

KR E-02070

Rev.7, 15. February 2021

변전기기

2021. 02. 15



국가철도공단

목 차

1. 변전기기	1
해설 1. 변전기기	3
1. 일반사항	3
2. 설비구성	3
2.1 주회로 구성의 일반사항	3
2.2 변전설비 단선결선도의 구성	4
3. 변전소의 설비	5
3.1 일반사항	5
3.2 기기선정 및 사양	5
3.3 기기배치	37
참조 1. 변전소 등의 설비	43
1. 가스절연개폐장치(GIS)	43
1.1 170kV 가스절연개폐장치(S/S)	43
1.2 72.5kV 가스절연개폐장치(S/S)	44
1.3 72.5kV 가스절연개폐장치(SP, SSP)	44
2. 급전용 변압기	45
2.1 정격 및 사양	45
2.2 임피던스 검토	46
3. 단권변압기(AT)	51
3.1 정격 및 사양	51
3.2 단권변압기 용량계산	51
4. 차단기	52
4.1 차단기의 정격	52
4.2 표준동작책무(Standard Duty Cycle)	52
4.3 조작성능	53
4.4 정격투입용량 및 단시간전류용량	53
5. 전자식배전반	54
5.1 전철급전용 배전반(전자식 및 기계식)	54



6. 직·교류 무정전전원장치	55
6.1 무정전 전원장치 운전개요	55
6.2 축전지 종류별 특성 비교	56
RECORD HISTORY	60

경 과 조 치

이 철도설계지침 및 편람(KR CODE) 이전에 이미 시행중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 철도설계지침 및 편람을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 철도설계지침 및 편람 (KR CODE)을 국제적인 방식에 맞게 체계를 각 항목별(코드별)로 변경 하였습니다. 또한, 모든 항목에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 항목별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 철도설계지침 및 편람(KR CODE)은 개정 소요가 발생할 때 마다 각 항목별 수정되어 공단 EPMS, CPMS, 홈페이지 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.
- 철도설계지침 및 편람(KR CODE)에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(편람) 부분은 설계용역 업무수행에 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서로 한다.

1. 변전기기

변전소 등에 설치하는 기기는 다음 각호와 같다

- (1) 급전용변압기는 3상 스코트결선을 적용하며, 예비용 변압기를 확보한다. 단, 부득이한 경우 다른 결선 방식도 적용할 수 있다.
- (2) 변압기류(급전용변압기·단권변압기·절연변압기·변성기 등)는 그 회로의 단락전류에 견딜 수 있는 것으로 한다.
- (3) 단권변압기는 순시 최대전력 및 단락강도 등을 고려하여 변전소 및 보조구분소 등으로 구분하여 설계한다.
- (4) 평균 부하역률은 90[%] 이상으로 유지함을 기준으로 하고, 필요시 역률보상 설비를 적용할 수 있도록 한다.
- (5) 가스절연개폐장치(GIS)는 전기적, 기계적으로 충분한 내구성을 가지고 조작성이 원활하며 계통에 맞게 적정한 전압계급을 적용하여 설계한다.
- (6) 변전소의 급전측에는 급전구간의 단락전류를 자동으로 차단하는 차단기를 설치하고, 그 용량은 계통의 증설계획을 감안하여 결정하며, 기종과 동작책무 및 차단시간은 다음 표에 의한다.

정격전압(kV)	종류	정격	
		표준 동작책무	차단시간
170	가스차단기 (GIS)	O-0.3초-CO-3분-CO	3 사이클
72.5 29	가스차단기 (GIS)	O-0.3초-CO-3분-CO	3 또는 5 사이클

※ 비고 : O는 보호계전기과 차단기의 동작시간을 합한 것이며 60사이클을 기준으로 하고, 고속도개폐로 미적용 차단기의 표준동작책무는 CO-15초-CO로 한다.

- (7) 전철 제어반은 디지털계전기방식을 적용하며, 인출구분용 동력단로기의 제어장치를 수용한다.
- (8) 제어용 교류전원은 상용 및 예비로 구성한다.
- (9) 변전기기의 소음기준 및 저감대책을 검토하여 제시한다.
- (10) 전력품질유지를 위하여 상시 전력품질을 측정, 분석할 수 있는 설비를 반영하여야 하며, 부하변동에 따라 전력품질이 기준치를 초과할 경우 관련 보상장치를 시설할 수 있다.
- (11) 체계적인 유지보수를 위하여 예방 진단설비 등을 따로 정하여 설계에 반영한다.
- (12) 단로기는 설치장소에 적합한 기종을 선정하고, 필요에 따라 변압기의 여자전류를 개폐할 수 있는 것으로 한다.
- (13) 수전회로와 급전회로에 설치하는 단로기 중 1조는 동력 조작식으로 하고 보안쇄정을 한다.



(14) 계기용변성기는 다음 표에 의하며, 변류기 부담 및 정격과전류 강도는 계통선로의 상태에 따라 선정한다.

* 변류기

구분	회로최고 전압	과전류 정수	정격부담	오차계급		
계전기용 변류기	362kV 이하	20	B-1(25VA)	C100	T100	X100
			B-2(50VA)	C200	T200	X200
			B-4(100VA)	C400	T400	X400
			B-8(200VA)	C800	T800	X800
			B-12(300VA)	C1200	T1200	X1200
계기용 변류기	-	-	B-0.5(12.5VA) B-0.9(22.5VA) B-1.2(30VA) B-1.8(45VA)	1.2		

(주1) 오차계급의 T는 권선형(Wound Type)에만 적용토록 한다.

(주2) 오차계급의 X는 전압동방식, 보호와 계측 공용변류기에 적용한다.

* 계기용변압기

최고회로전압(KV)	정격부담(VA)		오차계급
7.2	50	100	1.0
25.8	100	200	
72.5	100	200	
170	200	300	

(15) 변전소등의 직렬콘덴서는 급전용변압기 또는 전차선로 전압강하분을 보상하며, 분수조파 발생을 억제할 수 있어야 한다.

(16) 변전소등의 병렬콘덴서는 필요한 경우에 설치하며, 평균 부하역률은 90[%] 이상으로 유지하고 급전회로에서 발생하는 고조파를 억제할 수 있어야 한다.

(17) 전차선로의 지락 또는 선간단락사고 위치를 검출하기 위하여 고장점표정장치 등을 시설한다.

(18) 기기배치시 기기의 상호간격은 최소한의 이격거리를 확보하여야 하며, 그 배치는 기능유지 및 보수점검을 감안하여 설치하여야 한다.

해설 1. 변전기기

1. 일반사항

- (1) 변전소등의 계통을 구성하는 각종 기기는 운용 및 유지보수성, 시공성, 내구성, 효율, 친환경성, 안정성 및 경제성 등을 종합적으로 고려하여 다음 각 호와 같이 합리적으로 선정한다.
- ① 급전용변압기는 3상 스코트결선을 적용하며, 예비용 변압기를 확보한다. 단, 부득이한 경우 다른 방식도 적용할 수 있다.
 - ② 단권변압기의 용량은 순시 최대전력 및 단락강도 등을 고려하여 변전소 및 보조구분소 등으로 구분하여 설계한다.
 - ③ 차단기는 계통의 장래계획을 감안하여 용량을 결정하고, 회로의 특성에 따라 기종과 동작책무 및 차단시간을 선정한다.
 - ④ 단로기는 설치장소에 적합한 기종을 선정하고, 필요에 따라 변압기의 여자전류를 개폐할 수 있는 것으로 한다.
 - ⑤ 평균 부하역률은 90[%] 이상으로 유지함을 기준으로 하고, 필요시 역률보상설비를 설치한다.
 - ⑥ 가스절연개폐장치(GIS)의 구조는 전기적, 기계적으로 충분한 내구성을 가지고 조작성이 원활하며 계통에 맞게 적정한 전압계급을 적용하여 설계한다.
 - ⑦ 제어반의 경우 디지털계전기방식을 적용한다.
 - ⑧ 원격감시제어기능을 갖출 수 있도록 설계한다.
 - ⑨ 제어용 교류전원은 상용과 예비의 2계통으로 구성한다.
 - ⑩ 주변지역의 민원을 예방하기 위하여 필요한 각 변전기기의 소음기준 및 저감대책을 검토하여 제시한다.
 - ⑪ 변전설비용 전철제어반 콘트롤러(변전소), 정류기는 제어전원의 안전성 확보를 위하여 변전소 및 급전 구분소에 대하여 이중화로 구성한다.
 - ⑫ CU는 무인운영시의 원격제어 안전성 확보를 위해 모든 변전설비에 대하여 이중화로 구성한다.

2. 설비구성

2.1 주회로 구성의 일반사항

- (1) 변전소의 기능, 기기사양, 배치, 입지조건 등을 고려하여 설비가 극히 적고 간결하게 하여, 보전과 경제성에 대하여 구체적으로 검토하여 구성한다.
- (2) 수전회로 및 급전회로는 특별한 사유가 없는 한 가스절연개폐장치(GIS)를 채택함을 표준으로 한다.



- (3) 수전회로는 예비 1회선을 포함하여 2회선을 표준으로 하며 급전용 변압기도 2뱅크를 설치한다.
- (4) 전원변전소와의 계통운용상 그 계통의 보호 및 사고전류의 차단이 행해지는 경우는 차단기를 생략할 수가 있다.
- (5) 수전, 급전설비는 차단기와 동력조작단로기를 조합한 전기연동 작동식으로 하고 보안쇄정을 시설하며, 고압배전 설비도 이것에 준한다.

2.2 변전설비 단선결선도의 구성

2.2.1 전철변전소 단선결선도의 구성

교류전기 철도용 변전소는 한국전력공사의 66kV 및 154kV 전력계통으로부터 3상 교류 전력을 공급받아 전차선 부하의 불평형율을 최소화할 수 있는 급전선용 변압기를 사용하여 급전전압인 55kV로 강압한 다음 단권변압기에 의해 전기차의 운전에 필요한 전원을 전차선로에 공급하는 단권변압기(AT) 급전방식을 채용하여 구성하였으며 그 주요설비는 다음과 같다.

- (1) 한국전력 전력계통으로부터 전력을 받는 수전설비 : 단로기, 차단기, 피뢰기, 거래용 계량장치, 변류기, 계기용변압기
- (2) 수전전압을 운전용 전압으로 강압하는 변압설비 : 스코트 결선변압기
- (3) 전차선로에 전력을 급전하는 급전설비 : 단로기, 차단기, 피뢰기, 변류기, 계기용변압기, 단권변압기로 구성되며 그밖에 소내전원설비, 원격감시제어설비로 소규모제어장치 무인화설비 등으로 구성되어 있다. 단선결선도는 표준도에 의한다.

2.2.2 급전구분소 단선결선도의 구성

교류전기철도 급전회로는 인접한 변전소의 전압과 위상이 다르기 때문에 단독 급전을 하여야 하며 인접한 두 개의 변전소 사이에 구분소를 두어 절연구분장치(Neutral Section)에 의한 각각 다른 전원의 혼축을 방지하도록 하고 있다.

구분소에는 급전구간 구분 설비 외에 인접 변전소의 고장에 대비하여 연장급전 설비와 일부구간의 사고 또는 보수시에 해당 구간만을 급단전할 수 있도록 상·하선 Tie 설비를 하고 그 주요 설비로는 차단기, 단로기, 피뢰기, 변류기, 계기용 변압기, 단권 변압기 등으로 구성되며 그밖에 소내전원설비, 무인화설비 등을 한다.

단선결선도는 표준도에 의한다.

2.2.3 보조급전구분소 단선결선도의 구성

보조급전구분소는 전기차에 전력을 공급하는 단권변압기를 설치하여 전기차 운전에 필요한 전원을 전차선로에 급전하는 설비로 1개의 변전소 급전구간에 약 8~10(km) 간격으로 설치되며 선로 사고시 또는 보수시 해당 구간만을 구분하여 정전 범위를 축소시키는 목적과 전기차 운전에 따른 통신유도의 경감 및 전압강하의 보상 효과를 갖고 있으며 그 주요설비는 선로구분 및 급전을 위한 급전설비(단로기, 차단기,

피뢰기, 계기용 변압기, 단권변압기) 및 무인화설비 등이 있다. 단선결선도는 표준도에 의한다.

3. 변전소의 설비

3.1 일반사항

- (1) 변전소등의 주회로는 간결한 구성으로 하고 다음의 각 호에 의하는 외에, 표준도에 의한다.
- (2) 변전설비는 가스절연개폐장치(GIS)를 표준으로 한다.
- (3) 수전 및 급전회로에 설치하는 단로기 중에 1조는 동력조작식으로 하고 보안쇄정이 가능하도록 한다.
- (4) 급전용 변압기의 2차 회로는 상대 변전소와 동상이 되도록 설치한다.

3.2 기기선정 및 사양

3.2.1 기기의 선정

- (1) 변전소등에 설치하는 기기는 KS, KRS 및 IEC와 공단이 지정하는 규격에 의하되 다음 각 호에 의한 사용개소에 적합한 것을 선정한다.
- (2) 변전소 등에 설치하는 기기는 변전소 부하의 상태, 변전소의 환경 등을 감안하여 제일 적절한 것을 선정함과 동시에 다음 사항을 고려한다.
 - ① 표준화
기기를 표준화하는 것에 의해 설계시공이 용이하고 검사보수의 합리화를 도모한다.
 - ② 성력화
설계에 관하여는 무보수 개념으로 기기를 선정하는 것으로 한다.
 - ③ 신뢰도
채용하는 기기는 사용조건에 대해 신뢰도가 충분히 높고 수명관리에 적절한 것으로 한다.
 - ④ 설비환경
환경조건이 열악한 변전소 등에 설치하는 기기에 대하여는 염진대책, 소음대책, 방화대책, 한냉지 적설대책 등을 고려한다.

3.2.2 기준

변전소등에 설치하는 기기는 다음 기준을 만족하여야 한다.

- (1) 전기설비 기술기준 및 판단기준, 내선규정, 건축전기설비 설계기준
- (2) 철도설계기준(시스템편)
- (3) 한국산업표준규격(KS)



(4) 한국전력공사규격(ES)

(5) 한국철도시설공단규격(KRSA)

이 기준에 준용하는 국외 기준 등은 다음과 같다. 단, 국내 법령, 기준과 국외 기준의 내용이나 항목이 다른 경우 국외 기준이나 항목은 참고사항으로 고려한다.

- ① 국제전기기술위원회(IEC)
- ② 전기전자기술자협회(IEEE)
- ③ 국제철도연맹(UIC)
- ④ 유럽표준(EN)
- ⑤ 미국표준협회(ANSI)
- ⑥ 유럽기준표준규격(CENELEC)

여기에 명시되지 않은 사항이라 하더라도 국제표준 및 이에 근접한 기술요건, 안전 수준을 확보 할 기술적 근거가 있을 경우 전기분야의 설계에 다른 법규 및 규정을 준용할 수 있다.

3.2.3 가스절연개폐장치(GIS)

전력수요의 증가에 따라 최근의 변전소는 점차로 고전압화 되는 추세이다. 대도시 주변이나 도심지에 위치하게 되는 변전소 등은 용지 구입이 점차 곤란해지고 있으며 염해, 먼지 등에 의한 절연물의 오손, 소음 공해, 안정성 등에 대해서도 고려를 해야 한다.

또한 산업의 고도화에 따라 점차 인력 문제가 대두되고 있고 운전의 자동화, 보수의 합리화 및 설치 공사의 성력화가 요구되고 있으며, 건물 내에 설치가 가능한 소형의 고전압 변전 설비를 필요로 하게 된다.

이를 만족하기 위하여 도체가 공기 중에 노출된 철구형 설비들로 구성된 변전 설비를 지양하고 높은 절연력을 갖는 SF6 가스를 이용한 가스절연 개폐장치(GIS)가 사용되고 있다.

(1) GIS의 내장 기기

- ① 차단기(Gas Circuit Breaker)
- ② 모선(Main Bus)
- ③ 단로기(Disconnecting Switch)
- ④ 접지 개폐기(Earthing Switch)
- ⑤ 피뢰기(Lightning Arrester)
- ⑥ 계기용 변압기(Potential Transformer)
- ⑦ 계기용 변류기(Current Transformer)

⑧ 케이블 단말장치(Cable Sealing End, 지중선로인 경우)

⑨ 에어 부싱(Air Bushing, 가공선로인 경우)

(2) GIS의 특징

① 설치 면적의 축소화

절연내력이 우수한 SF6 가스를 이용하여 개폐 장치를 대폭 축소하였고, 장치의 입체 배치, 접속되는 기타 기기 및 송전 계통과의 관계를 고려하면 종전의 변전 설비에 비해 설치 면적이 약1/4 정도로 축소되고 옥내 설치도 가능하여 건물 및 부지의 비용 절감 효과가 매우 크다.

