

KR E-03270

Rev.8, 21. December 2023

전차선로 보호설비

2023. 12. 21



국가철도공단

목 차

1. 섬락보호설비의 시설	1
2. 섬락보호방식의 적용	1
3. 장간애자의 섬락보호	1
4. 지락도선	1
5. 빔 접지	1
6. 승강장 등의 섬락보호설비	1
7. 섬락보호지선	2
8. 보호선 및 비절연보호선	2
9. 보조부급전선 및 보조보호선	3
10. 보안기	3
11. 전차선로용 피뢰기 및 절연협조	3
12. 피뢰기의 설치장소	4
13. 피뢰기의 선정	4
14. 피뢰기의 접지	4
15. 가공지선	5
 해설 1. 보호설비의 개요	6
1. 보호방식 및 설비	6
1.1 보호설비의 목적, 의의	6
1.2 섬락 보호방식	6
1.3 지락도선	11
1.4 AT보호선(PW)	11
1.5 비절연보호선(FPW)	12
1.6 섬락보호지선	13
1.7 보안기	14
1.8 피뢰기	14
1.9 보호망	15
1.10 접지장치	16
1.11 가공지선	16
 RECORD HISTORY	16



경 과 조 치

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

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 “철도설계지침” 및 “편람”을 국제적인 방식에 맞게 체계를 각 코드별로 변경하였습니다.
또한, 모든 항목에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람(KR CODE)”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 코드별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시되며 설계적용시 최신판을 확인 바랍니다.
- “철도설계지침 및 편람(KR CODE)”에서 지침에 해당하는 본문은 설계시 준수해야 하는 부분이고, 해설(편람) 부분은 설계용역 업무수행에 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 각 코드의 제목부분에서 해설은 편람을 충칭하는 것입니다.

1. 섬락보호설비의 시설

- (1) 가공전차선로 및 급전선로의 가압부분에 사용하는 애자에는 필요에 따라 섬락보호설비를 한다. 다만, 구분 지점 및 다른 계통을 분리할 목적으로 전선에 삽입하는 애자는 제외한다.
- (2) 철주(강관주, H형강주, 조립철주)로 시설된 전차선로에서 비절연보호선으로 설치된 구간은 지락도선을 생략한다.

2. 섬락보호방식의 적용

섬락보호방식의 적용은 다음 각 호에 의하여 시설한다.

- (1) 전차선로의 섬락보호방식은 2중 절연방식(지락도선)으로 한다. 다만, 철주 또는 빔을 연속적으로 시설 할 경우에는 섬락보호지선방식으로 할 수 있다.
- (2) 콘크리트주에 설치한 가동브래킷 등은 지락도선을 설치하여 보호선 또는 부급전선에 직접 접속한다. 직접 접속이 불리한 경우는 섬락보호지선이 설치된 빔에 접속한다.

3. 장간애자의 섬락보호

- (1) 장간애자는 2중 절연으로 하고 접지측은 3,000V의 절연내력으로서 지락도선으로 보호선 또는 부급전선에 접속한다.
- (2) 현수애자의 섬락보호는 장간애자의 경우에 준한다.

4. 지락도선

- (1) 지락도선은 부급전선·보호선 및 섬락보호지선의 선종에 따라 경동연선 38mm², 강심 알루미늄연선 40mm² 등을 사용한다.
- (2) 장간애자에는 지락도선용 밴드를 사용하며 지락도선과 밴드의 접속은 압착단자로 접속하고 부급전선 또는 보호선에 클램프로 접속한다.

5. 빔 접지

빔은 직접 섬락보호지선에 접속한다. 다만, 적용이 불가능할 경우에는 단독접지방식으로 한다.

6. 승강장 등의 섬락보호설비

승강장 등의 전주가 일반 공중이 접촉할 우려가 있는 경우에는 섬락보호설비의 지락도선은 대지에 대하여 절연하고 보호선 또는 부급전선에 접속한다. 다만, 접지된 철주의 경우 생략할 수 있다.



7. 섬락보호지선

섬락보호지선(FPGW)은 다음 각 호에 의하여 시설한다.

- (1) 섬락보호지선에는 경동연선 38mm² 또는 강심알루미늄연선 58mm² 이상을 사용한다.
- (2) 가공전차선 등의 가압부분과의 이격거리는 1.2m 이상으로 한다.
- (3) 고저압 가공전선·통신선 등 타의 병가전선과의 이격거리는 0.5mm² 이상으로 한다.
- (4) 절연보호방식의 전차선로에서는 약 1km 마다 구분하여 접지저항 10Ω 이하로 접지하고 그의 대략 중앙점에 보안기를 통하여 부급전선 또는 보호선에 접속하며, 비절연보호방식의 전차선로에서는 공용접지선에 접속한다. 다만, 정거장 길이가 긴 경우 2km 이내까지 허용할 수 있다.
- (5) 섬락보호지선 지표상 높이는 5m 이상, 건널목에 있어서는 6m 이상으로 한다.

