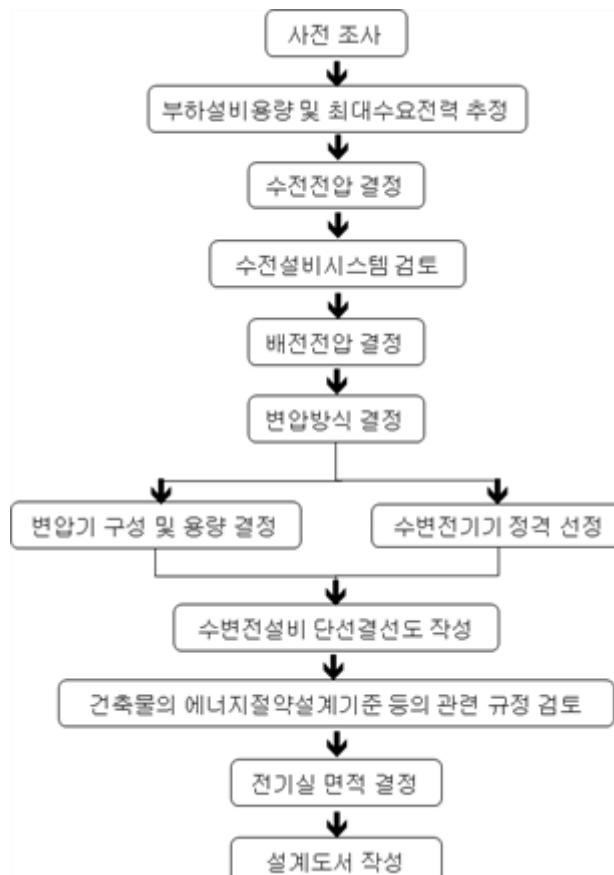


그림 1.6-1 설계 순서도

4. 설계

4.1 수전전압 결정

(1) 수전전압은 전기사업자의 기본공급약관에 따라 결정한다.

4.2 수전설비시스템 검토

4.2.1 수전방식 결정

(1) 건축물의 용도와 전기설비의 중요도 등을 고려하여 수전방식을 결정한다.

(2) 2회선 수전방식에서 수전설비를 2중 모선방식(상용, 예비모션을 각각 설치)으로 구성할 경우에는 합성 계량장치를 설치한다. 다만, 전기사업자와 협의한다.

4.3 구내 배전전압 및 변압방식 결정

(1) 구내 배전전압

① 특고압 및 고압배전설비

가. 구내 건축물이 다수 건축되거나 대규모 전기시설로 인하여 주전기실과 부전기실을 설치해야 하는 경우 부전기실 배전전압은 3상 22.9 kV, 6.6 kV, 3.3 kV 등 부하의 특성과 배전거리 등을 검토하여 선정한다.

나. 부하의 정격전압이 고압(3상 6.6 kV, 3.3 kV 등)인 경우 해당 부하에 고압을 공급할 수 있는 배전시스템을 구성한다.

② 저압배전설비

가. 조명, 전열, 동력 등 일반적인 부하의 경우 배전전압은 3상 4선 380-220 V 또는 3상 3선 380 V로 할 수 있다.

나. 특수부하의 경우에는 부하의 정격을 고려하여 이에 적합한 배전시스템을 구성한다.

(2) 변압방식

-
- ① 부하의 사용전압을 검토하여 1단 강압방식 또는 2단 강압방식을 선정한다.
-

4.4 변압기 구성 및 용량 결정

(1) 변압기 구성

- ① 건축물의 규모, 부하의 사용전압 구분, 부하의 용도 구분, 상용과 비상용의 구분 등을 고려하여 뱅크를 구성한다.
-

(2) 변압기용량 결정

- ① 부하설비용량과 수용률 등을 고려하여 변압기 용량을 결정한다.
-

- ② 2단 강압방식의 경우, 수전용 변압기용량은 2차측 변압기(고압 변압기)용량을 합산한 값에 부등률을 적용하여 산출된 값을 기준으로 한다.
-