② 높은 안정성

모든 충전부는 접지된 탱크 내에 내장되고 SF6 가스로 절연되어 있으므로 감전에 대한 위험이 없다. 더구나 SF6 가스는 불연성이기 때문에 화재의 위험이 없으며 안정성이 대폭 향상되어 인구 밀도가 높은 도심지에 아주 적합하다.

③ 고도의 신뢰성

도전부, 절연부, 접속부 등의 충전부가 전부 가스로 충전된 금속 용기에 완전히 밀폐되어 있으므로 염해, 먼지 등에 의한 오손이나 강풍, 뇌 등의 외부 환경에 영향을 받지 않으며, 만일 내부 사고가 발생하더라도 가스 구획이 구분되어 있어 사고 확대가 방지되는 등 신뢰성이 대단히 높다.

④ 보수 점검의 성력화

절연물 접촉자 등이 안정성이 높은 SF6 가스 중에 설치되어 있으므로 열화나 마모가 적어 모선이나 단로기 등의 보수가 필요 없으며, 차단기의 점검은 5~6년에 1번 정도면 충분하므로 보수 유지가 상당히 간편하다.

⑤ 설치기간의 단축

수송 및 포장을 고려하여 가능한 한 각 유닛별로 완전히 조립한 상태로 공급하므로 설치가 간편하고 설치 기간이 단축된다.

⑥ 저소음

차단기를 포함한 개폐 장치 모두가 탱크 내에 완전 밀폐되어 있으므로 조작 중의 소음이 적고 라디오 방해 전파를 줄일 수 있다.

(3) 일반구조

GIS의 구조는 전기적, 기계적으로 충분한 내구성을 갖고, 각 구성기기의 조작은 원활 확실하고, 보수 점검은 안전, 용이하도록 제작되어야 한다. 개별기기 및 GIS의 사용 실적에서 특히 다음 사항을 고려하여야 한다.

① 기계적 충격이 가해지는 장소에 사용하는 부품은 오랜 기간에 손상이나 변형이 없어야 하고, 연결부는 장기간 사용에 의한 이완이 되지 않는 구조로 한다.

② 각종 패키징은 사용개소에 의해 내열성, 내유성, 기후 등을 고려하고, 장기간 사용에



대한 충분한 성능을 유지하는 것을 사용한다. 특히 탱크플랜지실(tank flange seal) 먼 등은 우수(雨水)등에 의한 녹이 생기지 않도록 하여야 한다.

③ 옥외용GIS의 가스 감시반등은, 먼지나 우수의 침입이 안 되는 구조로 하고, 결론나 녹 등에 의하여 지장이 없는 구조로 한다.

(4) 시스템 구성

GIS는 증설이나 사고복구 시에 정지범위를 국한시키는 동시에 작업의 효율화와 신뢰성, 안전성을 기할 수 있도록 시스템구성상 고려되어야 한다. 또한 교환이 필요한 각 부품, 구성기기는 부품 또는 작은 블록마다 호환성이 있으며, 상당한 조정을 하지 않고 교체가 되도록 되어야 한다.

(5) 모선

모선은 주모선과 접속모선으로 분류되고 필요한 개소에 가스구분 절연 칸막이를 설치한다. 또한 설치, 열신축, 상대 변위 등을 고려한 구조로 하고, 필요한 경우에는 신축 이음매를 시설하여 필요에 의해 보수용 착탈장치를 설치한다.

(6) 다른 기기와의 접속부

GIS는 변압기·전력케이블 등의 다른 기기와 접속 가능하도록 한다. 또한 접속부는 접속작업성, 사고시의 작업성을 고려한 구조로 함과 동시에 기기 상호간의 전기적, 기계적, 열적 영향에 의해 각각의 기기에 실용상 지장을 주지 않도록 고려해야 한다. 접속부는 전기적, 기계적으로 충분한 강도가 있고, 장기간의 사용에 견디어야 한다. 또한 접속부의 조립 치수 및 제작, 시공의 접합구분은 당사자간의 협의에 의해 결정한다. 접속부에서 기기 상호간에 미치는 영향의 예는 아래와 같다.

종 류	접속부에서 기기 상호간에 미치는 영향의 예
전기적영향	<ul style="list-style-type: none"> GIS와 다른 기기와의 탱크간을 절연하지 않는 경우 탱크간에 전자유도에 의한 순환전류 및 지락에 의한 사고전류가 흐른다. GIS와 다른 기기와의 탱크간을 절연하는 경우 탱크간의 절연접속부에 주회로의 뇌서어지, 개폐서어지 등에 의한 유도전압이 발생한다.
기계적영향	<ul style="list-style-type: none"> GIS와 다른 기기의 기초가 다른 경우는 기초분할부에서 상대변위가 생길 수 있다. GIS를 변압기 또는 리액터와 직결한 경우는 변압기, 리액터의 여자 진동이 GIS에 전파할 수 있다.
열적영향	<ul style="list-style-type: none"> GIS를 케이블과 접속하는 경우는 GIS도체에서 케이블도체에, 역으로 케이블도체에서 GIS도체로 열이 전달된다. 탱크의 열신축에 의해 기기에 기계적 응력을 발생시킬 수 있다.

변전설비 접속개소중 고조파저감설비, 전차선로 지중인출, GIB(GOB로 연결된 변압기)는 Cable Plug-In 접속재를 적용한다.

(7) 기계적 강도

GIS각부는 아래의 하중에 견딜 수 있는 충분한 강도를 갖는 것으로 해야한다.

- ① 차단기 또는 단로기 등의 조작시의 충격하중, 단락시의 전자력에 추가하여 4.9m/s에서 일정한 수평가속도의 정적하중의 중첩.
- ② 차단기 또는 단로기 등의 조작시의 충격하중, 단락시의 전자력에 추가하여 40m/s의 풍압의 중첩
- ③ 지진파를 정현파로서 가대 하단을 진동을 추가한 때 공진 시의 동적하중. 다만, 당사자간의 협의에 의해 정해진 사이클 이내에서의 공진 시의 하중으로 한다.
또한 변압기 등의 진동성격이 틀린 다른 기기와의 접촉부나, 과도응답특성이 다른 복수의 분할기초상에 GIS를 설치하는 경우의 인접기기간의 접촉부는 그 응답특성이 다른 것을 고려한 내진구조로 할 필요가 있다.

(8) 탱크강도

사용 상태에서 압력이 가해지는 부분은 최고 사용압력에 충분히 견디도록 소정의 기준에 맞도록 제작되어야 한다. 또한 GIS내부 고장에 대하여 탱크의 강도는 주 보호 계전기에 의한 고장제거시간까지의 가스압력 상승에 견디어야 한다.

(9) 가스구분 및 가스의 순도

① 가스구분

GIS에서 구분할 필요가 있는 부분은 독립된 가스구분으로 하지만, 가스구분을 가능하게 해야 한다. 또한 각 가스구분에 수분 또는 분해가스를 흡착하는 흡착제를 구비해야 한다.

② 가스감시구분

가스구분은 하나 혹은 복수를 통합하여 GIS의 운용, 보수 등에 필요한 가스감시구분을 구성해야 한다. 가스감시구분은 대기 혹은 인접 가스감시구분에 가스 누설이 없도록 적절한 기밀구조를 갖추어야 한다. 대기로의 가스 누설량은 1wt%/년 이하로 한다. 또한 각 가스감시구분에는 가스감시장치를 설치해야 한다.

③ 가스의 밀도

가. SF6가스의 순도는 GIS에 봉입한 상태에서 95wt%/년 이상으로 한다.

나. SF6가스중의 수분량은 GIS에 봉입한 상태에서 표 이하로 한다.

표 2. SF6가스중의 수분량

기 기	기준치
전류를 개폐하지 않는 기기	500 vol ppm
전류를 개폐하는 기기	0 vol ppm



(10) 접지방식

GIS의 탱크 및 지지대는 모두 접지할 수 있는 구조라야 한다. 또한 GIS구조의 구분에 의해 접지방식은 표와 같이 한다.

표 3. GIS의 구조구분과 접지방식

구조구분	접지방식
3상일괄형	다점접지방식
상분리형	다점접지방식 혹은 일점접지방식
3상일괄형과 상분리형이 섞인 경우	다점접지방식과 일점접지방식을 병용

(11) 제어 감시장치

① 조작

제어 감시장치의 조작은 안전, 원활 확실히 하는 것이어야 한다.

② 개폐표시

차단기, 단로기 및 접지개폐장치에는 개폐상태를 확인할 수 있도록 기계적, 혹은 전기적 개폐표시장치를 설치한다.

③ 경보와 쇄정

가. 가스압력 저하경보

가스압력이 최저 보증압력 및 경보가스압력으로 되었을 경우에 경보를 울린다. 다만, 정격가스압력 > 경보가스압력 ≥ 최저보증가스압력으로 하여 구체적인 값은 당사자간의 협의에서 결정한다. 또한 GIS의 기본성능이 SF6가스의 밀도에 의존하기 때문에 20℃로 환산한 압력, 결국 밀도로 관리하는 방법이 적절하다.

나. 조작쇄정

차단기의 가스밀도 혹은 조작압력이 최저 보증치 이하로 되는 경우는 차단기를 조작할 수 없도록 쇄정하는 것으로 한다. 또한 전류 개폐능력을 필요로 하는 차단기, 접지 개폐기의 쇄정의 필요 여부에 대해서는 당사자간의 협의에 의한다.

(12) 정격

① 정격전압

정격전압은 GIS에 부과될 수 있는 사용회로 전압의 상한을 말하며 계통의 공칭전압에 따라 표를 표준으로 한다.

표 4. 정격전압의 표준치

공칭전압(kV)	정격전압(kV)
27.5	29
66	72.5
154	170

② 절연강도

GIS의 절연강도는 표에 의한다.

표 5. GIS의 절연강도(170kV이하)

정격전압 (kV, rms)	상용주파수내전압 (kV, 실효치)		뇌임펄스전압 (kV, 파고치) 1.2/50 μ s	
	대지 및 극간, 상간	DS극간	대지 및 극간, 상간	DS극간
29	110	110	220, 250	220
72.5	140	160	325	375
170	325	375	750	860

③ 정격주파수

정격주파수는 이 GIS가 규정의 조건에 적합하도록 설계된 주파수를 말하며 60Hz로 한다.

④ 정격전류

주회로의 정격전류는 정격전압, 정격주파수하에서 규정된 온도상승한도를 초과하지 않고 그 회로에 연속적으로 흘릴 수 있는 전류한도를 말하며 표를 표준으로 하고 표시방법은 다음과 같다.

가. 회로 단위에 있어 분기회로의 정격전류와 모선의 정격전류가 다른 경우

(예) 분기 1,250A/모선 2,000A

나. 정격전류가 다른 여러 개의 회로단위로 구성될 경우

(예) 분기 1,250/2,000/4,000A/모선 4,000A

다. 정격전류가 다른 여러 개의 회로단위로 구성되어 전체 정격전류를 약칭할 필요가 있는 경우는 분기 또는 모선의 정격전류 최대의 것으로 표시한다.

⑤ 정격단시간 전류

가. GIS의 정격단시간 전류(rms)를 1초간 그 장치에 흘렸을 때 이상이 발생하지 않는 전류의 최대한도를 말하며 표를 표준으로 한다.



나. 정격단시간 전류의 최대 파고치는 정격치의 2.6배로 한다.

표 6. GIS의 정격표준치

정격전압(kV)	정격단시간전류 (kA, rms)	정격전류(A)	비 고
29	20	630, 200	
72.5	20	1,200 2,000	
	31.5	1,250 2,000	
170	31.5	1,250 2,000	
	50	1,250 2,000 3,150 (4,000)	
	(63)	(2,000) (4,000)	

⑥ 정격조작전압, 조작압력 및 제어전압의 변동범위는 표와 같다.

장치 및 기구별		정 격 치	변동범위
조 작 장 치	전자조작의 정격조작전압		투입 : 정격치의 85 ~ 110% 트립 : 정격치의 60 ~ 125%
	전동스프링조작의 정격조작전압	DC 110V 또는 AC단상 220V 또는 3상220V, 380V	투입 : 정격치의 85 ~ 110%
	유압조작방식의 정격조작압력	-	정격치의 85 ~ 110%
제 어 장 치	정격제어전압	DC 110V	투입 : 정격치의 75 ~ 125% 트립 : 정격치의 60 ~ 125%
		AC 단상 220V	투입 : 정격치의 85 ~ 110% 트립 : 정격치의 60 ~ 125%
	정격제어압력		정격치의 85 ~ 110%

(13) 수송·설치

① 수송

GIS의 수송방식은 기기의 정격 및 구성에 의해 다르지만 일괄수송방식과 분할수송방식이 있다. 기기의 형태와 수송제한을 고려하여 수송방법을 선정한다.

가. 일괄수송방식

일괄수송방식이라는 것은 각 회로 단위에서 구성기와 부속품을 완전 장착한 상태로 수송하는 방법이다.

나. 분할수송방식

분할수송방식은 각 회로 단위를 어느 정도의 구성기기그룹으로 분할하여 수송하는

방식이다.

② 설치

설치된 상태의 GIS는 외기의 영향을 받지 않고, 높은 신뢰성이 있다. 설치 시에도 그 신뢰성을 확보하기 위한 작업관리는 중요하고, 특히 현장 도킹작업에는 GIS의 기본 성능에 영향을 미치는 먼지나 수분 등에 주의하여 작업을 할 필요가 있다. 가스의 충전에 있어서는 기기 내부를 진공으로 유지하고 건조한 후 SF6가스를 규정 압력까지 충전한다.

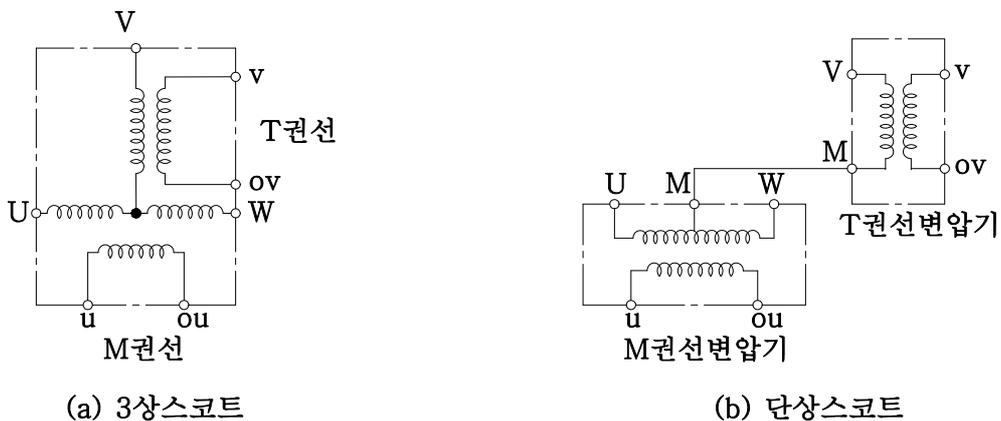
3.2.4 급전용 변압기

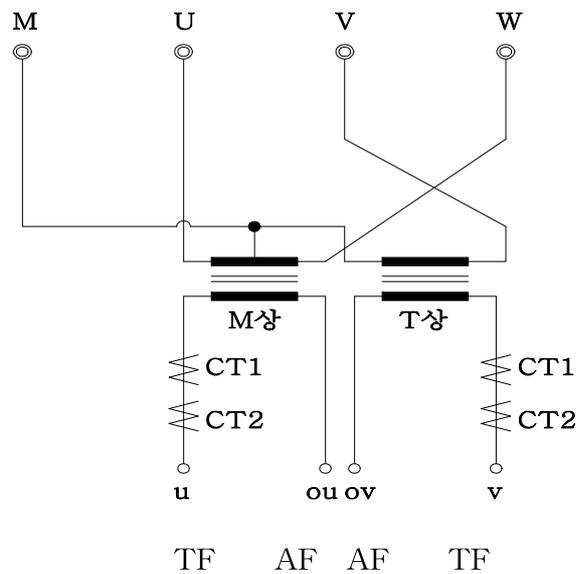
교류구간에는 교류 전기차에 적합한 단상교류전력으로 변환하기 위하여 3상 전원계통에 미치는 전력 불평형을 적게 할 수 있는 스코트결선 변압기를 이용한다.