8. 보호선 및 비절연보호선

보호선(PW) 및 비절연보호선(FPW)은 다음 각 호에 의하여 시설한다.

- (1) 보호선 및 비절연보호선의 선종은 다음과 같다.

구 분	지역	사용전선	시설기준
보호선 및 비절연보호선	공해,염해지역	경동연선 Cu 75mm ²	1조
	청정지역	ACSR 93mm ²	1조

- (2) 보호선 및 비절연보호선에는 강심알루미늄연선을 사용하되 염해지역(내오손 B등급 이상) 및 공해(아황산가스 오염도 기준 24시간 평균치 0.05ppm이상), 터널 지역 등에는 경동연선 또는 부식방지용 전선을 선정하고 지락전류에 견딜 수 있는 굵기로 한다.
- (3) 보호선 등의 지지와 배열은 급전선 시설에 준하고 다른 전선과의 이격거리는 섬락보호지선 시설에 준한다.
- (4) 보호선 등의 지표상 높이는 급전선에 준한다.
- (5) 보호선 등은 각선별(급전 방면별)로 단권변압기 상호간의 약 1~1.2km 마다 보호선용 접속선으로 귀선레일(임피던스본드)에 접속하고 단말은 단권변압기의 중성점에 접속한다. 다만, 정거장구내에서는 홈 양쪽의 가장 가까운 임피던스본드 장소에 보안기를 통하여 접지 및 귀선레일(임피던스본드)에 접속한다.
- (6) 복선 터널 내에서는 비절연보호선(FPW)을 상,하선 계통별로 각 1선으로 가선 하며, 급전선용 브라켓 등의 금구류는 섬락보호지선(FPGW)으로 연결 가선하여 터널 입출구에서는 모두 공동 접속시켜 상하선별 전차선 전주의 비절연보호선과 각각 연결하여야 한다.

- (7) 전주 하부에 설치된 가공 보호접지 인하선의 고정 단자와 매설접지선과 임피던스분을 통해 모든 궤도간을 서로 횡단 접속하여 비절연보호선 매설접지선 및 궤도회로가 완전 등전위가 되도록 회로를 구성하여야 한다.
- (8) 비절연보호선 가선시는 기온에 따른 가선 장력과 이도표에 의해 정확하고 안전한 이도와 장력으로 가선하여야 한다.
- (9) 강심알루미늄연선 사용개소에 대해서는 동선과 접속시에 이중슬리브를 사용하여야 한다.

9. 보조부급전선 및 보조보호선

- (1) 지락도선을 직접 부급전선 또는 보호선에 접속할 수 없는 경우는 보조부급전선 또는 보조보호선을 시설하여 접속한다.
- (2) 보조부급전선 및 보조보호선은 보호선 및 비절연보호선에 준하여 시설한다.

10. 보안기

보안기는 다음 각 호에 의하여 각선별(급전 방면별)로 시설한다.

다만, AT급전구간에서 통합접지방식으로 설치된 구간은 제외한다.

- (1) BT구간 정거장구내 홈 양쪽 흡상선이 설치된 가장 가까운 장소에 보안기를 설치하여 부급전선에 접속하고, 섬락보호지선을 통하여 대지와 접속한다.
- (2) BT구간 정거장간에는 흡상변압기에 보안기를 설치하여 부급전선과 연결하고, 단독 접지 한다.
- (3) AT구간 정거장구내에 설치하는 보안기는 섬락보호지선 양단에 병렬로 설치, 보호선에 접속하고 단독접지 한다.
- (4) AT구간 정거장간 설치된 보호선용접속선으로부터 1km 마다 보안기를 설치하여 보호선에 접속하고, 단독접지 한다.
- (5) 설치 높이는 지표상 3.5m 이상으로 하고 보안점검이 용이한 위치에 시설한다.
- (6) 역간은 약 1km마다 구분 접지한 섬락보호지선의 대략 중앙점에 시설한다.
- (7) 보안기와 전차선로의 가압부분, 고·저압 가공전선 및 통신선 등 병가전선과의 이격거리는 0.6m 이상 이격한다.