- ③ 동력부하의 경우 최대용량의 전동기에 대한 기동전류, 허용전압강하 등을 고려하여 변압기용량을 산정한다.
-

- ④ 고조파발생부하 용량 및 장래 부하증설이 예상되는 경우에는 이를 고려하여 변압기용량을 산정한다.
-

(3) 수용률(Demand Factor)

- ① 수용률은 최대수요전력을 구하기 위한 것으로 최대수요전력의 총부하설비용량에 대한 비율이다.
-

- ② 수용률은 부하용도에 따른 유사건물 데이터를 참조할 수 있으며, 공장의 경우에는 에너지관리기준 별표 6을 참조할 수 있다.
-

(4) 부등률(Diversity Factor)

- ① 부등률은 합성최대수요전력을 구하는 계수로서 각 부하의 최대수요전력 합계와 합성최대수요전력과의 비율이며, 최대수요전력의 합계는 항상 합성최대수요전력 값보다 크다.(≥ 1.0)
-

- ② 부등률은 부하용도에 따른 유사건물 데이터를 참조할 수 있다.
-

4.5 수변전설비 기기의 정격 선정

4.5.1 변전설비시스템의 구성 기기

(1) 변전설비시스템의 구성 기기는 부하설비용량을 고려하여 전기설비의 안전이 확보되도록 기기 정격을 선정하여야 한다. 차단기는 해당 선로를 통과하는 최대단락전류를 차단하는 능력이 있어야 한다.

(2) 변압기 선정 시에는 사용 장소, 부하 특성, 효율성, 안전성 등이 고려되어야 하며, 표준소비효율변압기를 사용한다. 다만, 고조파발생부하 비중이 높은 설비의 경우 전기품질 개선과 전력손실 저감을 위해 고조파 감쇄 기능의 변압기 또는 동등 이상의 성능을 갖는 변압기를 사용할 수 있다.

(3) 변압기 뱅크마다 전압, 전류, 역률, 전력 및 최대수요전력 등의 계측이 가능한 기기를 설치하여 부하감시 및 예측이 가능하도록 한다. 다만, 하나의 뱅크만 구성될 경우에는 기능을 조정할 수 있다.

(4) 보호계전기는 전기설비의 고장(단락, 지락 등) 시 사람 및 기기의 손상을 억제하여야 하며, 전기설비의 안정적인 운영을 유지할 수 있도록 시설하여야 한다.

(5) 수전단측 역률은 90 % 이상으로 관리기준을 설정하고, 설정된 역률을 유지하는데 기술적으로 타당할 경우에 는 설비의 부분별 또는 일괄하여 커패시터를 설치할 수 있다. 이 경우 경부하 시에 진상 역률이 되지 아니하도록 자동역률제어장치 또는 부분개방장치 등의 시설이 필요하다.

(6) 수용가 측의 최대수요전력을 감시 및 억제하고 전력부하 평준화 등을 위하여 배전반에 최대수요전력제어장치 설치를 검토하여야 한다. 최대수요전력제어장치는 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정에 따른다.

4.5.2 수변전설비의 보호도체

(1) 접지설비에 관한 사항은 [KDS 32 40 20](#)에 따른다.

(2) 수변전설비의 보호도체 굵기에 관한 사항은 부록을 참조하여 설계할 수 있다.

4.5.3 접지도체 굵기

(1) 주접지단자와 접지극을 연결하는 접지도체의 굵기는 주접지단자에 연결되는 보호도체 중 가장 큰 굵기로 한다.

4.6 수변전설비 단선결선도 작성

(1) 설계순서도에서 결정된 수전방식, 수변전설비 구성기기, 변압방식, 변압기 구성 및 용량 등의 자료를 바탕으로 수변전설비 단선결선도를 작성한다.