(1) 스코트결선 변압기

전철 급전용 변압기는 스코트 결선(Scott Connection) 변압기로서 1차, 2차 권선비가 $N : n$ 인 단상변압기 (M상 변압기) 1대와, 권선비가 $0.866 N : n$ 인 단상변압기(T상 변압기) 1대를 M좌 1차 권선의 중간점에 T형으로 결선되어 있어 한전으로부터 3상 154kV(또는 345kV) 를 수전받아 전철 급전전압인 단상 55kV로 변압하여 전차선로에 전기차 운전용 전원을 공급하는 변압기로서 이 변압기는 권선, 철심, 부상, 피뢰기, 절연유, 부하시 탭절환장치, 방출안전장치, 콘서베이터, 방열장치, 냉각 팬, 모타 및 기타부품으로 구성되어 있다. 무부하 탭절환장치는 변압기 2차 측에 단상 NLTC 2조를 설치하여 2차 M상, T상의 전압을 개별 조정할 수 있도록 조작 기구와 탭 위치 지시판을 구비하여야 하고, 무부하 탭 절환장치는 전동, 또는 수동 운전이 가능해야 하고, 어느 형이든 외부에서 수동으로 조작할 수 있어야 한다.

그림에 표시된 결선으로 3상 전력을 단상으로 변환한다.





(c) 전차선 연결 및 CT위치

그림 1. 급전용 변압기 결선

- ① 일반적으로 스코트결선은 단상 변압기를 (b)와 같이 접속하여 사용하는 것이지만, 교류급전용은 (a)도와 같이 1개의 변압기내에 결선된 3/2상 스코트결선 변압기를 표준으로 하고 있다.
- ② 급전용 변압기와 전차선의 연결 및 CT의 위치는 (c)에 의한다.
- ③ 1차 및 2차측의 전압과 전류의 관계는 다음의 각 식에 의한다. 다만, 누설임피던스, 여자임피던스 등의 조건은 생략한다. 그림에 전압 전류를 표시한다.

1차선간전압 : E_1 (V)

2차선간전압 : E_2 (V) (다만, $E_2 = E_M = E_T$ E_M : M권선2차전압,
 E_T : T권선2차전압)

1차전류 : I_U, I_V, I_W (A)

2차전류 : I_M (A) (M권선), I_T (A) (T권선) 으로 하면,

가. 권선비 M권선
$$\frac{[UM]}{E_M} = \frac{E_1}{E_2} = m \text{ ----- (1)}$$

T권선
$$\frac{[VM]}{E_T} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} E_1}{E_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} m \text{ ----- (2)}$$

나. 1차측 상전류

$$I_U = I_W = \sqrt{I_{UM}^2 + I_{UT}^2} \text{ ----- (3)}$$

$$I_V = I_{VT} \text{ ----- (4)}$$

I_{UM} : M권선부하에 의한 1차U상 전류

I_{UT} : T권선부하에 의한 1차U상 전류

I_{VT} : T권선부하에 의한 1차V상 전류

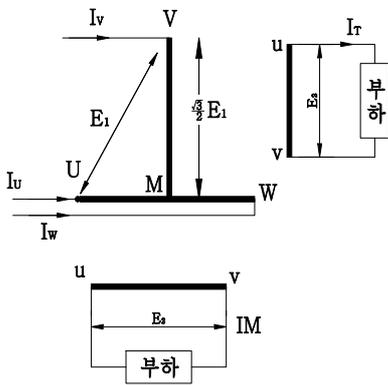
(M권선부하에 의한 1차V상에는 전류가 흐르지 않음)

$$I_{UM} = \frac{1}{m} \cdot I_M \text{----- (5)}$$

$$I_{UT} = \frac{1}{2} \cdot I_{VT} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}m} \cdot I_T \text{----- (6)}$$

$$I_{VT} = \frac{2}{\sqrt{3}m} I_T \text{----- (7)}$$

(계산예)



$$E_1 = 154(kV) \quad E_2 = 55 (kV)$$

$$I_M = 800 (A) \quad I_T = 1200 (A)$$

$$m = 154/55 = 2.8$$

$$I_{UM} = \frac{I_M}{m} = \frac{800}{2.8} = 286(A)$$

$$I_{UT} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}m} \cdot 1200 = 247(A)$$

$$I_U = I_W = \sqrt{I_{UM}^2 + I_{UT}^2} = \sqrt{286^2 + 247^2} = 378 (A)$$

$$I_V = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{2.8} \times 1200 = 495 (A)$$



(2) 유입 변압기가 발생하는 소음의 정도는 표에 의한다.

표 7. 유입변압기의 소음레벨 기준치(KS C 4313)

등 가 2 권 선 용 량 (kVA)									소음 레벨 db
기준충격과 절연강도(BIL)									
350kV 이하			450kV	550kV	650kV	900kV		1050kV	
A	B	C	A	B	C	A	B	C	
700									57
1,000									58
			700						59
1,500			1,000						60
2,000									61
2,500			1,500						62
3,000			2,000						63
4,000			2,500						64
5,000			3,000						65
6,000			4,000						66
7,500		6,250	5,000		3,750				67
10,000		7,500	6,000		5,000				68
12,500		9,375	7,500		6,250				69
15,000		12,500	10,000		7,500				70
20,000		1,667	12,500		9,375				71
25,000	20,000	20,800	15,000		12,500				72
30,000	26,667	25,000	20,000		16,667		12,500		73
40,000	33,333	33,333	20,000		20,000	20,800	15,000		74
50,000	40,000	41,667	30,000		26,667	25,000	20,000	16,667	75
60,000	53,333	50,000	40,000		33,333	33,333	25,000	20,000	20,800
80,000	66,667	66,667	50,000		40,000	41,667	30,000	26,667	25,000
100,000	80,000	83,333	60,000		53,333	50,000	40,000	33,333	33,333
	106,667	100,000	80,000		66,667	66,667	50,000	40,000	41,667
	133,333	133,333	100,000		80,000	83,333	60,000	53,333	50,000
		166,667			106,667	100,000	80,000	66,667	66,667
		200,000			133,333	133,333	100,000	80,000	83,333
		250,000				166,667		106,667	100,000
		300,000				200,000		133,333	133,333

- (주) 1. A : 유입자냉식(OA), 유입수냉식(OW), 송유수냉식(FOA)
 B : 유입풍냉식(FA) 및 송유풍냉식(FOA)의 제1단계
 C : 유입풍냉식(FA) 및 송유풍냉식(FOA)의 제2단계 연속송유풍냉식(FOA)
 2. 등가2권선용량은 모든 권선용량의 합계의 1/2용량을 의미한다.
 3. B, C란의 소음레벨은 보조냉각장치가 운전중에 있을 때의 레벨이다.
 4. 당 용량이 없을 경우는 차 상위 용량의 것을 적용한다.

(3) 변압기의 표준 임피던스

변압기의 임피던스는 30MVA 이하-10%, 30MVA초과 60MVA까지-12.5%, 60MVA 초과-15%를 표준으로 하지만 계통의 차단기의 차단용량의 여유가 있을 경우는 표준보다 낮출 수 있다.

표 8. 변압기의 임피던스(참고치)

고압권선 절연계급 (kV)	저압권선 절연계급 (kV)	%임피던스 범위			
		OA, OW, OA/FA* OA/FA/FOA*		FOA FOW	
		최소	최대	최소	최대
15	15	4.5	7.0	6.75	10.5
	25	5.5	8.0	8.25	12.0
34.5	15	6.0	8.0	9.00	12.0
	25	6.5	9.0	9.75	13.5
46	25	6.5	9.0	9.75	13.5
	34.5	7.0	10.0	10.50	15.0
69	34.5	7.0	10.0	10.50	15.0
	46	8.0	11.0	12.00	16.5
92	34.5	7.5	10.5	11.25	15.75
	69	8.5	12.5	12.75	18.75
115	34.5	8.0	12.0	12.00	18.0
	69	9.0	14.0	13.50	21.0
	92	10.0	15.0	15.00	23.25
138	34.5	8.5	13.0	12.75	19.5
	69	9.5	15.0	14.25	22.5
	115	10.5	17.0	15.75	25.5
161	46	9.5	15.0	13.50	21.0
	92	10.5	16.0	15.75	24.0
	138	11.5	18.0	17.25	27.0
196	46	10.0	15.0	15.00	22.5
	92	11.5	17.0	17.25	25.5
	161	12.5	19.0	18.75	28.5
230	46	11.0	16.0	16.50	24.0
	92	12.5	18.0	18.75	27.0
	161	14.0	20.0	21.00	30.0

(주) 1. 상기 표는 온도상승 55℃의 2권선 변압기의 표준 임피던스의 범위를 나타낸다.

2. *표시는 OA/FA, OA/FA/FOA의 자냉식 변압기의 임피던스를 표시한다.

3. 변압기의 냉각방식의 구분은 아래와 같다.

OA : 유입자냉식

OW : 유입수냉식

OA/FA : 유입자냉/유입풍냉식

OA/FA/FOA : 유입자냉/유입풍냉/송유풍냉식

FOA : 송유풍냉식-공기냉각기 부착

FOW : 송유수냉식-수냉각기 부착

4. 단권변압기의 임피던스는 회로의 정격전압을 알 때 다음 계수를 곱하여 얻는다.

$$\left(\frac{HV-LV}{HV} \right)$$

5. 참고문헌 : Electrical Transmission and Distribution Reference Book (Page 99) Westinghouse Electric Corporation 발행



3.2.5 단권변압기

단권변압기(AT)는 급전구간내의 전압강하 및 통신유도장애를 경감시키기 위하여 개략 10km 간격으로 위치하고 있는 S/S, SP, SSP에 설치한다.

변전소 및 급전구분소에는 비상시 바로 운용될 수 있도록 예비 단권변압기를 설치한다.

(1) 단권변압기의 정격용량은 열차운전에 필요한 용량으로 하고, 인접하는 AT구간내의 부하를 산정한다.

(2) 단권변압기의 권선은 전원을 포함한 단락용량에 견디어야 한다.

(주) 1. AT의 정격용량은 자기용량과 선로용량의 표시가 있으나, 자기용량을 갖는 정격용량이다. 그러므로 자기용량=1/2 x (선로용량)의 관계가 있다.

2. 변압기는 정격전류의 2.5배의 과전류에 견딘다.

3.2.6 교류차단기

(1) 일반사항

① 교류차단기는 전선로에 발생한 사고전류를 확실히 차단할 수 있어야 한다.

② 차단기는 진공차단기 및 가스차단기 중 설치장소의 환경과 회로의 조건에 의해 기기의 특징을 활용하여 선정한다.

(2) 차단기의 정격표준치

차단기의 정격의 표준치는 표에 의한다.

표 9. 차단기 정격의 표준치

정격전압 (kV)	정격차단 전 류 (kA, rms)	정 격 전 류 (A, rms)				정격투입 전 류 (kA, rms)	정격차단 시간 (cycle) 60Hz기준
72.5	(12.5)	(1250)				32.5	5
	20	1250	2000			52	
	31.5	1250	2000	(3150)	(4000)	82	
170	31.5	1250	2000			82	3
	(40)	(1250)	(2000)			104	
	50	1250	2000	3150	(4000)	130	
	63		2000		4000	164	

(주) 괄호안의 숫자는 특수한 장소나 미래의 계통용량 변동에 대비한 비표준품임

(3) 교류차단기의 특징

각 차단기의 특징은 표에 의한다.

표 10. 교류 차단기의 특징

		진공차단기	가스차단기 (단일 압력식)
구조	소호부분	단순	단순
	조작기구	단순	단순
	기 타		가스압력 검출회로 필요
취 급	조작기구의 점검만	일정기간 조작기구를 제외하고 무점검 가능	
발 생 음	작음	작음	
내 오 손	밀봉형도 가능하므로 용이	가스밀봉장치 혹은 부싱형이 가능하므로 용이	
차 단 용 량	대	대	
가 격	가스차단기와 동등	부싱형은 동일 용량의 공기차단기보다 저가	

(4) 동작책무

변전소의 급전측에는 급전구간의 단락전류를 자동적으로 차단하는 차단기를 설치하고 용량은 전원의 장래계획을 감안하여 결정하며, 기종과 동작책무 및 차단시간은 다음 표에 의한다.

정격전압(KV)	종류	정격	
		표준 동작책무	차단시간
25.8	가스차단기 (GIS)	O-0.3초-CO-15초-CO	5 사이클
72.5	가스차단기 (GIS)	O-0.3초-CO-3분-CO	3 또는 5 사이클
170	가스차단기 (GIS)	O-0.3초-CO-3분-CO	3 사이클

(5) 차단기 적용상의 주의사항

- ① 차단용량은 장래의 전원계통의 확장을 고려한다.
- ② 교류급전용 차단기는 표준동작책무가 고속도 제투입용으로 한다. 제투입 시간은 전차선로의 무전압 시간이 0.5초가 되도록 계전기 동작시간을 포함하여 고려한다.

3.2.7 단로기

단로기는 장기간의 사용에 의한 접촉면의 거칠어짐이나 접촉저항의 변화를 적게 해야 한다.

- (1) 단로기의 정격은 표에 의한다.
- (2) 정격 단시간전류는 계통의 단락전류를 계산하여 결정한다.
- (3) 동력조작은 전동조작 혹은 공기조작방식으로 한다.



(4) 변압기의 큰 여자전류를 개폐하는 경우는 아크접촉자를 설치한다.

표 11. 단로기의 정격

정격전압 (kV)	단시간정격전류 (kA)(rms)	정격전류 (A)(rms)			
72.5	12.5	1250			
	20	1250	2000		
	31.5	1250	2000	3150	4000
170	31.5	1250	2000		
	40	1250	2000		
	50	1250	2000	3150	4000
	63		2000		4000

3.2.8 계기용 변성기

고압 및 대전류를 보호계전기 계측기 및 제어에 사용하여 낮은 전압 전류로 변성하는 것으로 계기용과 보호계전기용이 있으나 보호계전기용을 표준으로 사용한다.

(1) 계기용 변압기

① 정격의 선정

정격의 선정은 표에 의한다.

표 12. 계기용 변압기의 정격전압

회로최고 전압(kV)	상 수	정격1차 전압(kV)	정격2차 전압(kV)	정격3차 전압(kV)	형 식	비 고
55	단상	55	110	-	유입형 가스형	단상비접지형
72.5	단상	$\frac{66,000}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	"	단상접지형
72.5	3상	66,000	110	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	"	3상접지형
170	단상	$\frac{154,000}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}/110$	$\frac{110}{\sqrt{3}}/110$	"	단상접지형
170	3상	154,000	$\frac{110}{\sqrt{3}}/110$	$\frac{110}{\sqrt{3}}/110$	"	3상접지형

② 계기용 변압기의 정격부담

계기용 변압기의 정격부담은 설계시 제작사의 자료를 입수하여 결정한다.

표 13. 계기용변압기의 정격부담(참고)

최고회로전압(kV)	정격2차부담(VA)		정격3차부담(VA)		
72.5	100	200	100	200	
170	200	300	200	500	1,000

(2) 변류기

① 형식의 선정

변류기는 조합하여 사용하는 계전기의 성능과 협조할 수 있는 범위로 변압기, 교류 차단기의 부상에 내장한다.

변류기의 최고 회로전압 및 형식은 표에 의한다.

표 14. 변류기의 최고회로전압 및 형식

계통공칭전압(kV)	최고회로전압(kV)	형식(절연방식)
66	72.5	유입형
154	170	유입형 또는 가스형

② 정격전류는 조합하는 보호계전기의 특성을 충분히 고려함과 동시에 과전류강도가 부당하게 크지 않도록 선정한다. 변류기의 정격전류는 표에 의한다.

표 15. 변류기의 정격전류

정격 1 차 전 류 (A)			정격2차전류(A)
2 중 비		다 중 비	
50/25	800/400	600/400/(300)/200/100	5
100/50	1200/600	1200/800/600/400/(200)	
200/100	2000/1000	2000/1500/1200/800/(400)	
400/200	3000/1500	3000/2000/1500/1200/800	
600/300	4000/2000	4000/3000/2000/1500/1000	

(주) 괄호안의 변류기 1차전류 다중비 탭은 설치대상기기 및 사용목적에 따라 생략할 수 있다.

③ 정격부담 및 오차계급

정격부담은 2차 도체 부담을 고려하고 사용부담은 정격부담을 초과하지 않도록 선정한다. 표에 정격부담 및 오차계급을 표시한다.



표 16. 계전기용 정격부담 및 오차계급

부 담	오 차 계 급
B-1 (25VA)	C100 T100
B-2 (50VA)	C200 T200
B-4 (100VA)	C400 T400
B-8 (200VA)	C800 T800

(주) 오차계급의 T는 권선형(Wound Type)에만 적용토록 한다.

표 17. 계기용 정격부담 및 오차계급

부 담	오 차 계 급
B-0.5 (12.5VA)	1.2
B-0.9 (22.5VA)	
B-1.8 (45VA)	

④ 정격과전류정수는 일반적으로 계전기의 정정범위에서 생각하여 $n > 10$ 로서 충분하고, 부상형 변류기에는 1차정격전류에서 $n > 5$ 로 되는 것도 있다.