11. 전차선로용 피뢰기 및 절연협조

- (1) 섬락사고 등으로 부터 전차선로 설비를 보호하고 접지전위상승을 억제하기 위하여 적절한 보호설비를 설계한다.
- (2) 급전케이블이 설치되어있는 터널의 인입·인출구와 변전소의 인입·인출구, 가공전선과 지중선로가 접속되는 곳에는 적절한 규격의 피뢰기를 설치하여야 하며, 필요할 경우 방전계수기와 누설전류계를 포함하여 설치할 수 있다.



- (3) 전차선로의 절연협조는 뇌격과 지락, 단락, 내부 이상전압 등으로 인하여 전차선로 계통 내에서 발생하는 이상전류 등을 고려하여 각 설비 등에 대한 절연협조가 이루어지도록 설계하여야 한다.
- (4) 케이블급전선의 차폐층에 유기되는 충전전류를 방지하기 위하여 차폐층 충전전류 방전에 적합한 시스보호용 피뢰기를 다음 각호와 같이 설치하여야 한다.
 - ① 급전케이블의 길이가 100m 이하인 경우 시스보호용 피뢰기를 설치하지 않는다.
 - ② 급전케이블의 길이가 100m를 넘고 600m 이하인 경우 일단에 시스보호용 피뢰기를 설치하여야 한다.
 - ③ 급전케이블의 길이가 600m 이상인 경우 차폐층의 유기전압에 의해 케이블이 소손되는 것을 방지하기 위해 유기전압을 100V이하로 제한해야 하며, 이때 케이블 길이 및 설치 조건을 고려하여 시스보호용 피뢰기를 편단 또는 양단에 설치하여야 한다.

12. 피뢰기의 설치장소

전차선로용 피뢰기는 다음 각 호에 의하여 시설한다.

- (1) 피뢰기는 흡상변압기 및 단권변압기의 1차측 및 2차측·급전용케이블 단말에 설치한다.
- (2) 주상에 설치하는 피뢰기는 지표상 5m 이상 높이에 설치한다.
- (3) 피뢰기의 접지단자와 지중 접지도체 리드선과의 접속은 25mm²의 전력케이블을 사용하고 지표상 2m 높이까지는 절연관으로 보호한다.
- (4) 피뢰기 누설전류 측정이 가능하도록 피뢰기 본체와 지지대간 절연체 또는 절연애자를 삽입하여 시설한다.

13. 피뢰기의 선정

피뢰기는 다음 각 호의 조건을 고려하여 선정한다.

- (1) 피뢰기는 밀봉형을 사용하고 유효 보호거리를 증가하기 위하여 방전개시전압 및 제한전압이 낮은 것을 선정한다.
- (2) 유도뢰서어지에 대하여 2선 또는 3선의 피뢰기가 동시에 동작이 우려되는 변전소 근처의 단락전류가 큰 장소에는 속류차단능력이 크고 또한 차단성능이 회로조건의 영향을 받을 우려가 적은 것을 사용한다.

14. 피뢰기의 접지

피뢰기에 시공하는 접지공사의 접지저항치는 10Ω 이하로 한다.

15. 가공지선

(1) 전차선로를 낙뢰로부터 보호하기 위하여 아래와 같은 사항에 모두 해당되는 선로에 서는 가공지선을 설치한다.

① 낙뢰 내습 빈도 상위 지역*

※ 기상청 낙뢰연보 기준으로 최근 5년간 시·군·구 단위면적당 낙뢰횟수 누계를 구 하여 전체 평균을 산출하고, 시·군·구 단위로 최근 5년간 단위면적당 낙뢰 누적 횟수가 평균 이상인 지역을 낙뢰 내습 빈도 상위지역이라 한다.

② 선로 높이(노반 FL)가 원지반(GL) 대비 10m 이상인 성토(또는 교량) 구간이 100m 이상 연속하는 구간. 단, 전차선로 급전선용 현수애자의 최고전압이 69kV급 이상 (또는 BIL 325kV급 이상)으로 설치된 구간은 제외한다.

(2) 가공지선의 선종

구 분	지역	사용전선	시설기준
가공지선	공해,염해지역	경동연선 Cu 75[mm ²]	1조
	청정지역	ACSR 93[mm ²]	1조

(3) 가공지선의 위치

① 낙뢰 보호를 극대화하기 위하여 전철주 상부에 지지대를 이용하여 설치한다.

② 가공지선의 단선 시 전차선로에 지장을 주지 않도록 선로 외측 방향에 설치한다.