(2) 설계완료 후 변압기용량이 최종적으로 결정되면 변압기용량과 전체 시스템에 적합하게 수변전설비 기기의 정격을 조정하여 단선결선도를 완성한다.

4.7 건축물의 에너지절약설계기준 등의 관련 규정 검토

(1) 수변전설비 구성 기기는 에너지절약을 도모할 수 있는 고효율에너지기자재 인증제품을 선정하며, 건축물의 에너지절약설계기준에서 정하고 있는 사항을 검토하여야 한다.

(2) 건축물의 위치와 주변 환경, 전기실의 위치 등을 검토하고, 지하공간 침수방지를 위한 수방기준에 따라 침수방지 대책을 검토하여야 한다.

(3) 인명안전을 위해 지진 후에도 반드시 기능해야 하는 전기 비구조요소에 대해서는 [KDS 41 17 00](#)(건축물 내진설계기준)에서 정하고 있는 사항을 검토하여야 한다.

(4) 전기설비 검사 및 점검의 방법·절차 등에 관한 고시에서 정하고 있는 사항을 검토하여야 한다.

(5) 건축물의 피난, 방화구조 등의 기준에 관한 규칙에서 정하고 있는 사항을 검토하여야 한다.

(6) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에서 정하고 있는 전기설비 설치공간 확보기준에 관한 사항을 검토하여야 한다.

(7) 공동주택과 준주택(오피스텔)에 설치하는 고압 이상의 변압기의 설치에 관한 사항은 KEC 351.6에 따른다.

4.8 전기실 면적 결정

(1) 수변전설비의 단선결선도를 바탕으로 수전전압, 수배전반의 수량 등을 고려하여 전기실의 면적을 결정한다.

(2) 전기실의 면적은 유지관리와 보수점검 및 장비 반입통로가 확보되어야 하며, 장래 증설이 예상되는 경우에는 이를 고려하여야 한다.

4.9 설계도서 작성

(1) 설계절차가 완료된 경우에는 전력기술관리법 등에서 정하는 설계도서를 작성한다.

부록 B. 22.9 kV 계통 수변전설비 배전반 금속외함의 보호도체 산정(참고)

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 부록은 수전용 배전반 금속외함의 보호도체 굵기를 선정하기 위한 절차에 대하여 예시로 기술하고 있으며, 설계자가 판단하여 결정할 수 있다.

1.2 적용범위

(1) 22.9 kV 수변전설비 금속외함과 배전반 2면 이상이 나란히 설치될 경우 배전반 내부 공통 보호도체 굽기 선정에 적용한다.

1.3 참고기준

- KS C IEC 60364-5-54 전기기기의 선정 및 설치-접지설비 및 보호도체
 - KS C IEC 60909-0 3상교류계통의 단락전류
 - KS C IEC 61936-1 교류 1 kV 초과 전력설비
 - KECG 1703-2019(접지시스템 설계방법에 관한 기술지침)
 - 한전설계기준 DS-2601
 - 한전설계기준 DS-4903
 - 한전설계기준 DS-4920(부표)
-

1.4 기호

S : 보호도체 굽기(mm^2)

t: 보호 장치 동작시간(초)

I_d: 지락전류(A)

k: 도체 재질(구리도체 적용), 초기온도와 최종온도에 따라 정해지는 계수

P: 한국전력공사 배전용 변압기 용량

(154 kV/22.9 kV/6.6 kV, 60 MVA)

V: 정격전압(22.9 kV)

E: 상전압($\frac{22.9}{\sqrt{3}}$ kV)

%Z: 지락사고 점에서 본 전원 측 %임피던스

NGR : Neutral Ground Reactor

2. 재료

(1) 간선 및 배선설비에 관한 사항은 [KDS 32 25 10](#)에 따른다.