⑤ 정격내전류는 계통의 단락전류를 산출하여 정격과전류강도(배수표시) 혹은 정격과전류(전류표시)로 나타낸다. 배수치에 의한 값이 큰 경우는 전류표시로 한다.

표에 정격과전류강도(배수표시)와 표에 정격과전류(전류표시)를 나타낸다.

(주) 현재 변류기의 과전류 보증으로서 정격전류의 배수치 표시와 일정 과전류 표시의 2종류가 있어 어느 것도 사용할 수 있다.

(예) 단락전류 12kA(66kV)

변류기 정격전류75A의 경우는 정격과전류강도(배수표시)에 의하면 $12000 / 75 = 160$ 배로 되어 표에 의하면 300배로 되지만, 정격과전류(전류표시)로 하면 12.5kA로 되므로 이 경우 12.5kA 표시로 된다.

표 18. 변류기의 정격과전류강도

정격과전류강도	보증하는 과전류
40	정격1차전류의 40배
75	정격1차전류의 75배
150	정격1차전류의 150배
300	정격1차전류의 300배

(주) 정격과전류강도가 300을 초과하는 경우는 특수품으로 한다.

표 19. 변류기의 정격과전류(전류표시)

최고전압(kV)	정 격 과 전 류 (kA)							
72.5	12.5	20	25	31.5				
138, 170	12.5	20	25	31.5	40	50	63	

(주) 정격과전류를 정격과전류강도로 환산한 값이 300을 초과하는 경우는 특수품으로 한다.

3.2.9 직렬콘덴서

급전변압기의 전압강하 분을 보상할 경우 변압기2차 측에 직렬콘덴서를 설치한다.

(1) 정격의 선정

- ① 정격리액턴스는 변압기의 리액턴스와 수전계통의 리액턴스 합이 80~90%이하로 한다.
- ② 정격전류는 변압기 2차 정격전류의 60%증가하는 정도를 고려하여 표에서 선정한다.

(2) 회로전압

AT방식에는 AF회로에 접속하고 50kV로 한다.

표 20. 직렬콘덴서 정격

변압기용량 (MVA)	변압기2차 정격전압 (kV)	콘덴서 리액턴스(Ω)		콘덴서 정격전류 (A)
		변압기 1차전압		
		77kV이하	110kV이상	
10	22	76	-	400
15	22	50	64	600
	44	20	25	300
20	22	38	48	800
	44	15	19	400
30	44	-	12	600

(주) 1. 콘덴서 리액턴스는 개략 수치임.

2. 상기 표는 일본 계통의 자료로서 참고용임.

3.2.10 병렬콘덴서

부하역률을 90%이상으로 개선하는 경우 급전모선에 콘덴서를 설치한다.

(1) 병렬콘덴서의 용량

병렬콘덴서의 용량은 개선목표역률 및 이용범위를 설정하여 다음의 식에 의하여 결정한다.

$$Q = \frac{1}{K} \cdot W \left(\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_0} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1} \right)$$



$$K = \frac{A}{B}$$

$\cos \theta_0$: 개선전 역률

$\cos \theta$: 개선후 역률

Q : 콘덴서 용량(kVA)

K : 콘덴서의 이용율(%)

A : 부하전력에 의한 콘덴서 이용범위

B : 콘덴서가 이용되지 않는 범위

W : 평균부하(kW)

(2) 콘덴서의 단위 용량과 콘덴서군의 결선방식

콘덴서 및 직렬리액터의 정격 표는 일본 전철계통의 참고치를 수록한 것이며 콘덴서군의 결선방식은 표에 의한다.

표 21. 콘덴서 및 직렬리액터의 정격(참고)

항 목	정 격	
회 로 전 압 (kV)	20 , 40	30 , 60
상 수	단 상	
정 격 주 파 수 (Hz)	60	
용 량(kVA)	500, 1000, 1500, 2000	3000, 6000, 9000, 12000
직렬리액터의 리액턴스(%)	12 , 13	

JRS-31201-11

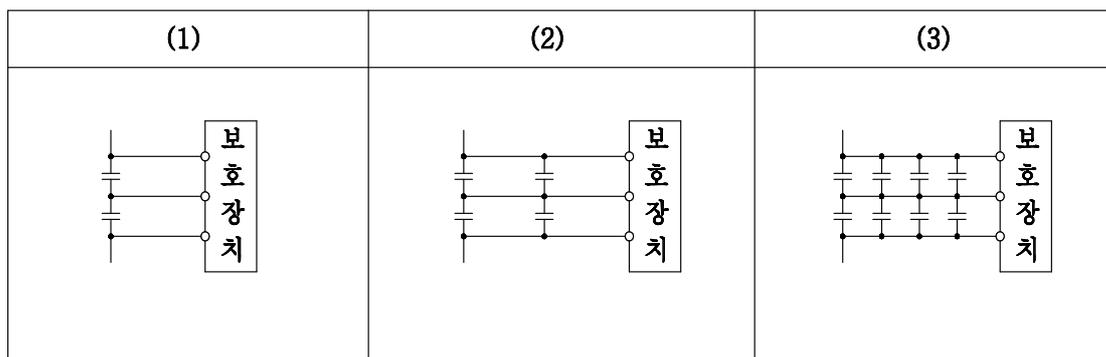


그림 2. 콘덴서군의 결선방식

(3) 직렬리액터

콘덴서의 용량리액턴스는 주파수에 역비례하고 주파수가 높은 만큼 리액턴스는 작게 되므로 전원전압에 고조파가 포함될 경우는 고조파 분을 증대시켜 파형을 찌그러트린다. 교류급전회로에는 전기차의 성질상 어느 정도의 제3, 5, 7의 고조파를 포함한 전류가 흘러, 급전회로의 인덕턴스와 콘덴서의 커패시턴스가 고주파에 공진하는 경우가 있다.

따라서 고조파에 대하여 콘덴서회로가 항상 유도성이 되도록 직렬리액터를 설치한다. 또한 그 리액터는 콘덴서를 투입하는 경우의 돌입전류를 작게하여 전차선에 투입 시 과도전압을 발생시키지 않도록 하는 작용이 있다.

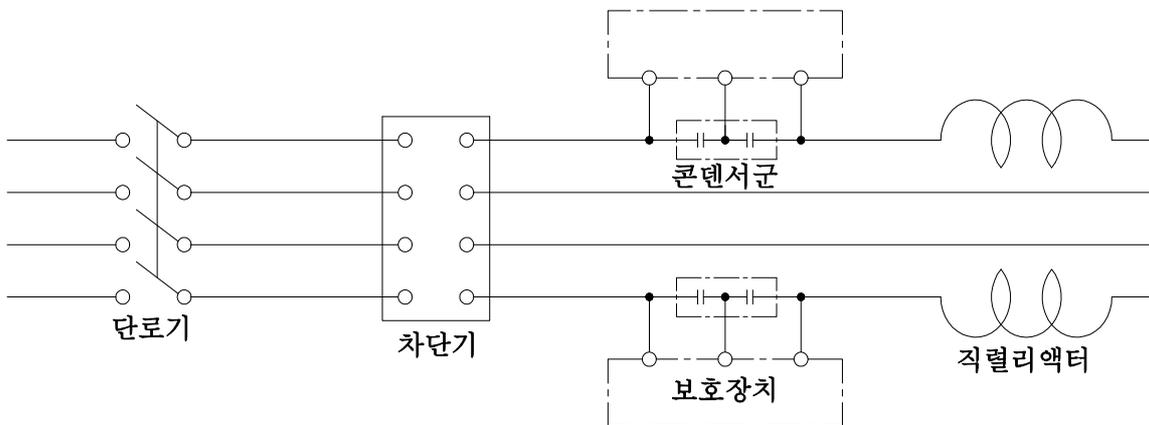
직렬리액터의 리액턴스는 표에서 콘덴서 리액턴스의 13%가 표준으로 되어 있지만, 고조파의 함유율이 큰 경우는 15%로 한다.

(4) 방전장치

콘덴서 개방 후의 잔류전하를 속히 방전시키기 위하여 방전장치를 설치하며 단상의 방전코일을 사용한다.

(5) 콘덴서용 차단기

콘덴서회로의 전류는 진상전류이기 때문에 일반 유도부하의 개폐와 사정이 다르며 투입시 돌입전류를 발생하여 접촉자를 소손시키고 개방시는 재점호하기 쉽다. 따라서 진상전류를 완전히 차단 가능한 전류용량을 갖는 것으로 한다.

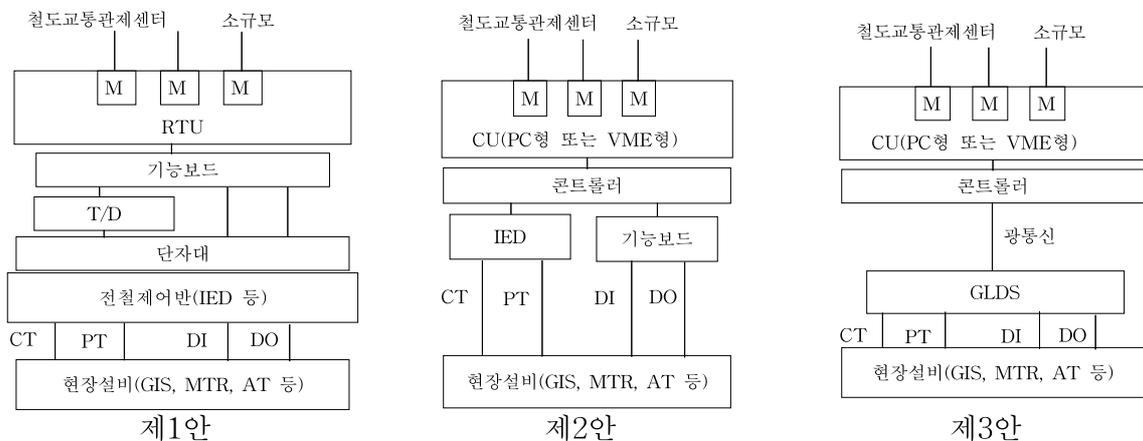


- (주) 1. 차단기는 수전용 차단기가 진상전류의 개폐를 할 수 없을 경우에 설치하고 기타의 경우에는 단로기를 동력조작으로 하여 차단기를 생략한다.
 2. 상기 차단기 동력조작식 단로기는 자동 연동으로 하여 전기제어소에는 콘덴서 고장 만 표시한다.

3.2.11 제어반(디지털형)

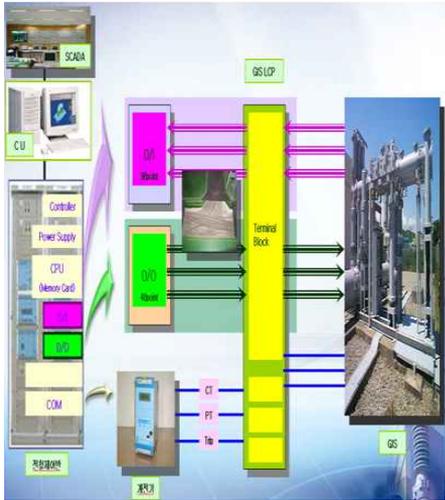
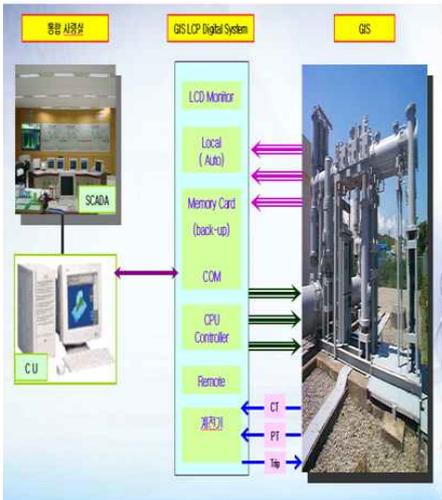
최근 전자산업의 발달에 따라 디지털 기술이 비약적으로 발전하게 되어 종래의 기계식 제어반에 사용되던 각종 보호계전기, 계기, 스위치, 램프, 변환기(Transducer) 등을 디지털화하여 집중화된 다기능 디지털 보호장치를 장치한 제어반을 제어반(디지털형)이라 한다.

전철용 제어반(디지털형) 시스템과 원격감시제어장치와의 인터페이스는 다음과 같이 3개의 유형으로 구성된다. 각유형별 시스템구성 개요는 아래 그림과 같다.



- M : Modem(모뎀)
- RTU : Remote Terminal Unit(원격소장치)
- CU : Communication Unit (통신장치)
- IED : Intelligent Electronic Device (디지털 전력보호 감시 및 제어장치)
- T/D : Transducer(트랜스듀서)
- CT : Current Transformer(변류기)의 출력값
- PT : Potential Transformer(변성기)의 출력값
- DO : Digital Output(제어 케이블)
- DI : Digital Input(감시 케이블)
- G.L.D.S : GIS LCP Digital System

제1안은 원격제어 설비에서 별도의 RTU를 설치하여 배전반 혹은 전철제어반 제어, 감시, CT 및 PT단자에서 직접 제어선을 RTU에 연결하여 철도교통관제센터 SCADA SYSTEM과 소규모 SCADA SYSTEM으로 데이터를 전송하고 제어명령을 수행하는 방법이고 2안과 3안은 전철제어반의 콘트롤러에서 데이터를 전송받아서 CU를 통해 SCADA SYSTEM으로 데이터를 전송하고 제어명령을 수행하는 방법이다. 제2안은 전철제어반에 CU를 설치하여 GIS 등 현장설비에 제어선 및 PT, CT선을 전철제어반 단자에 접속하는 방법으로 CU는 PC형 과 VME형이 있으며, 운용자의 편리성을 위하여 과거에 맵보드형으로 설치하던 것을 모니터 등 디스플레이를 설치하여 전력계통을 그래픽으로 구성하여 운전을 용이하게 하고 있으며 제3안은 전철제어반(전철용 전자식 제어반)으로 사용할 목적으로 2006년도 상반기 구매조건부신제품개발사업으로 연구개발('06. 6. 1~07. 5. 31)을 완료한 후 현장성능검증('09. 1. 19)을 완료 하여 전철 G.L.D.S(GIS LCP Digital System)반을 2009년부터 구매하여 설치하고 있는 GLDS의 예이다. 전철GLDS는 기존의 전철제어반을 대신에 GIS실에 보호계전기반 및 전철제어반(콘트롤러)을 설치하여 광전송방식으로 데이터를 전철제어반실의 콘트롤러에 전송하여 CU를 통하여 전기관제실과 통신하여 원격제어기능을 수행하고 있다.