해설 1. 보호설비의 개요

1. 보호방식 및 설비

1.1 보호설비의 목적, 의의

전차선로 설비가 인축이나 기타 설비에 대하여 피해를 끼칠 우려가 있을 때, 또는 외부로부터 손상을 받을 우려가 있을 때, 설치하는 설비를 보호설비라 한다.

보호설비는 각각의 급전방식에 적합하게 설비되어야 하며 그 기본적인 사항으로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- (1) 기기류는 충분한 보안도, 신뢰도를 가져야 한다.
- (2) 전선류는 소요의 전기적 특성 및 기계적 강도를 가져야 한다.
- (3) 다른 설비에 악영향을 주지 않아야 한다.
- (4) 보호설비로서 피뢰기, 보안기, 섬락보호설비, 주의표 등의 설비는 표준도에 의한다.

1.2 섬락 보호방식

전철 급전회로는 지락 등의 사고가 발생하였을 때, 이것을 신속하게 검지하여, 회로를 차단하는 기능을 가진 설비와 뇌에 대한 피뢰설비에 의하여 보호되고 있다.

교류급전회로는 그 고장의 검출을 거리계전기에 의하여 검지하므로 변전소측의 보호설비에 포함하여 전차선측에도 고장의 검출을 용이하게 하는 섬락보호설비가 필요하다.

교류급전회로에 있어서 섬락 등의 고장을 검출하여 급전회로를 보호하는 일련의 방식을 섬락보호설비라하며 다음과 같이 각각의 급전방식에 적합한 방식이 적용된다.

1.2.1 보호선(PW)에 의한 방식

선로를 따라 보호선을 가선하는 방식이다. 이것은 2중 절연 방식으로 지칭되며 애자의 특별 고압부와 고압부의 경계에서 연결하여 지락 도선을 PW에 접속한다.

이 방식은 우리나라에서 적용되고 있는 방식이다. 최근에 외국의 보호 방식은 전차선로 지지물에 접촉되는 지락 고장에 대해서도 유효하도록 보호선(PW) 애자에 S 형태의 혼(horn)을 설치하여 지지물의 전위 상승에 순시적으로 방전하여 금속 회로를 형성하는 방전 간극 방식이 채용되고 있다. S혼의 방전 전압은 간극에 따라 다른데 현재는 실효값으로 8~12kV 정도로 하고 있다.

BT 급전 회로에서 부급 전선(NF)은 AT 급전 회로의 PW와 같은 역할을 담당하고 있다. 고장 전류가 작은 AT 급전 회로에서는 PW에 애자를 설치하여 직접 지지물에 취부하고 있다.

1.2.2 이중절연 보호방식

이 방식은 장간애자의 부측절연부나 현수애자의 부측절연부에 지락도선을 설비하고 그 일단을 부급전선(NF)또는 AT보호선(PW)에 접속하여 보호회로를 구성하고 애자의 섬락사고시에는 전차선과 부급전선 또는 AT보호선이 직접 금속단락되어 사고전류를 통하게 함으로서 신속하게 변전소의 차단기를 차단시키는 방식이다.

이 방식의 특징은 다음과 같다.

- (1) 부급전선, AT보호선 및 지락도선이 지지물과 약 3,000V로 절연되어 있다.
- (2) 애자의 섬락사고시 지지물과 대지간에 전압이 발생하지 않으므로 콘크리트주에 대하여 전기적으로 안전하다.
- (3) 이중절연 애자와 지락도선의 배선이 필요하게 되므로 설비가 복잡하게 된다.

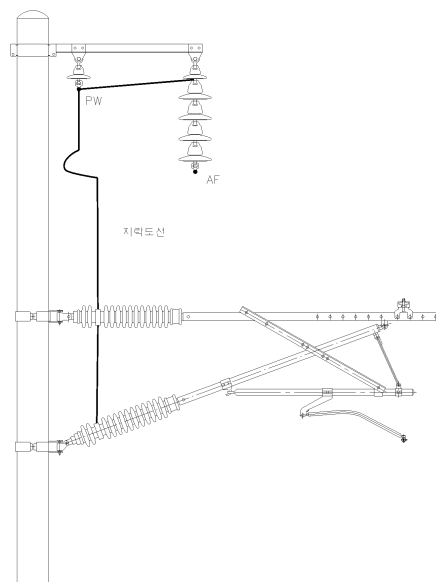


그림 1. 이중 절연 방식

1.2.3 단독접지방식

이 방식은 이중절연방식, AT보호방식 또는 섬락보호 지선방식을 적용할 수 없는 경우에 당해 설비를 단독접지하여 급전회로의 보호를 하는 방식이다.