3. 설계

3.1 설계조건

(1) 보호도체

- 접지용 비닐절연전선을 사용

(2) 보호도체 조건

- 초기온도 40°C, 최대허용온도 160°C 적용(*k* = 136)

$$k = \sqrt{\frac{Q_c(\beta+20^\circ\text{C})}{\rho_{20}}} \ln\left(\frac{\beta+\theta_f}{\beta+\theta_i}\right)$$

Q_c: 20°C에서 도체 재료의 용적 열용량

β: 해당도체 0°C에서 저항률의 온도계수(234.5)

ρ₂₀: 20°C에서 도체 재료의 전기적 저항률

θ_f : 도체의 최종온도 θ_i : 도체의 초기온도

$$\sqrt{\frac{Q_c(\beta+20^\circ\text{C})}{\rho_{20}}} = 226$$

$$k = 226 \times \sqrt{\ln\left(\frac{\beta+\theta_f}{\beta+\theta_i}\right)} = 226 \times \sqrt{\ln\left(\frac{234.5+160}{234.5+40}\right)} = 136$$

(3) 전원측(22.9 kV 가공배전선로) 전력계통의 설비 조건

① 한국전력공사 배전용 변압기 %Z(자기용량 기준)

정격용량	권 선	%Z 표기	용량	%Z
60 MVA	1차-2차	$\%Z_{HM}$	60 MVA	20.0
	2차-3차	$\%Z_M$	20 MVA	3.0
	3차-1차	$\%Z_{HL}$	20 MVA	10.0

② 배전선로의 선도체 ACSR 160 mm², 중성선 ACSR 95 mm²

③ 한전 배전용 변압기 22.9 kV 중성점 NGR 0.6 Ω (DS-4903 참조)

④ 기준용량 100 MVA

(4) 고장전류 지속시간 또는 보호장치 동작시간

- 1초로 한다.(DS 2601, KS C IEC 61936-1 참고)

(5) 22.9 kV 배전거리

- 1 km 적용(변전소~수용가)

(6) 계산식

① 보호도체 계산식

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} \times I = \frac{\sqrt{t}}{136} \times I \text{ mm}^2$$

여기서, I : 보호장치를 통해 흐를 수 있는 예상 고장전류 실효값(A)

② 지락전류 계산식

$$I_a = \frac{3 \times 100}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \times \text{기준 전류} \left(\frac{100 \text{MVA}}{\sqrt{3} \times 22.9 \text{kV}} \right)$$

$$Z_1 = Z_2 = Z_t + Z_{l1} \quad Z_0 = Z_t + Z_{l0} + (3 \times NGR)$$

Z_t : 한전 배전용 변압기 %Z

(정상분 Z_{HM} , 역상분 Z_{ML} 적용)

Z_{l1} : 선로의 정상 %Z

Z_{l0} : 선로의 역상 %Z

3.2 보호도체 산정 예시(22.9 kV 가공배전선로 1 km)

3.2.1 지락전류 산출

(1) 배전계통 100 MVA 기준 %임피던스 산출

① 배전용 변압기 (Z_t)

$$Z_{HM} = \frac{\text{기준 용량}}{\text{자기 용량}} \times \%Z = \frac{100}{60} \times 20 = j33.33 [\%]$$

$$Z_{ML} = \frac{\text{기준 용량}}{\text{자기 용량}} \times \%Z = \frac{100}{20} \times 3 = j15 [\%]$$

② 배전선로 (Z_{l1}) ACSR 160 mm²(DS-4920부표)

$$Z_{l1} = 3.47 + j7.46 [\%]$$

③ 배전선로(Z_{l0}) ACSR 160 mm²-95 mm²(DS-4920 부표)

$$Z_{l0} = 11.99 + j29.26 [\%]$$

$$④ Z_{NGR} = j0.6 \times \frac{\text{기준 용량}}{10 \times V^2} = j0.6 \times \frac{100,000}{10 \times 22.9^2} = j11.44 [\%]$$