구분	기존 전철제어반	전철제어반(GLDS)
설치위치	<ul style="list-style-type: none"> 전철제어반실 	<ul style="list-style-type: none"> G.I.S실
신뢰성	<ul style="list-style-type: none"> 전력공급시스템의 공급신뢰도 높음 고장 및 사고분석시 원인규명 곤란 일부 자기진단 기능내장 	<ul style="list-style-type: none"> 전력공급시스템의 공급신뢰도 높음 고장 및 사고분석시 원인규명 명확 (S.O.E : Sequence Of Events) 전체 자기진단 기능내장(계전기, 제어기기) 신뢰성 및 안정성 향상 <ul style="list-style-type: none"> 콘트롤러 CPU, POWER, I/O통신이중화 (경부2단계구간)
수정성	<ul style="list-style-type: none"> 기존 S/W 수정으로 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 동일
시공성	<ul style="list-style-type: none"> GIS실~전철제어반실 제어케이블 포설 등 시공 불편 	<ul style="list-style-type: none"> 제어케이블 간소화로 시공 간편 <ul style="list-style-type: none"> 제어케이블 핏트 축소 가능
경제성	<ul style="list-style-type: none"> 제품가격 고가 <ul style="list-style-type: none"> 전철GLDS반 보다 가격 고가 	<ul style="list-style-type: none"> 예산절감 <ul style="list-style-type: none"> 제품가격 저렴 제어케이블 시공 불필요 경부2단계구간 변전설비 RTU 불필요 등
운전보안	<ul style="list-style-type: none"> 쇄정 및 해정 기능 보유 	<ul style="list-style-type: none"> 동일
유지보수	<ul style="list-style-type: none"> G.I.S~전철제어반과 제어케이블 구성되어 유지보수시 점검시간 과다 Fault Points 과다 존재(고장발생빈도 상승 우려) 	<ul style="list-style-type: none"> G.I.S~전철G.L.D.S간 제어케이블이 최소화로 구성되어 유지보수 점검용이 전철GLDS와 상위 시스템간 인터페이스 용이
구성도		

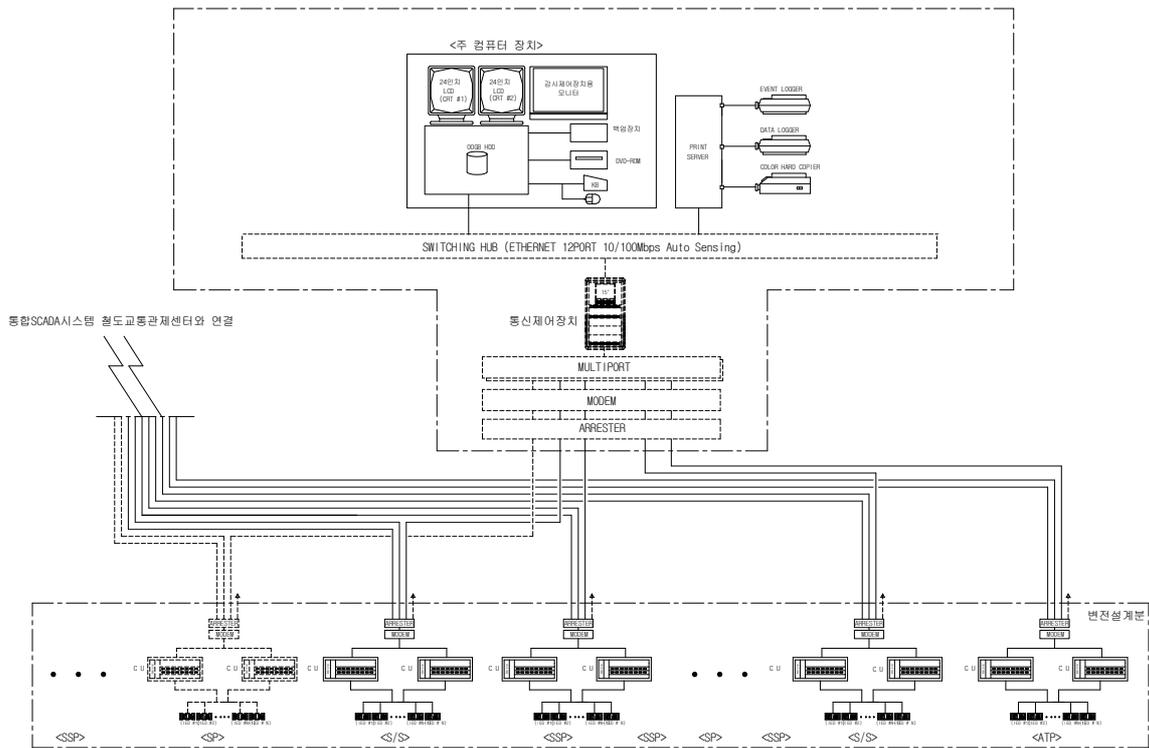


그림 3. 소규모 제어장치 구성도

3.2.12 고장점 표정장치(Locator)

AT급전선로에서 급전선, 전차선 및 조가선이 지락 되었을 경우 고장발생 위치를 신속히 파악하여 조기 복구를 할 수 있도록 하는 설비가 고장점 표정장치로, 흡상 전류비 방식에서는 AT로부터 전력을 공급하지 않는 급전선과 전차선의 단락고장은 표정하지 못한다.

여기서 보호계전기가 동작하여도 AT흡상전류비가 적어서 500A이하의 경우는 급전선과 전차선의 단락으로 판단하여 변전소에서 자동 기록되는 Memory Corder의 저압 전류치로부터 고장점을 산정할 필요가 있다.

AT흡상전류비 방식의 고장점 표정장치는 변전소에 모(母)장치를 두고 구분소, 보조 구분소에 자(子)장치를 두어 고장점내의 AT간의 중심선에 흐르는 고장전류의 비로 고장점을 표정할 수 있는 장치로 종래 기존선에 사용되던 리액턴스 검정방식 및 거리계전기(21)내에 고장점 표정에 대한 기능이 포함되어 있는 거리계전 방식(리액턴스 검정방식과 동일원리)에 비하여 고장점 위치가 정확히 파악되는 장점이 있다.

표 22. 고장점 표정방식 비교

구 분	흡상전류비 방식	리액턴스 방식	거리계전기 방식
표정원리	S/S, SP, SSP의 중선선 전류를 측정 비교하여 고장점까지의 거리 계산 및 표정	사고시 전압, 전류를 측정하여 임피던스 계산 및 표정	사고시 전압, 전류를 측정하여 임피던스 계산 및 표정
설치개소	AT설치 개소 (S/S, SP, SSP)	S/S	S/S, SP
장단점	- 고장점 위치를 정확히 표정 - 시설비 고가	- AT급전방식 특성상 임피던스가 거리에 비례하지 않기 때문에 표정값이 부정확함. - 흡상전류방식에 비해 저가	-거리계전기(21)내에 고장점 표정에 대한 기능이 포함되어 있어 별도의 고장점 표정장치가 필요없음. -(주)별도설치.
사용실적	국내 수도권 일본	국내 기존선 일본(BT방식)	유럽(신개발품)

(주) 변전소 및 구분소에 고장점 표정반, 고장점 표정장치, 프로토콜 컨버터 등을 별도 설치한다.

(1) 주요기기

표 23. 고장점 표정장치 주요기기

설치장소 \ 기기	변전소	구분소	보조구분소
측정장치[MU(SS)]	○		
측정장치[MU(AT)]		○	○
계산장치[CU]	○		
자동중계장치[RA]		○	○
자동중계장치[RB]	○		
자동중계장치[RC]	○	○	
피뢰기[Ar]	○	○	○

(2) 주요설비 기능

① 측정장치(MU, Measuring Unit)(SS)

중성점 고장전류 및 부하전류를 디지털 신호로 표시하며, 이를 직렬 신호로 변환하여 연산장치(CU)로 전송하는 기능을 한다.

② 측정장치(MU, Measuring Unit)(AT)

중성점 고장전류를 측정하여 디지털 신호로 표시하며, 이를 직렬 신호로 변환하여 변전소의 측정장치(MU)로 전송하는 기능을 한다.



③ 연산장치(CU, Calculator Unit)

변전소, 구분소 및 보조구분소 각각의 중성점 고장전류 및 변전소의 부하전류를 취합하여 이들의 전류치에 의하여 고장전류 및 사고 위치의 거리를 표정 및 연산하여 이 위치 정보를 중앙감시장치에 전송하는 기능을 한다.

④ 자동중계장치(RA, Repeater A)

전송선로와의 분리 역할을 하며 기동신호를 수신하여 측정장치(MU)로 시작 신호전송 및 연산장치(CU)로 데이터 신호를 전송하는 기능을 한다.

⑤ 자동중계장치(RA, Repeater B)

전송선로와의 분리를 하고 시작신호를 수신하여 측정장치(MU)로 시작신호 전송, 데이터신호 수신, 연산장치(CU)로 데이터 신호를 전송하는 기능을 한다.

⑥ 자동중계장치(RA, Repeater C)

전송선로와의 분리를 하고 시작 신호를 생성(발생)하여 시작신호를 전송하는 기능을 한다.

⑦ 피뢰기(LA, Lightning Arrester)

전송선로와 뇌 서어지로부터 기기를 보호하는 기능을 한다.

3.2.13 원격진단장치(예방진단 시스템)

변전설비의 이상 징후(음량, 진동, 부분방전, 발생가스성분, 동작특성, 온도 등)를 사전에 감지하여 대형사고 과급을 사전에 방지하고 변전설비를 종합적으로 관리하여 기기의 수명연장을 위한 설비이다.

(1) 설치 효과

- ① 유지보수의 성력화 : 원방에서 온라인에 의한 감시 및 진단이 이루어지므로 유지보수 인원 및 시간 절감
- ② 운영비의 절감 : 초기에 투자가 필요하나 유지보수비용 및 기기 사고로 인해 발생하는 경제적 손실을 절감하여 변전소 전체 운영비 절감
- ③ 공급 신뢰도 향상 : 기기 사고로 인한 정전시간을 줄여 공급신뢰도를 향상
- ④ 변전소 무인화 : 원방에서 감시하여 현장요원 불필요

(2) 주요기기

기기명	진단항목	진단장비	개소타입			비고
			S/S	SSP	PP	
주변압기	유중가스 분석	측정센서	○			
단권변압기	유중가스 분석	측정센서	○	○	○	
GIS	부분방전	UHF센서	○	○	○	
	가스밀도	가스밀도계	○	○	○	
	피뢰기	접점&신호	○	○	○	
	차단기 동작특성	접점&신호	○	○	○	

장치별	규격	설치장소		비고
		S/S	S/S외	
데이터 취득 장치	- RTU 타입	○	○	
	- 통신장치(DSU) 2조 1식	○	○	

(3) 진단항목 및 원리

① GIS 및 차단기

- 가. 부분방전 : GIS의 각 스페이서에 GIS 내부 결함에 의한 부분방전 발생시 발생하는 전자파를 검출할 수 있는 UHF 센서를 설치하여 전자파의 방전량과 펄스수를 이용, 부분방전 상태를 상시 감시·진단할 수 있어야 하며, 부분방전 유형을 진단
- 나. 차단기 동작전류 : Hall CT를 이용하여 차단기 트립 및 투입전류를 감지하여 정상치 및 이상치를 판정.
- 다. SF6가스 밀도 : GIS 가스감시 구획별로 가스밀도 센서를 설치, 계측하여 가스누설을 조기 발견하고 피뢰기의 누설전류와 누적 동작횟수를 진단장치를 통해 원격으로 감시
- 마. 차단기 동작특성 및 동작횟수 : 차단기 제어용 Open/Close Coil 감시 센서를 설치하여 차단기 Coil과 보조접점 동작시간을 계측하여 동작특성과 동작횟수를 검출할 수 있어야 하며, 차단기 차단전류를 측정(재폐로 동작 검출 가능)하여 CB의 주접점 마모량을 예상

② 배전반 진단

- 가. 부분방전 : 기기 이상 시 발생하는 부분방전을 전자파로 검출, 진단.
 - 부분방전 초기부터 이상 검출
 - 배전반 내부기기(개폐기, CT, PT, Tr, 애자, 케이블 열화 및 접촉 불량)에 의한 부분방전 감시

③ AT 진단

- 가. 부분방전(누설전류) : 변압기 내부에서 발생하는 부분방전에 의해 변압기 중성점으로 전류가 흐를 때 로고우스키코일(Rogowsky Coil)에 유기되는 기전력을 이용하여 측정.
- 나. 부분방전(초음파) : 부분방전시 발생하는 국부적인 열에 의하여 주변 절연유는 압축을 받아 충격파로 초음파를 발생하므로 이러한 충격파를 음향학적으로 분석하여 방전량과 발생위치 추정.
- 다. 유증 가스 : 변압기의 드레인 밸브 측에 선택적 가스 투과막과 가연성 가스탐지 센서를 설치하여 절연유의 용존 가스 중 수소가스, 수분 등을 검출하며, 용존 가스를 실시간으로 검출하여 절연유의 열화 상태를 진단



- 라. 절연유 온도 : 백금 측온 저항체를 이용 절연유의 온도를 측정하여 절연유의 이상 온도상승을 감시.
- 마. 절연유 레벨 : 변압기 콘서베이터 내의 부레의 위치를 감시하여 유면 레벨의 적정성을 판다.
- 바. OLTC 동작
 - (가) 동작이상 : 구동용 모터의 동작시간을 감시
 - (나) 토크 이상 : 탭절환시 구동축에 토크 미터를 설치하여 모터의 동작전류 및 탭의 위치를 감시
 - (다) 과열 : OLTC 절연유의 온도 측정
 - (라) 접점마모 : 변압기의 전압 및 전류 측정
- 사. 활선정유장치 압력 : 반도체 압력소자를 이용한 압력측정
- 아. 팬 동작전류 : 냉각 이상 유무를 측정하기 위하여 팬 조작회로의 주요 위치에 변류기를 설치, 측정
- 자. 펌프 동작전류 : 냉각 이상 유무를 측정하기 위하여 펌프 조작회로의 주요 위치에 변류기를 설치, 측정
- 차. 유압 : 변압기 내부고장으로 인한 급격한 압력상승 검출
- 카. 절연유 열화 : 절연유의 누설전류 변화 추이로 절연유의 열화 상태를 진단.

(주) 로고우스키코일(Rogowsky Coil)

로고우스키 코일의 작동원리는 다음과 같다. 이 계측기 자체는 권선을 감은 높은 투자율의 도넛형 코어로 구성되어 있다. 도넛형 코어의 축과 평행하는 방향으로 전류(J)가 흐르면 RC권선에 교차하는 자계가 형성된다. 전류(J)가 변화하면 시간에 따라 자계(H)가 변하게되어 각 권선에 emf e_i 가 유기된다.

$$e_i = \mu S \frac{dH}{dt}$$

여기서 S는 코어의 단면적, μ 는 코어의 투자율을 나타낸다. 각 권선에 유기된 emf $e_i(i=1,N)$ 의 합이 총 emf e가 된다. 암페어의 법칙에 의해 총emf가 전류로 표시될 수 있다. 따라서 이 센서의 출력 emf는 전류밀도에 대한 시간의 도함수로 표시된다.

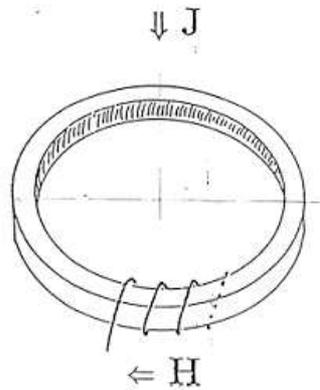


Fig.2. Rogowsky Coil sensor diagram

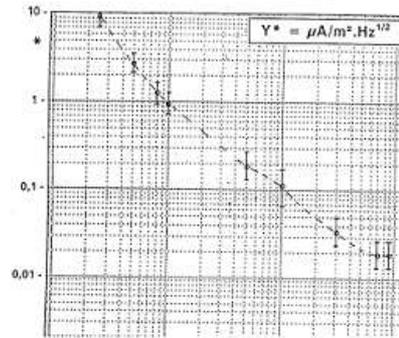


Fig.3. Rogowsky Coil noise level

상기와 같은 로고우스키 코일은 미세한 자기 변화의 측정이 가능하여 변압기 내부 고장에 의한 미세한 전류를 감지할 수 있어 변압기 고장예방진단 장치로 사용되며 터빈발전기의 고정자와 회전자의 공극의 변화를 측정하여 발전기 운전 중에 상시 감시할 수 있으며, 인체에 해로운 라디오 주파수의 측정 등의 적용분야가 많다.

3.2.14 R-C 뱅크 및 A-C 필터

전력용 반도체소자의 고압화, 대용량화에 따라 전력변환기 용량이 커지고 효율도 높아 그 적용 범위가 전력계통과 산업분야에서 상당한 증가 추세를 보이고 있으나 반도체 전력변환기의 보급으로 인한 고조파 전류의 발생량이 증가하여 이 고조파 전류로 인하여 발생하는 전력계통의 전압 왜형(歪形)이 동일계통에 연결된 기기에 심각한 영향을 미치고 있으며 이로 인한 전력기기의 경년 열화와 사고 발생이 예상되므로 전철급전선로에서 발생하는 고조파 대책이 요구된다.

차량 자체에서 고조파를 최대한 억제하였음에도 불구하고 실제 차량운행 시 고조파를 측정할 결과 규제치를 초과할 경우는 지상설비로서 고조파를 규제치 이하로 저감시킬 목적으로 R-C 뱅크나 A-C 필터를 설치한다.

(1) R-C 뱅크

교류구간에서는 전원을 포함한 선로의 유도성 리액턴스와 선간의 용량성 리액턴스에 의해 공진특성을 갖고 있으며 이 공진주파수는 급전선로의 길이가 길어지면 저차 조파에서 공진한다. 차량에서 발생한 고조파량은 공진현상에 의해 확대되어 고조파 전류가 커져 통신선 유도장해를 일으키며 고조파 함유량은 증가시킨다. R-C뱅크는 이와 같이 급전회로의 길이가 긴 선로에서 선로의 공진현상을 억제하는 장치이다.

(2) A-C 필터

① 수동필터(Passive Filter)

전기차에서 발생한 고조파전류는 계통의 각 회로 임피던스에 반비례하여 나뉘어 흐른다. 따라서 차량부하에 되도록 가까이 작은 임피던스를 구성하는 필터를 구성하여 고조파가 흡수되도록 할 수 있다. 종전부터 널리 사용되는 것이 L-C형 교류필터이다.