1.2.4 매설접지방식

(1) 매설접지의 목적

전기철도에서 매설 접지방식은 변전소로 돌아오는 전류의 귀환을 용이하게 하고 레일 및 대지에 나타날 수 있는 위험한 수준의 장해전압을 피하도록 하기 위한 조치로, 가장 효과적인 방법은 가능한 한 많은 금속구조물을 등전위 접지망을 형성하도록 레일과 접속시키는 것이다.

등전위 접지의 주목적은 장해를 야기하는 전압차의 문제를 피하기 위함이며 변전소, 역사 등의 접지망은 접지저항 감소를 위해 전체저항을 매설접지에 접속한다.



(2) 접지저항과 전위상승

① 개요

소요접지 저항은 지락사고시의 최고전위상승, 접촉전압, 저압회로의 절연내력을 고려하여 결정한다. 일선지락시의 접지망 전위상승은 접지망에 흐르는 전류 IR 과 접지저항 R 에 의해 $E = IR \times R$ 과 같으며 접지저항이 높고 통과전류가 클때는 접지망 전위가 상승한다.

저항회로의 절연내력의 관계에서 최고접지전위 상승은 1,000~2,000V 이하로 억제하여야 하며 이를 초과할 경우는 제어선 및 전화선에 대한 대책을 강구하여야 한다.

[매설접지저항 계산 예]

조 건

매설 접지선 : Cu 35 [mm²]

r 반 지름 : 3.45 [mm]

t 매설깊이 : 0.75 [m]

ρ 대지고유저항 : 500 [Ω .m]

ℓ 매설접지길이 : 50,000[m](변전소 간격을 기준)

R 접지저항 [Ω]

Tagg, Dwight 의 식에서

$$R = \frac{\rho}{2\pi\ell} \left(\ell \ln \frac{2\ell}{r} + \ell \ln \frac{\ell}{t} - 2 + \frac{2t}{\ell} - \frac{t^2}{\ell^2} + \frac{t^4}{8\ell^2} \right)$$

㉠ 매설접지 길이 1km의 경우

$$\begin{aligned} R &= \frac{500}{2 \times 3.14 \times 1,000} \left(\ell \ln \frac{2 \times 1,000}{0.00345} + \ell \ln \frac{1,000}{0.75} \right. \\ &\quad \left. - 2 + \frac{2 \times 0.75}{1,000} - \frac{0.75^2}{1,000^2} + \frac{0.75^4}{8 \times 1,000^2} \right) \\ &= 0.0796 (13.27 + 7.195 - 2 + 0.0015 - \text{무시} + \text{무시}) \\ &= 1.46 [\Omega] \end{aligned}$$

㉡ 매설접지 길이 10km의 경우

$$\begin{aligned} R &= \frac{500}{2 \times 3.14 \times 10,000} \left(\ell \ln \frac{2 \times 10,000}{0.00345} + \ell \ln \frac{10,000}{0.75} - 2 + \frac{2 \times 0.75}{10,000} \right) \\ &= 0.00796 (15.57 + 9.5 - 2 + 0.00015) = 0.18 [\Omega] \end{aligned}$$

㉢ 매설접지 길이 50km의 경우

$$\begin{aligned} R &= \frac{500}{2 \times 3.14 \times 50,000} \left(\ell \ln \frac{2 \times 50,000}{0.00345} + \ell \ln \frac{50,000}{0.75} - 2 + \frac{2 \times 0.75}{50,000} \right) \\ &= 0.0016 (17.18 + 11.1 - 2 + 0.00003) = 0.04 [\Omega] \end{aligned}$$

[전위상승 전압 계산 예]

변전소 2차측 고장전류치는 27.5kV 기준으로 9,664A로 계산하면 단락사고시 전압상승 전압은 다음과 같다.

- 매설접지 길이 1km의 경우

$$E = IR \cdot R = 9,664[A] \times 1.46 = 14,109[V]$$

- 매설접지 길이 10km의 경우

$$E = 9,664[A] \times 0.18[\Omega] = 1,740[V]$$

- 매설접지 길이 50km의 경우

$$E = 9,664[A] \times 0.04[\Omega] = 387[V]$$

- 접지저항이 10[Ω]인 경우

$$E = 9,664[A] \times 10 = 96,640[V]$$

- 접지저항이 100[Ω]인 경우

$$E = 9,664[A] \times 100 = 966,400[V]$$

② 저압기기 및 저압케이블의 안전성 검토

KSC 1706(계기용 변성기)에 의하면 저압기기의 2차권선과 외함간 및 1차, 2차 전선 상호간의 내전압은 2,000V이며, KSC 3302 (600V 비닐절연전선 IV)에 의하면 저압 비닐절연전선의 시험전압은 최저 1,500V로 되어 있으므로, 변전소 상호간격을 약 50km로 가정할 경우 매설접지 전위상승 전압은 약 387V 정도이므로 통신, 신호 저압회로의 전위상승에 따른 저압케이블은 내전압에 충분히 견디며, 통신, 신호, 전력 및 선로변의 모든 철재류는 매설접지에 연결함으로서 등전위가 형성되어 전위차에 소손사고가 발생하지 않으므로 안전하다.