⑤ 정상 및 역상 %임피던스(Z_1, Z_2) 합계

$$Z_1 = Z_2 = Z_{HM} + Z_{l1} = j33.33 + j7.46$$

$$= 3.47 + j40.79 [\%]$$

⑥ 역상 %임피던스(Z_0) 합계

$$Z_0 = Z_{ML} + Z_{l0} + (3 \times NGR)$$

$$= j15 + 11.99 + j29.26 + (3 \times j11.44) = 11.99 + j78.58 [\%]$$

(2) 지락전류 산정

$$I_a = \frac{3 \times 100}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \times \frac{100 \text{MVA}}{\sqrt{3} \times 22.9 \text{kV}}$$

$$= \frac{3 \times 100}{2(3.47 + j40.79) + (11.99 + j78.58)} \times \frac{100,000}{\sqrt{3} \times 22.9}$$

$$= 4,712.9 \text{ A}$$

(3) 보호도체 굽기 산정

$$S = \frac{\sqrt{k}}{k} I_g = \frac{\sqrt{1}}{136} \times 4,712.9 = 34.65 \text{ mm}^2$$

따라서, 22.9 kV 수전설비 배전반외함의 보호도체는 비닐절연전선 35 mm² 이상을 선정한다.

부록 C. 변압기 중성점 및 380-220 V 배전반 금속외함 보호도체 굽기 산정(참고)

3. 설계

3.1 설계 순서

(1) 설계 순서는 그림 부록 C-1에 따른다.



그림 부록 C-1 설계 순서도

3.2 설계조건

(1) 보호도체

- 접지용 비닐절연전선을 사용

(2) 보호도체(구리도체 적용) 조건

- 초기온도 40°C, 최대허용온도 160°C 적용($k=136$)

$$k = \sqrt{\frac{Q_c(\beta+20^\circ\text{C})}{\rho_{20}}} \ln\left(\frac{\beta+\theta_f}{\beta+\theta_i}\right)$$

Q_c : 20°C에서 도체 재료의 용적 열용량

β : 해당도체 0°C에서 저항률의 온도계수 역수(234.5)

ρ_{20} : 20°C에서 도체 재료의 전기적 저항률

θ_f : 도체의 최종온도 θ_i : 도체의 초기온도

$$\sqrt{\frac{Q_c(\beta+20^\circ\text{C})}{\rho_{20}}} = 226$$

$$k = 226 \times \sqrt{\ln\left(\frac{\beta+\theta_f}{\beta+\theta_i}\right)} = 226 \times \sqrt{\ln\left(\frac{234.5+160}{234.5+40}\right)} = 136$$

(3) 변압기 %임피던스(표준소비효율-몰드변압기 기준)

변압기 정격전압 22.9 kV/380-220 V		변압기 정격전압 6.6(3.3) kV/380-220 V	
변압기 용량[kVA]	% Z	변압기 용량[kVA]	% Z
300 ~ 750	6.0	300 ~ 500	5.0
1,000 ~ 3,000	7.0	600 ~ 1,000	6.0
-	-	1,250 ~ 3,000	7.0

(4) 변압기 사고

- 1선 지락전류 적용

(5) 변압기 2차 측 전압

(6) 보호도체

① 변압기 중성점에서 주접지단자반까지 보호도체 설치거리 5 m 적용

② 저압배전반 금속외함에서 주접지단자반까지 보호도체 설치거리 5 m 적용

(7) 비대칭계수

- 미적용

(8) 보호장치 동작시간

저압 측 보호장치의 동작시간은 고압 측 보호장치의 동작시간 1초를 고려하여 0.5초로 한다.