가. 동조필터(Band-pass Filter)

동조필터는 특정한 주파수영역에서의 고조파를 제거하기 위한 장치로 커패시터와 리액터를 직렬로 구성한다. 넓은 영역을 필요로 할 경우 직렬로 저항을 연결하여 사용하며 그 구성회로는 그림과 같다. 동조필터는 국내에는 비교적 최근에 건설된 전철변전소에 3, 5, 7차 고조파 제거용으로 사용되고 있다.

그 임피던스는

$$Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$$

로 표시되고, 제거하기 위한 주파수(공진주파수)

에서는 $Z=R$ 이 된다. 이 경우

$$\omega_n L - \frac{1}{\omega_n C} = 0$$

이 되고 공진주파수(ω_n)는

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

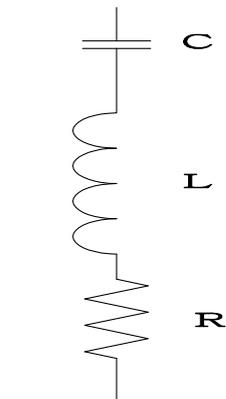


그림 4. 동조필터

나. 고역필터(High-pass Filter)

고역필터는 저주파수 대역에서의 고조파를 제거시키고 고주파수 대역에서의 고조파를 통과시키기 위하여 사용된다. 고역 필터는 보통 그림과 같이 1차, 2차, 3차 및 C형으로 나뉘며, 온도의 변화 및 주파수의 변화에 민감하지 않고, 넓은 주파수 영역에서 작은 임피던스를 제공한다.

1차형 고역필터는 대용량의 커패시터를 필요로 하며 기본 주파수에서 과도한 손실이 일어나기 때문에 자주 사용되지 않지만 일본 전기철도에서 주로 사용되는 필터이고 국내 특히 산업선에 설치되어 있다.

2차형 고역필터는 필터 성능은 아주 우수하나 3차형에 비해 저주파 영역에서 필터의 손실이 큰 단점이 있다.

3차형 고역필터는 C_2 를 저항과 직렬로 삽입하여 2차형 고역필터의 단점을 보완하였다.

C형 고역필터는 C_2 와 L 이 기본 주파수에서 직렬공진하기 때문에 기본주파수 손실이 매우 낮다.

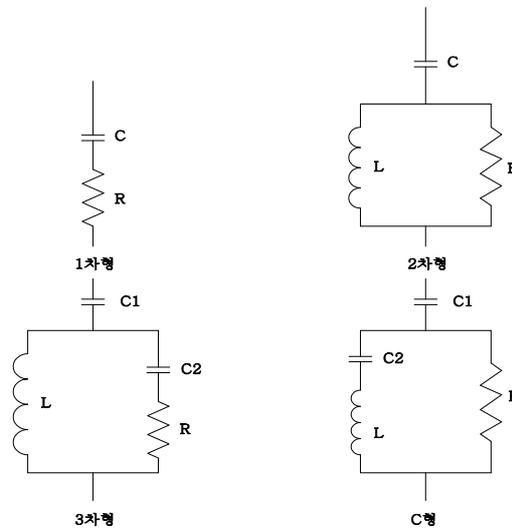


그림 5. 고역필터

② 능동필터(Active Filter)

능동필터는 발생된 고조파 전류를 측정하여 고조파가 포함되어 있지 않은 전류로 만들기 위한 전력변환장치로 구성된 고조파 보상장치이다. 이 전력보상장치는 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) 등의 자기 소호형 전력용 소자를 사용하여 PWM(Pulse Width Modulation)제어를 수행하는 것으로 고조파 장해를 억제하는 수단으로 가장 주목받고 있다.

3.2.15 직,교류 무정전전원장치

전철용 제어반이 전자화로 설계됨에 따라 주요 설비가 컴퓨터와 전자회로로 구성되어 있어 설비의 정확한 동작보장과 수명연장을 위하여 양질의 제어전원이 필요하며 제어전원이 정전될 경우 전기열차운행에 막대한 지장을 초래할 우려가 있어 이에 대비하여 직,교류 무정전 전원장치(UPS)를 설치한다. UPS는 고압배전 계통 및 소내 교류 전원설비가 정전될 경우를 대비하여 2시간 연속사용이 가능하도록 하고 교류제어 전원이 필요한 개소에서 비상전원으로 사용토록 한다. 직,교류 무정전 전원장치의 주요 구성은 주변압기, 반도체 정류부, 출력 필터, 인버터부 동기절체 스위치, 고조파 필터, DC입력 필터, 출력 변압기로 되어 있다.

무정전전원장치에 대한 형식별 특징은 다음과 같으며 검토결과에 따라 직·교류 무정전전원장치를 표준으로 정하였다.



표 24. 무정전 전원장치의 형식별 특징

구 분	직·교류 무정전전원장치	교류제어전원용 무정전전원장치
개 요	DC 전원장치에 인버터를 설치하여 AC 제어전원으로 사용할 수 있도록 구성 (축전지 공유)	DC 전원장치(충전기 및 축전지)및 AC 전원장치 (UPS)를 별도구성, 설치
설치 면적	100[%] (1.7 [m ²])	165[%] (2.8 [m ²])
경 제 성	유 리	불 리
유지보수성	유 리	불 리
사용 실적	고속철도, 지하철등	국.내외 다수
검토 의견	설치면적 축소, 건설비 감소 및 유지보수성 등에서 유리한 직·교류 무정전전원장치를 선정하는 것이 유리하다고 판단됨.	

제어용 교류전원은 변전소 및 구분소별로 상용과 예비로 2계통으로 구성하고, 제어용 변압기의 표준용량은 다음 표에 의한다.

구분	표준용량 [kVA]
변전소	100, 150, 200, 250, 300
급전구분소 보조급전구분소	30, 50, 75, 100

3.2.16 축전지

전철변전소등 변전기기 직류제어 전원은 설계시 연축전지(Lead Acid Battery), 니켈 계열전지, 리튬계열전지 등 최근 기술 발전동향을 조사하고 경제성, 환경성, 유지보수성, 신뢰성 등을 검토하여야 한다.

제어용 직류전원은 축전지와 정류기를 사용하되 부동충전방식을 사용하며, 축전지의 용량은 다음 표에 의하며, 최근 기술 발전동향, 환경성, 유지보수성, 신뢰성 등을 고려하여 선정한다.

손상 발생율이 높은 전자접촉기의 장애발생시 시스템 해체없이 예비시스템으로 자동 절체할 수 있는 회로 구성하고 정류기를 주·예비 구분없이 주기적으로 상호 운영할 수 있도록 설계한다.

구분	축전지 용량			
	알칼리축전지 (Cell 공칭전압 1.2[V])	무보수연축전지 (Cell 공칭전압 2[V])	니켈수소전지 (Cell 공칭전압 1.2[V])	리튬이온전지 (Cell 공칭전압 3.7[V])
변전소	150~200 [AH]	200~300 [AH]	200~300 [AH]	200~300 [AH]
급전구분소 보조급전구분소	60~100 [AH]	100~200 [AH]	100~200 [AH]	100~200 [AH]

3.3 기기배치

3.3.1 일반사항

기기는 주회로의 구성에 따라 다음 순서에 의해 배치한다. 배치는 용지의 조건, 건물의 위치, 구조, 보수상의 간격, 기기운반 통로 등을 고려함과 동시에 기동 검측차에 의한 작업에 편리하도록 하고, 더구나 될 수 있는 한 구내면적 건물면적을 적게 하도록 마무리한다. 용지가 충분하지 않는 장소 특히 시가지에는 옥내식으로 한다. 열해 등이 심한 곳에도 전부 또는 일부를 옥내식으로 한다. 또한 변전소 등의 옥외기기에서 발생하는 소음에 관하여는 소음방지대책을 시설하는 것으로 하고 옥내변전소는 별도의 방음설비는 설치하지 않도록 하되, 공사완료후 소음을 측정하여 기준한도 초과 여부를 확인하여 기준 초과시 별도 보완조치한다. 기기의 간격은 다음 각 호에 의하고 그 배치는 기능유지를 고려할 뿐만 아니라 합리적인 설비로 한다.

- (1) 필요한 최소한의 절연이격을 확보한다.
- (2) 소방화(消防火)상 필요한 이격거리를 확보한다.
- (3) 소방활동에 유효한 면적을 고려한다.
- (4) 기기배치의 설계는 표준도에 의한다.

기기장치에 있어서 미리 순회 통로를 정하여 다음을 고려하여 결정한다.

- ① 온도계, 유면계, 개폐표시, 명판의 위치
- ② 주회로 설치 볼트의 방향
- ③ 발판볼트의 위치
- ④ 접지선 접속개소
- ⑤ 작업용 접지금구 설치위치
- ⑥ 소방화 대책상 필요한 이격
- ⑦ 소화활동에 필요한 면적

3.3.2 기기의 간격

옥외설비의 기기 간격에 대하여는 다음 사항을 충분히 주의하여야 한다.

지표상 또는 바닥에서 고압 및 특별고압용 기기의 가압 부분까지의 높이는 한국전력 설계기준-2211의 표 및 전기설비기술기준에 의한다.



표 25. 지상 또는 바닥에서 특별고압의 가압부분까지의 높이

공칭전압 (kV)	옥 외			옥 내		
	충전부지표 상최저높이 (mm)	모선지표상 높이		충전부바닥 위최저높이 (mm)	모선바닥위 높이	
		표준	최소		표준	최소
66	3,000	5,000	4,000	2,800	4,000	3,500
154	3,800	5,000	4,300	3,600	4,200	4,000
345	5,200	7,000	6,600	4,700	6,400	6,000

표 26. 변전소등에서 울타리의 시설

사 용 전 압	울타리 담등의 높이와 울타리 담 등에서 충전부까지의 거리의 합
35kV 이하	5m
35kV 초과 160kV이하	6m
160kV 초과	6m에 160kV를 초과하는 10kV또는 그 단수마다 12cm를 가한 값

- (1) 기기를 옥외에 배치하는 경우 변전소등의 울타리 시설과 충전부와의 거리는 기술기준 에 의한다.
- (2) 다설지구의 지표상에서 충전부까지의 높이에 대하여는 적설을 고려한 적절한 높이로 한다.
- (3) 고압 혹은 특별고압기기로 동작시 아크를 발생하는 것은 가연성물질에서 고압은 1m 이상, 특별고압은 2m이상 이격되어야 한다.(전기설비기술기준 제39조)
- (4) 제어반(고장점표정반, 변전설비원격진단장치 등 원격제어감시 설비)와 전원장치(저압반, UPS 및 축전지반)는 구분하여 배치한다.
- (5) 전력품질개선장치실은 필요시 옥외에 설치할 수 있도록 공간을 확보한다.

3.3.3 변전설비 Lay-Out 표준화

변전건물 및 타 설비와의 인터페이스를 반영한 변전설비 Lay-out 표준화 사항을 아래와 같이 반영하여야 한다

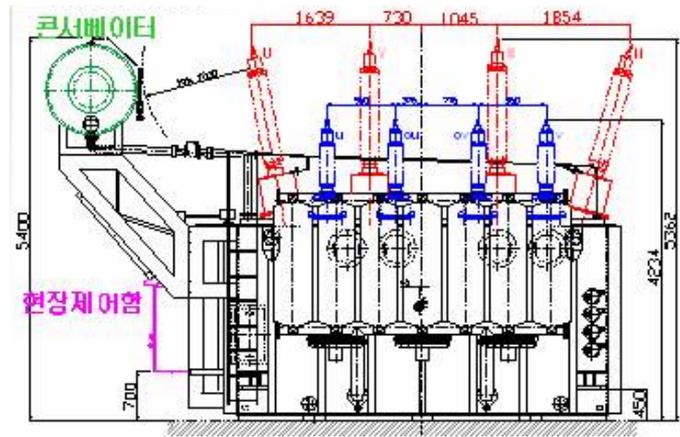
(1) 주변압기

① 주변압기 외형 및 붓싱간격 표준화

구분	S/S		SP, SSP
	170KV GIS	72.5KV GIS	72.5KV GIS
붓싱간격	2,500mm이내 (170kV GIS S상과 M.Tr V상을 일직선)	1,500mm이내	1,500mm이내
붓싱 대지간(충전부) 간격	3,000mm	2,000mm	1,500mm

② 콘서베이터 및 현장제어반 위치 표준안

- M.Tr 콘서베이터 위치는 2차측에서 1차측으로 보아 좌측에 설치
- M.Tr 현장제어반 위치는 2차측에서 1차측으로 보아 좌측에 설치

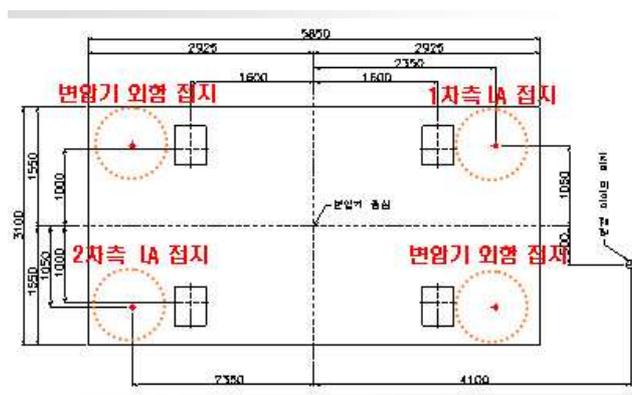


③ 주변압기 용량별 기초 크기 및 층고 표준

구분	기초크기	층고 표준
30/40MVA	5,850mm × 3,100mm	11,000mm
60MVA	6,100mm × 3,300mm	12,000mm
90/120MVA	6,485mm × 3,300mm	12,000mm

④ 주변압기 접지위치 표준안 결정

- M.Tr 1,2차측 LA용 접지선 인출 2개소 적용(대각선 배치)
- M.Tr 외함 접지용 접지선 인출2개소 적용(대각선 배치)



⑤ 주변압기 제어회로 단자 표준안 결정

- M.Tr 단자대 번호는 기능별 분리적용하며 단자대 명칭은 TB1, 2 순으로 적용



⑥ 기타사항

- M.TR 2차측 BCT는 용도가 없으므로 향후설계부터 반영하지 않음
- NLTC TAP CHANGER는 변압기 1차측에 설치
- M.TR %Z 는 철도설계편람 기준 및 철도용품 표준규격을 적용하되, 설계시 전압 강하 등을 고려하여 탄력적으로 적용
- M.TR 1차측 충격 절연강도(BIL)는 650kV를 적용
- M.TR M 상과 LA간 모선(BUS) 연결은 경동선 적용

(2) GIS

① GIS 붓싱간격 등

구분	S/S		SP, SSP
	170KV GIS	72.5KV GIS	72.5KV GIS
바닥개구부	1hole	1hole	1hole
붓싱 벽 관통 크기	벽체1,000mm×1,400mm	벽체 800mm×1,000mm (M.TR연결부, 옥외 동일)	벽체 800mm×1,000mm
붓싱 바닥 관통 크기	바닥 1,000mm×1,000mm	바닥 800mm×800mm	바닥 800mm×800mm
붓싱 벽 관통 위치 (건물바닥에서 OPEN HOLE 중심까지)	벽 2,950mm (가공인입부)	벽 1,600mm (M.TR연결부) 벽 2,100mm (옥외 인출부)	벽 2,100mm (옥외 인출부)
붓싱 바닥 관통 위치 (변압기실 장비반입구 측 벽체중심에서 내측 으로 OPEN HOLE 중 심까지)	바닥 2,000mm (M.TR 연결부)	바닥 1,300mm (AT 연결부)	바닥 2,000mm (AT 연결부)

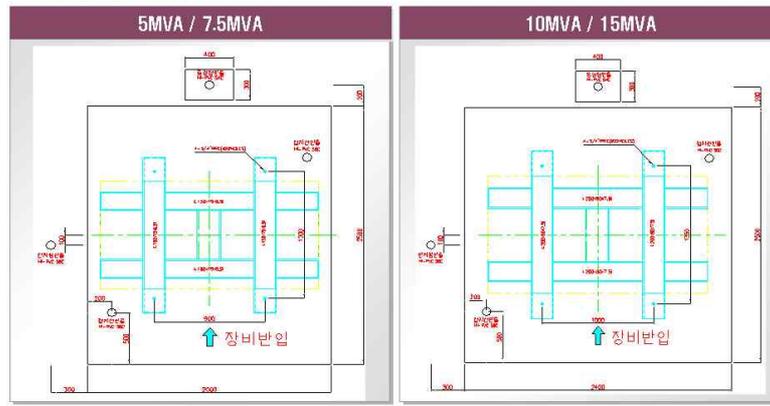
② GIS 면적 및 높이 표준

- S S : 170kV GIS 세로12,000mm × 높이 6,500mm
72.5kV GIS 세로12,000mm × 높이 6,000mm
- S P : 72.5kV GIS 세로 8,500mm × 높이 6,000mm
- SSP : 72.5kV GIS 세로 7,500mm × 높이 6,000mm

③ 170kV, 72.5kV GIS 단자회로 표준안

인출입 단자용 TB를 별도로 분리하여 공통번호 부여

③ 케이블 인출, 중성점 인출, 접지선 인출 위치 표준화



④ 단권변압기실 크기 표준안 결정

- SS : 7,000mm×7,000mm×H7,500mm
- SP : 6,000mm×8,500mm×H7,000mm
- SSP : 6,000mm×7,500mm×H7,000mm

⑤ 기타사항

- AT운반 및 설치 시 시공성 및 안정성 향상을 위한 최소 공간 확보 (5M) 및 장비 반입시 연약지반을 고려한 진입로 설계를 건축설계에 반영요구 (향후 발주분 부터 적용)

(4) 기타사항

장비반 입구 : W3500 x H4500 이상 확보 (FL 기준)

참조 1. 변전소 등의 설비

1. 가스절연개폐장치(GIS)

GIS는 차단기, 단로기, 모선, 접지장치, 변류기, 계기용변압기, 부상, 피뢰기 등을 조합하여 구획(Bay)을 구성하고 이것을 적정 배치 접속하여 개폐장치를 구성한다.