(3) 접지선의 굵기 계산

① 개요

기기의 접지단자 및 기기 케이스와 접지전극을 접속하는 접지선 및 접지모선은 여하한 고장전류에 의해서도 용단하지 않을 정도의 단면적을 사용하여야 한다.

또 접지선은 매설부분이 많고 또한 안전에 관한 설비이고 후일의 점검이나 개조는 불가능에 가깝기 때문에 안전측을 고려하여 고장전류는 최대지락전류로 한다.

$$A = \sqrt{\frac{8.5 \times 10^{-6} \times S}{\log_{10}\left(\frac{t}{274} + 1\right)}} \times I \quad [\text{mm}^2] \quad [\text{근거 : 전기설비기술계산 핸드북}]$$

A : 접지선의 단면적 [mm²]

S : 고장계속 시간 [초] : 0.5[초]

t : 접지선의 용단에 대한 최고허용 온도 상승 나동연선 850 [°C]

접지용 비닐전선 120 [°C]

I : 고장전류 [A] : 9,664 [A] (27.5kV 기준)



② 매설접지선 계산

$$A = \sqrt{\frac{8.5 \times 10^{-6} \times 0.5}{\log_{10}\left(\frac{850}{274} + 1\right)}} \times 9,664$$

$$= 25.4 [\text{mm}^2] < 35 [\text{mm}^2] \quad \text{--- 적합}$$

③ 접지용 비닐전선

$$A = \sqrt{\frac{8.5 \times 10^{-6} \times 0.5}{\log_{10}\left(\frac{120}{274} + 1\right)}} \times 9,664$$

$$= 50 [\text{mm}^2] < 70 [\text{mm}^2] \quad \text{--- 적합}$$

(4) 교각철근 접지

현재 전철화 계획중인 선로는 용지활용의 여건상 상당히 많은 구간이 고가로 추진되는 경향이 있다.

따라서 고가구간이나 교량의 경우 새로 건설할 때 철근 접지방식을 채택하면 저렴한 비용으로 매우 우수한 접지전극을 확보할 수 있게 된다.

철근접지 방식의 시행은 바닥철근과 접지선을 용융용접(산화구리와 알루미늄)하여 교각 상부까지 접지선 F-GV 70mm²를 인출하고(교각상부 1m) 전철주 앵커볼트와 교각철근을 용접하여 교각 공사때 일괄적으로 시행할 수 있도록 토목공사에 포함하여 시공하여야 하며 용접으로 인하여 열전도 된 부분의 접지선은 아연 도금 코팅으로 피막을 형성한 후 에폭시(Epoxy)계 고무절연 테이프로 감아서 산화방지 처리를 한 후 콘크리트를 타설하여야 한다. 앵커볼트 매입 및 접지선 공사에 대하여 토목시공 전에 토목시설 분야와 충분히 협의하고 공사감독은 전기부서에서 담당하는 것이 바람직하다.

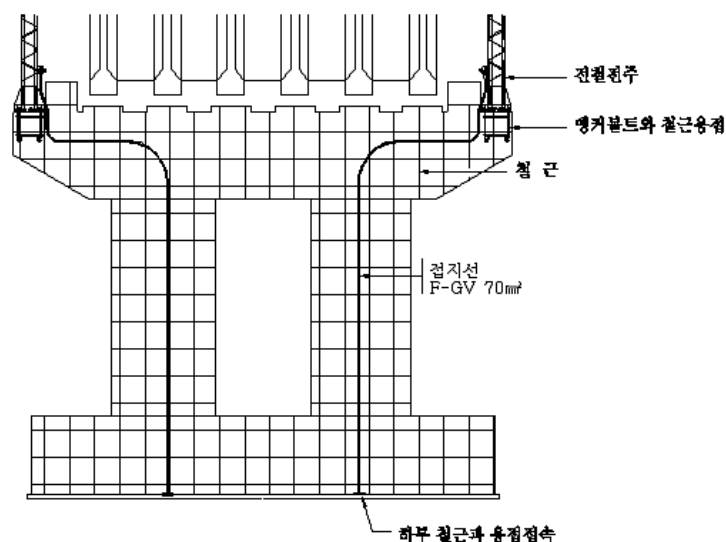


그림 2. 교각접지 표준도

(5) 터널접지 설비

산악지대가 많은 지형은 대부분 고가 및 터널로 선로가 이루어진다. 터널은 장대 터널인 경우 각종 시설물이 터널내부에 설치된다.