① KECG 1703-2019 1선 지락전류계산 시 사고전류 지속시간 0.5초

② 한전 보호계전기정정지침의 22.9 kV 배전계통의 OCGR 한시 동작시간 0.5초

(9) 계산식

① 보호도체 계산식

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} \times I = \frac{\sqrt{t}}{136} \times I \text{ mm}^2$$

여기서, I : 보호장치를 통해 흐를 수 있는 예상 고장전류 실효값(A)

② 지락전류 계산식

전력계통의 1선 지락사고전류 계산식 다음과 같다.

$$I_a = \frac{\sqrt{3} V}{Z_1 + Z_2 + Z_0} A$$

(Z_1, Z_2 : 정상, 역상 임피던스 Z_0 : 영상임피던스)

그러나, 구내 3상 4선식 배전계통의 경우 보호도체는 변압기 중성점에 연결되어 있어 1선 지락사고는 선도체와

보호도체가 단락된 상태이므로 이것은 단상 단락사고로 해석할 수 있으며, 1선 지락사고 점에서 전원까지 사고

계통의 전체 고장임피던스와 전원전압에 의거하여 다음 식으로 1선 지락사고전류를 산출할 수 있다.

$$I_a = \frac{V/\sqrt{3}}{Z} = \frac{E}{Z_t + Z_l + Z_{PE}} A$$

Z_t : 변압기 임피던스 Z_l : 선도체 임피던스

Z_{PE} : 보호도체 임피던스

(단, 변압기 2차 측 단자에서 주차단기(ACB 등)에 연결되는 선도체는 비교적 단면적이 크고 배선거리가 짧아서 사고계통 전체 고장임피던스 대비 선도체 임피던스가 상당히 작으므로 선도체 임피던스 Z_l 은 지락전류 산정에 서 무시한다)

③ 변압기 임피던스 계산식(변압기의 %임피던스를 변압기 임피던스로 환산)

$$Z = \frac{V^2 \times \%Z}{P[VA]} \times \frac{1}{100} = \frac{V^2 \times \%Z}{P[kVA]} \times 10^{-5} \Omega$$

④ 보호도체온도 160°C 일 때 저항조정계수 산출

$$\begin{aligned}\delta_c &= [1 + \alpha (T_c - T_m)] \times \delta_a \\ \delta_a &= \frac{1}{1 + \alpha (T_m - 20)} \\ &= \frac{1}{1 + 0.00393(70 - 20)} = 0.83577\end{aligned}$$

δ_b : 보호도체온도 160°C일 때 저항조정계수

α : 0.00393 δ_a : 0.83577 T_m : 160°C

$$\delta_b = [1 + 0.00393(160 - 20)] \times 0.83577 = 1.2956$$

3.3 보호도체 산정 예시

[전제조건]

여기서, 보호도체는 변압기 중성점보호도체와 저압배전반 금속외함 보호도체이며, 주접지단자함까지 배선거리
는 각각 5 m, 전체 배선거리 10 m로 한다.

(1) 변압기용량- 300 kVA 이하(%Z = 5%, $X/R = 4.15$)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(kVA)} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 5}{300} \times 10^{-5} = 0.024066 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.02406}{\sqrt{1 + (4.15)^2}} = 0.005636 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1+1/(X/R)^2}} = \frac{0.02406}{\sqrt{1+1/(4.15)^2}} = j0.02339 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연전선 50㎟(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : $Z=0.4637+j 0.1056 \Omega/\text{km}$

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.4637 \times 1.2956) + j 0.1056] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.006007 + j 0.001056 = 0.0060991 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.005636 + j0.02339 + 0.006007 + j0.001056} = 8.125 \text{ A}$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 8.125 = 42.2 \text{㎟}$$

따라서, 보호도체 50㎟ 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.

(2) 변압기용량 - 500 kVA(%Z = 5%, $X/R = 4.69$)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(\text{kVA})} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 5}{500} \times 10^{-5} = 0.01444 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1+(X/R)^2}} = \frac{0.01444}{\sqrt{1+(4.69)^2}} = 0.003011 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1+1/(X/R)^2}} = \frac{0.01444}{\sqrt{1+1/(4.69)^2}} = j0.014122 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연전선 70㎟(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : $Z=0.3217+j 0.1012 \Omega/\text{km}$

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.3217 \times 1.2956) + j 0.1012] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.004167 + j 0.001012 = 0.004288 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.003011 + j 0.014122 + 0.004167 + j 0.001012} = 13,134.3 \text{ A}$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 13,134.3 = 68.3 \text{ mm}^2$$

따라서, 보호도체 70 mm² 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.