1.1 170kV 가스절연개폐장치(S/S)

S/S용 170kV GIS는 옥내(외) 전철변전소용으로서 정상상태의 개폐뿐만 아니라 사고에 의한 전선로의 이상 상태에 있어서도 선로를 안전하게 개폐하여 전력계통을 안전하게 보호하는 가스로 절연된 복합개폐장치이다. 각 구성기기를 조합하고 접속하여 한 몸체가 되는 구조로서 배치의 자유도가 커서 입지조건에 맞는 효율적 배치 및 케이블 인입에도 편리하도록 하고 기기를 간결화 함으로서 토지 취득가격, 부지조성비, 설치공사비 및 공사기간의 단축효과를 기한다. 또한 접지된 밀폐형 탱크에 내장되므로 감전의 위험이 없으며 정전유도에 의한 영향과 쥐나 새같은 동물에 의한 사고도 없을 뿐만 아니라 화재위험성도 거의 없어 안전성을 크게 향상시키며, 접지된 금속탱크내에 수용함으로서 정전유도, TV 수신장애 문제가 발생하지 않으며 옥내에 수용함으로서 주변과의 조화를 이루는 한편 주민의 혐오감을 사전에 차단할 수 있으며 완전 밀폐구조이기 때문에 대기 분위기에 따른 고장이 배제되어 신뢰성의 향상을 꾀할 뿐 아니라 차단기, 단로기 등의 구조도 간단하여 고장요인도 크게 줄어들게 되어 보수운전의 성력화를 기할 수 있으며 공사가 간편하고 품질도 향상될 수 있도록 경제적으로 설계가 가능하다.

표 27. 170kV GIS 사용조건

구 분	제 품 명	170kV GIS
기 기 구 성	T/L BAY TR BAY 연결모선	3Φ ()BAY 3Φ ()BAY 3Φ 1식 (복모선)
정 격 전 압 rms 정격 차단 전류 rms 정격 주파수 절연내력(=절연강도) - 상용주파 내전압 rms - 뇌임펄스 내전압 peak 온도상승 한도 - 모선 및 접촉도체 (deg) (접촉부의 재질은 온도급 또는 은) - 접촉부 및 접속부 (deg) - Tank 및 구조물 (deg) 설치 사용 장소 최고사용 주위온도 최저사용 주위온도 교류 보조 정격전압 (1Φ)		170kV 3Φ () kA (주) 60 Hz 325kV (건조 1분간) (단, DS 극간 375kV) 750kV (1.2 × 50μs) (단, DS 극간 860kV) 65 ℃ 65 ℃ <u>30 ℃</u> 옥내(외)변전소 40 ℃ -25 ℃ AC 1Φ 220V



1.2 72.5kV 가스절연개폐장치(S/S)

S/S용 72.5kV GIS는 옥내(외) 전철변전소용으로서 정상상태의 개폐뿐만 아니라 사고에 의한 전선로의 이상 상태에 있어서도 선로를 안전하게 개폐하여 전력계통을 안전하게 보호하는 가스로 절연된 복합개폐장치이다.

표 28. 72.5kV GIS 사용조건(SS)

구 분	제 품 명	72.5kV GIS
기 기 구 성	급전 BAY	2Φ ()BAY (급전측)
	TR BAY	4Φ ()BAY
	BUS TIE	2Φ ()BAY
정격 전압 rms		72.5 kV
정격 차단 전류 rms		()kA (주)
정격 주파수		60 Hz
절연내력 (=절연강도)		
- 상용주파 내전압 rms		140kV (건조 1분간) (단, DS 극간 160kV)
- 뇌임펄스 내전압 peak		325kV (1.2 × 50μs) (단, DS 극간 375kV)
온도상승 한도		
- 모선 및 접촉도체 (deg)		65 °C
(접촉부의 재질은 은도금 또는 은)		
- 접촉부 및 접속부 (deg)		65 °C
- Tank 및 구조물 (deg)		<u>30 °C</u>
설치 사용 장소		옥내(외)변전소
최고사용 주위온도		40 °C
최저사용 주위온도		-25 °C
교류 보조 정격전압 (1Φ)		AC 1Φ 220V

1.3 72.5kV 가스절연개폐장치(SP, SSP)

SP 및 SSP용 72.5kV GIS는 옥내(외) 급전구분소 및 보조급전구분소용으로서 정상 상태의 개폐뿐만 아니라 사고에 의한 전선로의 이상 상태에 있어서도 선로를 안전하게 개폐하여 전력계통을 안전하게 보호하는 가스로 절연된 복합개폐장치이다.

표 29. 72.5kV GIS 사용조건(SP/SSP)

구 분	제 품 명	72.5kV GIS
기 기 구 성	급전 BAY	2Φ
정격 전압 rms		72.5 kV
정격전류 rms		()A (주)
정격 차단 전류 rms		()kA (주)
정격 주파수		60 Hz
절연내력 (=절연강도)		
- 상용주파 내전압 rms		140kV (건조 1분간) (단, DS 극간 160kV)
- 뇌임펄스 내전압 peak		325kV (1.2 × 50μs) (단, DS 극간 375kV)
온도상승 한도		
- 모선 및 접촉도체 (deg)		65 ℃
(접촉부의 재질은 은도금 또는 은)		
- 접촉부 및 접속부 (deg)		65 ℃
- Tank 및 구조물 (deg)		30 ℃
설치 사용 장소		옥내(외)변전소
최고사용 주위온도		40 ℃
최저사용 주위온도		-25 ℃
교류 보조 정격전압 (1Φ)		AC 1Φ 220V

(주) 정격전류 및 정격차단전류는 계통계산에 의해 결정된다.

2. 급전용 변압기

2.1 정격 및 사양

- 정격전압
 - 1차 전압 154kV
 - 2차 전압 55kV × 2
- 정격용량
 - 정격 1차 용량 45/60MVA(가정)
 - 정격 2차 용량 OA-22.5MVA×2(가정)
FA-30MVA×2(가정)
- 정격주파수 60 [Hz]
- 탭 전압
 - 스코트 (2차) M상, T상 : 55kV±5% (± 2.5% × 2)
 - Tap수 : Tap수 : 5 Tap(승압: 2 Tap, 강압: 2 Tap, 중성점: 1 Tap)
- 탭절환 방식
DETC (무전압시 탭 절환 방식)

오는 리액턴스와 부하전류에 의한 모든 손실(도체의 저항손 및 와류손)을 나타내는 등가저항의 두 가지로 구분된다.

임피던스는 백분율로 표시하는 것이 편리하며, 임피던스 전압강하를 정격단자전압에 대한 백분율로 나타낸다. 임피던스 전압을 측정하기 위하여 변압기의 한쪽 권선을 단락시키고 단락한 권선에 정격전류가 흐를 때까지 다른 권선에 전압을 인가하는 데, 이때의 전압이 임피던스 전압이고, 그 권선의 정격전압에 대한 비율을 백분율 임피던스 전압강하 또는 백분율 임피던스라고 부른다.

2.2.2 임피던스의 영향

변압기는 가장 경제적으로 설계 및 제작하기 위하여 용량에 따라 표준 임피던스를 정의하고 있다. 표준 임피던스보다 높거나 낮으면 특수 제작품이 되어 제작비가 상승하며 정도가 허용범위 이상이 되면 제작이 불가능 할 경우도 있으므로 제작사와 사전 협의가 필요하다.

변압기의 임피던스가 전력계통에 미치는 영향은

- (1) 낮은 경우 : 전압강하가 낮아서 계통의 안정도가 높고, 고장전류가 높아져서 전기설비의 단락용량이 높아진다.
- (2) 높은 경우 : 전압강하가 높아 계통의 안정도가 낮아지며 심한 경우에는 전압강하 보상 설비를 별도로 설치해야 하지만 고장전류는 낮아진다.

따라서 변압기 임피던스에 의한 전압강하와 고장전류는 서로 상반되는 관계가 있으므로 여기서는 변압기의 제작 상 표준 임피던스를 고려하지 않고 전기철도의 급전 운용 측면에서 변압기 임피던스의 하향 조정 가능성을 검토하는 것으로 한다.

2.2.3 변압기 용량별 임피던스(편상 기준)

변압기 용량 (MVA)	임피던스(%)		비 고
	표준치	하향조정치	
30	10	8	다만, 제작 가능성에 대한 확인이 필요함
45, 60	12.5	10	
90	15	12	



2.2.4 변압기 용량별 2차측 단락용량 비교

변압기 용량 (MVA)	단락용량(A)										비 고
	7%	8%	9%	10%	11%	12%	12.5%	13%	14%	15%	
30	4286	3750	3333	3000	2727	2500	2400	2308	2143	2000	
45	6429	5625	5000	4500	4091	3750	3600	3462	3214	3000	
60	8571	7500	6667	6000	5455	5000	4800	4615	4286	4000	
90	12857	11250	10000	9000	8182	7500	7200	6923	6429	6000	

- (주) 1. 음영표시는 철도용품표준규격 임피던스 경우의 단락전류 이다.
 2. 스코트변압기 1차측 전원계통의 임피던스는 변압기 2차측 단락전류에 영향을 거의 주지 않으므로 무시한 간략 계산치 이다.
 3. 단락용량은 변압기 2차측의 55kV 모선단락시의 전류치 이다.

2.2.5 차단기의 단락용량 검토

72.5kV GIS 및 차단기의 단락용량의 표준품의 최저치는 20kA이므로 상기의 어느 용량/임피던스의 경우에도 만족한다.

2.2.6 단락전류에 의한 변압기의 부상의 단락강도 검토

실례로 45MVA 스코트 변압기의 2차 정격전류 450A에 600A의 부상을 사용하였을 경우 상기 단락용량의 파고치는 변압기 임피던스를 7%까지 낮추어도 $6.429 \times 2.5 = 16$ (kA)로 되어 부상의 파손 강도 $42\text{kA} \cdot 1 \text{ sec}$ (별첨 그래프 참조)보다 훨씬 낮으므로 안전한 것으로 판단된다. 변압기 2차측의 과전류 계전기는 통상 순시 0.1초, 한시 0.5초 정도로 정정하므로 보호협조 측면에서도 이상이 없다.

2.2.7 전압강하의 개선 검토

전압강하는 30MVA는 8%, 60MVA는 10%, 90MVA는 12%로 하향 조정했을 경우 변압기 2차측의 전압강하 변동의 요약은 아래와 같다.

변압기 용량 (MVA)	임피던스(%)		2차 단자전압강하(V)		비 고
	철도용품표준	하향 조정치	철도용품표준	하향 조정치	
30	10	8	6,000	4,800	
45, 60	12.5	10	3,750	3,000	
90	15	12	4,500	3,600	

- (1) 스코트 변압기 30MVA, 10%→8%, 전원 임피던스를 무시하면

$$\text{변압기 2차 정격전류} : I_T = \frac{15,000}{50} = 300(\text{A})$$

부하 역율 : 0.8

① 10%의 경우

$$Z_{T10} = \frac{10 \times 50^2 \times 10}{15,000} = 16.6667(\Omega)$$

$$e_{010} = 16.6667 \times 0.6 \times 600 = 6,000(\text{V})$$

② 8%의 경우

$$Z_{T8} = \frac{8 \times 50^2 \times 10}{15,000} = 13.3333(\Omega)$$

$$e_{08} = 13.3333 \times 0.6 \times 600 = 4,800(\text{V})$$

(2) 스코트 변압기 45MVA, 12.5%→10%

$$\text{변압기 2차 정격전류} : I_T = \frac{22,500}{50} = 450(\text{A})$$

부하 역율 : 0.8

① 12.5%의 경우

$$Z_{T12} = \frac{10 \times 50^2 \times 12.5}{22,500} = 13.8889(\Omega)$$

$$e_{012} = 13,8889 \times 0.6 \times 450 = 3,750(\text{V})$$

② 10%의 경우

$$Z_{T10} = \frac{10 \times 50^2 \times 10}{22,500} = 11.1111(\Omega)$$

$$e_{010} = 11.1111 \times 0.6 \times 450 = 3,000(\text{V})$$

(3) 스코트 변압기 60MVA, 12.5%→10%

$$\text{변압기 2차 정격전류} : I_T = \frac{30,000}{50} = 600(\text{A})$$

부하 역율 : 0.8

① 12.5%의 경우

$$Z_{T12} = \frac{10 \times 50^2 \times 12.5}{30,000} = 10.4167(\Omega)$$

$$e_{012} = 10.4167 \times 0.6 \times 600 = 3,750(\text{V})$$

② 10%의 경우

$$Z_{T10} = \frac{10 \times 50^2 \times 10}{30,000} = 8.3333(\Omega)$$

$$e_{010} = 8.3333 \times 0.6 \times 600 = 3,000(\text{V})$$

(4) 스코트 변압기 90MVA, 15%→12%



변압기 2차 정격전류 : $I_T = \frac{45,000}{50} = 900(\text{A})$

부하 역율 : 0.8

① 15%의 경우

$$Z_{T15} = \frac{10 \times 50^2 \times 15}{45,000} = 8.3333(\Omega)$$

$$e_{015} = 8.3333 \times 0.6 \times 900 = 4,500(\text{V})$$

② 12%의 경우

$$Z_{T12} = \frac{10 \times 50^2 \times 12}{45,000} = 6.6667(\Omega)$$

$$e_{012} = 6.6667 \times 0.6 \times 900 = 3,600(\text{V})$$

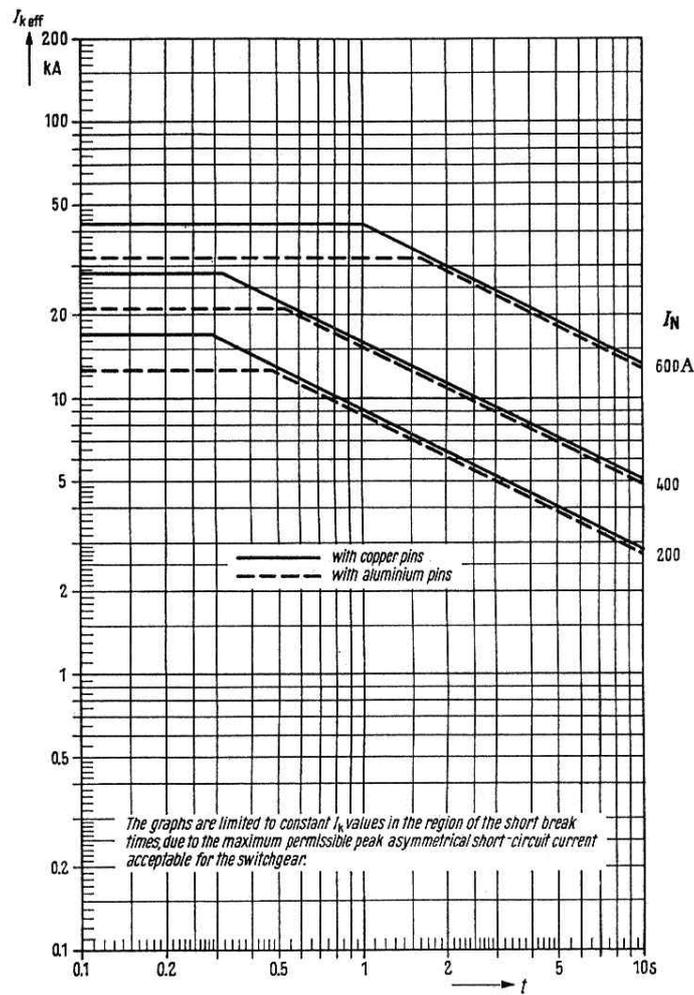


그림 6. Thermally limited short-circuit currents for bushings
 Referred to P.380 of Electrical Engineering Handbook
 Published by Siemens

3. 단권변압기(AT)

단권변압기(AT)는 급전구간내의 전압강하 및 통신유도장해를 경감시키기 위하여 개략 10km 간격으로 위치하고 있는 S/S, SP, SSP에 설치된다.