터널내 접지설비는 매설접지방식으로 각종 설비의 접지를 공용하기 위하여 상·하선 터널 배수로 하부에 매설접지선을 포설하되 250m마다 접지선(F-GV 70mm²)을 인출하여 접지단자함을 설치하여 터널내부의 시설물 접지로 활용하도록 하여야 하나, 매설접지선은 전기공사로는 시공이 불가하므로 터널공사시 매설접지선과 250m마다 접지선을 인출하도록 토목공사에 포함하여 시공하고 접지공사에 대한 감독은 전기부서에서 담당하는 것이 바람직하다.

터널내 매설접지 시공은 터널하부에 한번 시설하면 유지보수 등이 불가능 하므로 상·하선에 매설접지선을 포설하도록 한다.

1.3 지락도선

교류 전차선로에서 애자의 섬락사고가 발생하였을 때 그 사고전류를 귀선회로(부급전선, 또는 AT 보호선)로 회귀시키는 것을 목적으로 설비되어 있는 것을 지락도선이라 한다.

- (1) 지락도선은 부급전선, 보호선 및 섬락보호지선의 선종에 따라 경동연선 38mm², 강심알미늄연선 40mm² 등을 사용한다.
- (2) 지락도선의 접속은 장간애자에는 지락도선용 밴드를 사용하며 지락도선과 밴드의 접속은 압착단자로 접속하고 부급전선 또는 보호선에는 클램프로 접속한다.

1.4 AT보호선(PW)

1.4.1 AT보호선의 개요

AT보호선(PW : Protective Wire)은 AT급전방식의 전차선 애자류의 보호용으로서 애자의 부측을 지락도선 또는 지락도대로 접속한 가공전선이며 AT중성점과 레일을 접속하고 또한 AT와 AT의 중간부분에서 보호선용 접속선으로 레일과 접속되며 보호선과 레일은 병렬로 폐회로를 구성하고 있다.

1.4.2 AT보호선의 설치목적

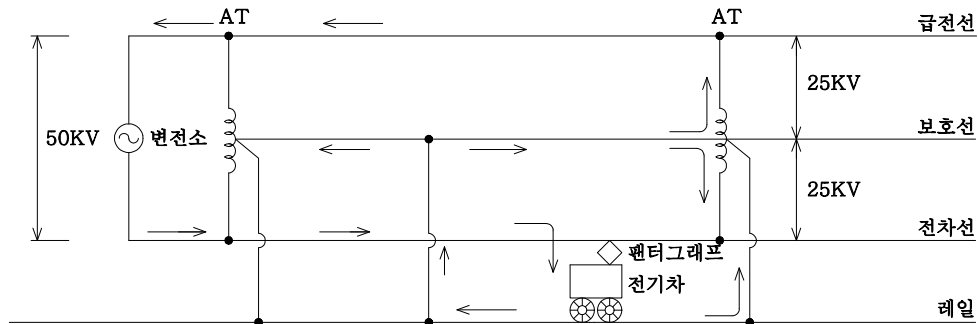
AT보호선의 목적은 급전선이나 전차선용 애자의 섬락사고 발생시에 금속회로를 구성하고, 신속하게 변전소의 차단기를 차단시켜서 애자류의 파손사고를 방지함과 동시에 지락사고로 인한 지지물 등의 접지전위 상승을 억제하여 지지물에 첨가된 전선 및 근처에 부설된 전등, 신호, 통신 등의 저압약전류회로 및 기기의 절연파괴 사고를 방지하는 것이다.



1.4.3 통신유도 경감

AT보호선은 레일과 폐회로를 구성하고 있기 때문에 레일의 전위상승을 억제하며 레일에서 대지로 누설하려고 하는 전류를 AT보호선에 흐르게 함으로서 통신선 등에 전자유도장해의 경감효과도 기대하고 있다.