(3) 변압기용량 - 750 kVA(%Z = 6%, X/R = 5.24)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(\text{kVA})} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 6}{750} \times 10^{-5} = 0.011552 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.011552}{\sqrt{1 + (5.24)^2}} = 0.002165 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + 1/(X/R)^2}} = \frac{0.011552}{\sqrt{1 + 1/(5.24)^2}} = j0.011347 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연전선 95 mm²(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : $Z=0.2324+j 0.1017 \Omega/\text{km}$

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.2324 \times 1.2956) + j 0.1056] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.003011 + j 0.001056 = 0.003190 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.002165 + j0.011347 + 0.003011 + j0.001056} = 16,369.4 \text{ A}$$

④ 보호도체 굽기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 16,369.4 = 85.1 \text{ mm}^2$$

따라서, 보호도체 95 mm² 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굽기 이상으로 한다.

(4) 변압기용량 - 1,000 kVA(%Z = 6%, X/R = 5.71)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(kVA)} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 6}{1000} \times 10^{-5} = 0.008664 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.008664}{\sqrt{1 + (5.71)^2}} = 0.001494 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + 1/(X/R)^2}} = \frac{0.008664}{\sqrt{1 + 1/(5.71)^2}} = j0.008534 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연전선 120 mm²(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : Z=0.185+j 0.0995 Ω/km

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.185 \times 1.2956) + j 0.0995] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.002396 + j 0.000995 = 0.002594 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.001494 + j0.008534 + 0.002396 + j0.000995} = 21,375 \text{ A}$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 21,375 = 111.1 \text{ mm}^2$$

따라서, 보호도체 120 mm² 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.

(5) 변압기용량 - 1,250 kVA(%Z = 7%, X/R = 6.14)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(kVA)} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 7}{1250} \times 10^{-5} = 0.0080864 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.0080864}{\sqrt{1 + (6.14)^2}} = 0.0012999 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + 1/(X/R)^2}} = \frac{0.0080864}{\sqrt{1 + 1/(6.14)^2}} = j0.007981 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연선 120 mm²(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : Z=0.185+j 0.0995 Ω/km

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.185 \times 1.2956) + j 0.0995] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.002396 + j 0.000995 = 0.002594 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.0012999 + j0.007981 + 0.002396 + j0.000995} = 22,663.8 \text{ A}$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 22,663.8 = 117.8 \text{ mm}^2$$

따라서, 보호도체 120 mm² 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.

(6) 변압기용량 - 1,500 kVA(%Z = 7%, X/R = 6.54)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(kVA)} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 7}{1500} \times 10^{-5} = 0.0067386 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.0067386}{\sqrt{1 + (6.54)^2}} = 0.0010185 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + 1/(X/R)^2}} = \frac{0.0067386}{\sqrt{1 + 1/(6.54)^2}} = j0.006661 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연전선 150 mm²(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : Z=0.1508+j 0.0992 Ω/km

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.1508 \times 1.2956) + j0.0992] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.001953 + j0.000992 = 0.002190 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.0010185 + j0.006661 + 0.001953 + j0.000992} = 26,797.8 A$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 26,797.8 = 139.3 \text{ mm}^2$$

따라서, 보호도체 150 mm² 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.