3.1 정격 및 사양

- 출 력 : 7,500kVA (자기용량)(가정)
- 상 수 : 1 φ
- 주 파 수 : 60 Hz
- 정격전압 : 1차 55,000V
2차 27,500V
- 정 격 : 연 속
- 단자기호 : U O V
- 냉각방식 : 유입자냉식
- 봉합방식 : 밀봉식 (질소봉입) 또는 Air Sealed Cell Type

- 과부하내량

변압기는 정격용량의 150%의 부하에 2시간 동안, 300% 부하에 2분 동안 연속 사용하여도 이상이 없도록 설계 제작한다.

- 단락강도

변압기는 정격전류의 25배 전류로서 2초간 단락시험을 할 경우 열적 또는 기계적 손상이 없어야 한다.

- 중성점 CT

- 변류비 : 1,000-800-600/5A
- 부 담 : C200

3.2 단권변압기 용량계산

단권변압기 용량계산 방식은 계통 전원 Impedance에 의한 계산과 최대 출력전류에 의한 계산을 시행하며 두가지 계산의 상위 용량을 선정한다.

3.2.1 계통 전원 Impedance에 의한 단권변압기 용량 계산

변전소 단권변압기 용량계산 및 Feeder 차단 전류 등을 계산시 주변압기 2Bank 운전 가능성을 고려하여 병렬 운전 조건에 대하여 검토한다.

(1) 용량 계산식

$$W > \frac{I_s}{2} \times E_o \times \frac{1}{25} = \frac{1}{50} \times E_o \times I_s [\text{kVA}]$$

W : AT 자기용량 (自己容量)



I_s : 사고점 전류 (전차선 전압환산) [A]

E_o : AT 정격단자 전압 27.5[kV]

(2) 사고점 전류 I_s 의 계산식

$$I_s = \frac{E_o}{2Z_s + Z_t + Z_l} \dots \dots \dots [\text{kA}]$$

Z_s : 전원 Impedance (100MVA 기준)

$$Z_s = \frac{(E_o)^2 \times 10 \times \%Z_s}{100 \times 1000} \dots \dots \dots [\Omega]$$

$\%Z_s$: 전원계통 회로의 임피던스에 정격전류가 흐를때에 전압강하와 회로전압과의 비를 %로 나타낸 값

Z_t : 급전용 변압기 Impedance (전차선 전압환산)

Z_l : 변전소에서 사고점까지의 전차선로 Impedance

최고사고전류 고려 임피던스 최저구간인 구내로 적용하여 $Z_l = 0 [\Omega]$ 로 적용 계산한다.

3.2.1 최대 출력전류에 의한 단권변압기 용량 계산

$$W > E_o \times \frac{I_{tm}}{2} \times \frac{1}{2.5} = \frac{1}{5} \times E_o \times I_{tm} [\text{kVA}]$$

I_{tm} : 1대의 AT 구간에 운행하는 열차의 최대출력 전류[A]

(최대 2편성 운행조건으로 계산-열차지연 운행을 고려)

4. 차단기

4.1 차단기의 정격

각 전압별 교류차단기의 정격전류 및 기타의 표준치는 아래와 같다.

표 30. 차단기의 정격

정격전압(kV)	정격단시간전류 (kA, rms)	정격전류(A)	비 고
72.5	20	1,200 2,000	
	31.5	1,250 2,000	
170	31.5	1,250 2,000	
	50	1,250 2,000 3,150 (4,000)	
	(63)	(2,000) (4,000)	

(주) 1. 정격차단전류는 차단기의 정격전압에 해당하는 회복전압 및 정격재기전압을 갖는 회로조건 하에서 규정의 표준동작책무 및 동작상태를 수행할 수 있는 차단전류의 최대한도이고 교류분 실효치로 표시한다.

4.2 표준동작책무(Standard Duty Cycle)

25.8kV급 이상 차단기의 표준동작책무는 정격전압에 따라 아래와 같이 고속도 재투입용으로 한다.

정격전압(KV)	종류	정격	
		표준 동작책무	차단시간
25.8	가스차단기 (GIS)	O-0.3초-CO-15초-CO	5 사이클
72.5	가스차단기 (GIS)	O-0.3초-CO-3분-CO	3 또는 5 사이클
170	가스차단기 (GIS)	O-0.3초-CO-3분-CO	3 사이클

(한전 ES-5925-0001 교류차단기 표준규격 및 공단 제작사양서 적용)

4.3 조작성능

차단기의 개폐에 요하는 시간 또는 개폐속도는 고장점의 조기개폐에 의한 고장의 국한화, 계통안정도의 유지, 관련기기, 선로, 애자 등의 손상경감, 통신선의 전자유도장해 억제 상 어느 정도로 규제할 필요가 있으며 조작기구는 이것을 만족할 성능이 요구된다.

4.3.1 정격개극시간

폐로 상태에서 차단기의 트립코일이 여자된 순시부터 아크접촉자(없는 경우 주접촉자)가 개리할 때까지의 시간을 개극시간이라고 한다. 무부하시 정격 트립전압 및 정격 조작 압력 하에 트립하는 경우 개극 시의 한도를 정격개극시간이라 한다. 개극시간은 발호 순서를 정확히 측정하기 곤란하므로 보통 무전압 무부하 상태에서 측정해 얻은 치를 가지고 정격개극시간으로 하고 있다. 정격개극시간은 조작기구의 기계적 성능을 나타내는 하나의 척도이다.

4.3.2 차단시간

아크접촉자(없는 경우 주접촉자)의 개리순시부터 전극의 아크가 소호되는 순시까지의 시간을 아크시간이라고 한다. 이 아크시간과 개극시간과의 합을 차단시간이라고 한다.

4.3.3 재투입시간

재투입시간이라 함은 폐로상태에서 차단기의 트립장치가 여자된 순시부터 재투입 동작에 따른 아크접촉자(없는 경우 주접촉자)가 접촉할 때까지의 시간을 말한다.

4.3.4 트립프리(Trip-free)

차단기 조작에 있어서 트립프리라 함은 적어도 접촉자의 접촉 또는 접촉자간 아크에 의해 주회로에 의해 통전상태로 되거나 다시 말해 투입지령중일지라도 트립장치의 동작에 따라 그 차단기를 트립할 수 있고, 또 트립완료 후에 투입지령이 계속 부여된 상태라도 재투입동작을 행하지 않고 일단 투입지령을 해제 후 재투입 지령을 부여했을 때 비로소 투입동작이 행하여지는 것을 말한다. 이는 투입시에 회로에 사고가 있는 경우 급속히 차단하는데 필요한 방식으로 모든 차단기는 트립프리 성능을 갖지 않으면 안 된다.



4.4 정격투입용량 및 단시간전류용량

4.4.1 정격투입용량(Rated Making Capacity)

차단기는 지락 단락 등의 사고전류를 차단할 수도 있는 동시에 이 고장전류를 투입할 수도 있어야 한다. 투입 시에 접촉자가 완전한 접촉상태에 들어가기 전에 먼저 아크에 의해 단락전류가 흘러 접촉자의 발열, 손상, 용착 전자력에 의해 투입력을 저지하는 방향으로 작용하여 이 투입용량이 부족하면 펌핑운동(단속투입)을 일으켜 접촉자의 용착 또는 용상을 일으켜 파괴된다.

이 내력의 한도를 정격투입용량 또는 정격투입전류로 표시하고 있다. 이 정격투입전류의 표준으로서는 투입전류의 최초주파수에서 순시 치의 최대치로 표시하며 그 크기는 IEC 62271-100 High-Voltage Alternating-Current Circuit-Breakers에 따라 정격차단전류(실효치)의 2.6배를 표준으로 한다.

4.4.2 단시간 전류용량(Rated Short Time Current Capacity)

차단기가 폐로된 채 1초 동안에 상해를 받지 않고 흘릴 수 있는 가장 높은 전류의 크기(DC를 포함한 비대칭분의 실효치)를 말하며, 차단기의 정격차단전류와 같은 실효치로 하며 최대과고치는 정격치의 2.6배로 한다.

5. 전자식배전반

5.1 전철급전용 배전반(전자식 및 기계식)

전철급전용 배전반은 전자식과 기계식이 있으며 기술적 특징은 다음과 같다.

표 31. 전철용 배전반 비교

구 분	전 자 식	기 계 식
계전기형식	디지털형	전기기계식
설치면적 (배전반크기기준)	적 다 (50 [%])	크 다 (100 [%])
제작 및 설치	간 단	복 잡
유지보수성	좋 다 (무보수)	나쁘다 (정기점검 필요)
기능 및 확장성	좋 다	나쁘다
신뢰성	좋 다	나쁘다
경제성	다중기능 통합 및 유지 보수비를 감안하면 장기적으로는 경제성이 있음.	초기 투자비는 저렴하나 계전기 단종에 따른 주문생산에 의한 단가 상승 유지보수비 증대 등을 고려하면 장기적으로는 경제성에서 불리할 것임.
사 용 예	일본 : 지하철 및 신설 전철구간 기존설비 개량 프랑스(TGV), Finland, Sweden 등 다수	세계적 전 국가
사용추세	증 가	감 소
검토의견	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자식이 건설비가 다소 고가이나 다음과 같은 이점이 있는 철도용품 표준규격화 되어있다. - 신뢰성이 높고, 소형으로 설치가 간편 - 유지보수 및 확장성 등에서도 유리 - 기술발전 및 장래성 대비 가능 	

6. 직·교류 무정전전원장치

6.1 무정전 전원장치 운전개요

6.1.1 정상운전

정상운전 시에는 상용전원이 정류기/충전기에 인가되어 DC로 변환되고 DC는 인버터에 의해 AC로 변환되어 필수부하에 공급되고 DC전력 중 일부는 축전지의 부동충전에 사용된다.

정상운전을 하는 동안 UPS는 양질의 AC전력을 부하에 공급함과 동시에 상용전원에서 유입되는 문제점을 제거시킨다.



6.1.2 상용전원 정전/축전지 방전시 운전

상용전원이 정전되면 정류기/충전기는 동작이 중지되고 축전지가 인버터를 통하여 무정전으로 필수부하에 전력을 공급한다.

축전지의 방전시간이 지나면 UPS가 정지되면서 DC UV 차단신호를 내고 DC UV 차단전에 상용전원이 회복되어 정류기/충전기가 동작을 하게된다.

6.1.3 정상운전/축전지 재충전

DC UV 차단전에 상용전원이 회복되면 정류기/충전기가 동작하여 축전지를 충전시킴과 동시에 부하에 전력을 공급하게 되고 재충전 시간대에는 대개 정류기/충전기가 과부하 상태가 되므로 전류제한 동작을 한다.

6.1.4 바이패스 절체

과부하나 UPS의 고장이 일어나면 필수부하가 바이패스로 절체되며 절체단계는 이상 상태 신호전달→Static S/W→출력차단기 차단→바이패스 차단기 투입순서로 이루어지며 이들의 동작시간을 서로 다르게 하여 필수부하에 절체 신뢰성을 높여 주는 한편 부하측에서 볼 때 거의 무정전(최대 정전시간 1/4 cycle이내)으로 전력이 공급되기 때문에 매우 높은 신뢰성이 보장된다.

6.1.5 UPS로 절체

바이패스 운전 중 UPS로 절체 시키려면 출력 차단기를 투입시켜야 하며 이때 부하는 바이패스와 UPS전원을 동시에 급전 받고 있으며 UPS는 부하를 서서히 받도록 되어 있어 인버터 출력전압의 강하 현상을 방지하고 천천히 인버터 전압을 증가시켜 UPS가 전 부하를 담당하게 되면 바이패스 차단기는 개방된다. 이러한 절체방식을 “Make before Break”라 하며 부하에 절체 신뢰성을 높이기 위한 방법이다.

6.1.6 UPS 설계개요

직,교류 무정전 전원장치(UPS)로 하여 충전기/축전지를 통합하고 용량을 증가하여 설치면적의 축소, 보수 유지 편리 및 경제적으로 유리하도록 설계한다.

6.2 축전지 종류별 특성 비교

현재 산업용으로 사용되고 있는 것은 연축전지와 알카리축전지가 있으며, 최근에는 카드미늄(Cd)의 재순환 공해문제로 인하여 알카리축전지의 사용은 감소하고 있는 실정 이므로 환경성, 유지보수, 신뢰성이 우수한 축전지의 사용이 요구된다.

표 32. 축전지 종류별 비교

구분 \ 종류	무보수 밀폐형연축전지	Ni-Cd 축전지	니켈수소(MH)축전지
공 칭 전 압	2 V	1.2 V	1.2 V
부동전압 및 균등충전주기	2.25V이며 균등충전 불필요	1.25V이며 1.45V의 균등 충전 필요 (년 2회 정도)	1.36[V]이며 1.42[V]로 방전 후 1회 균등 충전 실시
극 판 재 질	연, 칼슘, 안티몬, 알루미늄 등	니켈, 수산화카드뮴	니켈 도금 집전체, 수 산화니켈, 수소 저장 합금 등.
방 전 특 성	방전 초기의 전압변동 이 거의 없다	방전 초기의 전압변동이 거의 없다	방전 초기전압 변동 폭 이 적다.
자기 방전율(월)	1~2%	4%	-
방 출 공 해	Gas 발생 없음	재래식 연축전지보다 적으나 Gas 발생됨	-
상용 상태시 전해액 보충	불필요	1~2년 주기	불필요
액 누출 가능성	전해액 함침 구조로 액누출 거의 없음	충전시나 기울일시 액 누 출됨	액누출 거의 없음.
보 수 인 원	별도인원 불필요	정기적인 유지보수 필수 적임	점검인원 필요 투명전조로 외부에서 육안으로 점검 가능
온도허용범위	-15 ~ +50℃	-25 ~ +50℃	-45 ~ +60℃ (전해액 농도조절로 온도조정)
내 진 동 성	2.5mm, 분당 2,000회, 10분 진동가능	수평 진동만 가능	-
전 해 질(액)	교체 불필요	교체 불필요	교체 불필요
환 기 설 비	불 필 요	필 요	불 필 요
Gas 발 생	발생 Gas를 재결합 99.9% 이상	발생 Gas가 평상시에는 미세	발생Gas(탄화수소)를 재결합 99.9% 이상
수 명	Floating 운영시 22~33년	Floating 운영시 12~15년	최적조건 사용시 20년이상
설 치	가로, 세로 임의방향 설치가능 Rack 또는 Cubicle 필요 없음.	세워서만 설치가능 Rack 또는 Cubicle 필요	Rack 또는 Cubicle 설치
중량및 크기	중 량 : 90 [kg] 설치면적 : 40 [m ²]	중 량 : 90 [kg] 설치면적 : 90 [m ²]	중 량 : 75 [kg] 설치면적 : 40 [m ²]
적 용 사 례	Ni-Cd 대체품으로 증가추세	중요 부하에 적용실적 이 있으나 Cd 공해 문제로 감소추세	친환경 축전지소요로 많이 설치되고 있음
점검 용이도	표준 Steel Module 내에 설치하므로 점검 용이	Rack에 설치하므로 점검 및 유지보수 어려움	-
총 합	초기 투자비는 중간 정도이나 방전 특성 이 뛰어나며 무보수 의 장점으로 사용증 가 추세	초기 투자비가 비싸고 최근 환경공해(카드뮴) 문제 제기됨	빙점이 낮고 전기적 성능이 우수하나 경제성에서 부적합함



RECORD HISTORY

- Rev.3(12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둔.
- Rev.4(13.5.27) 차단기 동작책무에 29KV GIS 추가
- Rev.5(14.12.29) 동력단로기 제어장치를 전철제어반에 수용토록 개정
- Rev.6(15.06.29) 해설1 정류기, CU 및 축전지 표기 명확화, 예비 단권변압기 설치기준 개선, 참조1 급전용 변압기 임피던스 표기방법 및 단권변압기 용량 산출기준 개선 등 설계기준 개선발굴을 위한 워크숍 결과반영(설계기준처-945 '15.04.06)
- Rev.7(21.02.15) 계기용 변성기에 대한 규격 오류 정정 등 철도건설기준 개정(안) 마련 전문가 워크숍 결과(기준심사처-4495 '20.11.17) 반영