(7) 변압기용량 - 1,750 kVA(%Z = 7%, X/R = 6.92)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(kVA)} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 7}{1750} \times 10^{-5} = 0.005776 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.005776}{\sqrt{1 + (6.92)^2}} = 0.0008261 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + 1/(X/R)^2}} = \frac{0.005776}{\sqrt{1 + 1/(6.92)^2}} = j0.0057166 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연전선 185㎟(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : $Z = 0.1216 + j 0.0999 \Omega/km$

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.1216 \times 1.2956) + j 0.0999] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.001575 + j 0.000999 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.0008261 + j0.0057166 + 0.001575 + j0.000999} = 30,847.1 A$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 30,847.1 = 160.4 \text{㎟}$$

따라서, 보호도체 185㎟ 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.

(8) 변압기용량 - 2,000 kVA(%Z = 7%, $X/R = 7.29$)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(kVA)} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 7}{2000} \times 10^{-5} = 0.005054 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.005054}{\sqrt{1 + (7.29)^2}} = 0.0006868 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + 1/(X/R)^2}} = \frac{0.005054}{\sqrt{1 + 1/(7.29)^2}} = j0.005007 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연전선 185㎟(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : $Z = 0.1216 + j 0.0999 \Omega/km$

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.1216 \times 1.2956) + j 0.0999] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.001575 + j 0.000999 = 0.001865 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.0006868 + j 0.005007 + 0.001575 + j 0.000999} = 34,279.8 A$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 34,279.8 = 178.2 \text{㎟}$$

따라서, 보호도체 185㎟ 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.

(9) 변압기용량 - 2,500 kVA(%Z = 7%, $X/R = 10.47$)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(kVA)} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 7}{2500} \times 10^{-5} = 0.0040432 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.0040432}{\sqrt{1 + (10.47)^2}} = 0.00038442 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + 1/(X/R)^2}} = \frac{0.0040432}{\sqrt{1 + 1/(10.47)^2}} = j0.00400665 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연전선 240㎟(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : $Z=0.0942+j 0.0993 \Omega/\text{km}$

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.0942 \times 1.2956) + j 0.0993] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.001220 + j 0.000993 = 0.001573 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.00038442 + j 0.00400665 + 0.001220 + j 0.000993} = 41,898.6 \text{ A}$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 41,898.6 = 217.8 \text{ mm}^2$$

따라서, 보호도체 240 mm² 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.

(10) 변압기용량 - 3,000 kVA(%Z = 7%, X/R = 10.8)

① 변압기 임피던스 산출

$$Z_t = \frac{V^2 \times \%Z}{P(\text{kVA})} \times 10^{-5} = \frac{380^2 \times 7}{3000} \times 10^{-5} = 0.003369 \Omega$$

$$R_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + (X/R)^2}} = \frac{0.003369}{\sqrt{1 + (10.8)^2}} = 0.0003106 \Omega$$

$$X_t = \frac{Z_t}{\sqrt{1 + 1/(X/R)^2}} = \frac{0.003369}{\sqrt{1 + 1/(10.8)^2}} = j0.00335465 \Omega$$

② 보호도체 임피던스

1) 보호도체는 비닐절연선 300 mm²(10 m) 예상

2) 보호도체온도 160°C일 때 임피던스 산출

도체온도 70°C 임피던스 : $Z=0.0768+j 0.0988 \Omega/\text{km}$

도체온도 160°C 임피던스

$$Z_{PE} = [(0.0768 \times 1.2956) + j 0.0988] \div 1000 \times 10$$

$$= 0.000995 + j 0.000988 \Omega$$

③ 1선 지락전류 산출

$$I_a = \frac{E}{Z_t + Z_{PE}} = \frac{220}{0.0003106 + j0.00335465 + 0.000995 + j0.000988} = 48,515.1 \text{ A}$$

④ 보호도체 굵기 산출

$$S = \frac{\sqrt{t}}{k} I_a = \frac{\sqrt{0.5}}{136} \times 48,515.1 = 252.2 \text{ mm}^2$$

따라서, 보호도체 300 mm² 이상을 선정하며, 배전반 내의 공통 보호도체(버스바 등)는 이 굵기 이상으로 한다.