1.4.4 AT급전회로의 보호선 구성도



1.4.5 AT보호선의 용량

AT보호선의 선종을 결정하는 조건은 사고시의 단락전류와 그 통과시간, 전선의 강도, 레일전위 및 통신유도 등을 생각할 수 있다. 변전소 근처에서 발생한 단락사고는 선로 임피던스가 낮기 때문에 AT보호선에 대전류가 흐르므로 충분한 전류내량과 기계적 강도가 필요하게 된다.

AT급전방식에서 사고전류의 통전시간은 차단기의 동작시간에 약간의 여유를 보아서 0.5~0.6초 정도로 한다.

통전시간이 대단히 짧고(열의 방산을 생각할 수 없는 2~3초 이내의 단시간) 전선의 성능을 저하시키지 않는 전류치를 순시전류 용량이라 하며 다음식에 의해서 구한다.

$$\text{경동선} \quad I = 152.1 \times \frac{A}{\sqrt{t}} \quad I = \text{전선의 순시전류용량 [A]}$$

$$\text{경알미늄연선} \quad I = 93.26 \times \frac{A}{\sqrt{t}} \quad A = \text{전선의 단면적 [mm}^2\text{]}$$

$$\text{아연도금강연선} \quad I = 49 \times \frac{A}{\sqrt{t}} \quad t = \text{통전시간 [sec]}$$

1.5 비절연보호선(FPW)

1.5.1 비절연보호선의 개요

비절연보호선(FPW : Fault Protective Wire)은 단권변압기방식의 지하구간 및 공용 접지방식 구간에서 섬락보호를 위하여 철재·지시물을 연결하여 설치되는 가공전선으로서 대지에 대하여 절연하지 아니하는 전선으로서 AT중성점과 레일을 접속하고 또한 AT와 AT의 중간부분에서 보호선용접속선(CPW)으로 레일과 접속되며 비절

연보호선과 레일은 병렬로 폐회로를 구성하고 있다.

설치목적 및 회로의 구성 등은 AT보호선과 같으며 설치위치는 다음과 같다.

1.5.2 비절연보호선의 설치위치

비절연보호선의 설치 위치는 일반토공구간 개별 장주도를 기준으로 하부밴드에 일괄취부하는 것을 원칙으로 하고 자동설계프로그램이나 선구의 별도의 방법에 따라 설계하는 경우 발주기관과 협의하여 설계한다. 또한 통신유도방지를 위한 차폐선을 전철주에 병가할 경우는 비절연보호선을 상부밴드, 차폐선은 하부밴드에 취부한다.

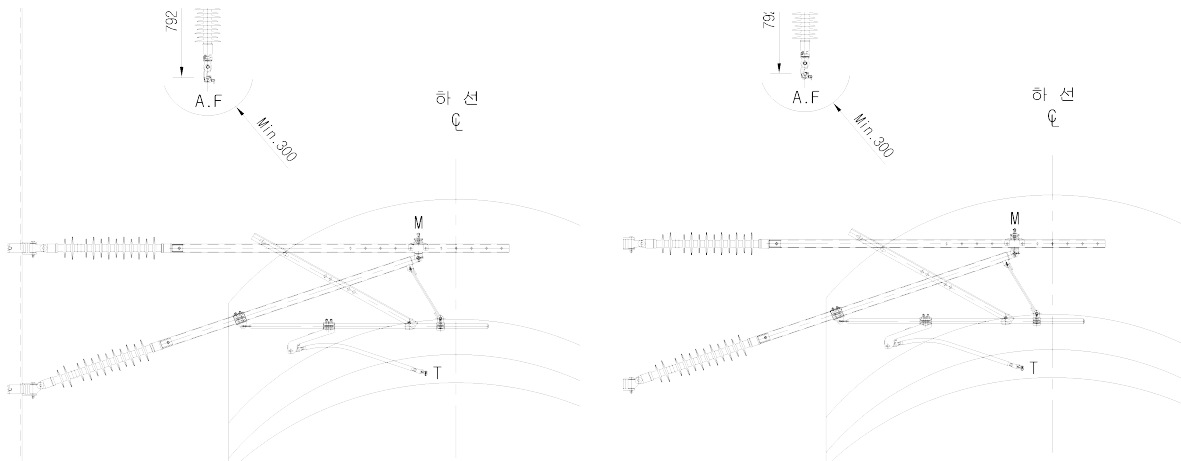


그림 3.비절연보호선 설치위치(차폐선 없음) 그림 4. 비절연보호선 설치위치(차폐선 병가)

1.6 섬락보호지선

1.6.1 설치목적

섬락보호지선(FPGW : Flash Protection Ground Wire)은 빙 또는 완철, 애자금구 등을 직접 전기적으로 접속하고 그 중앙부에서 보안기를 통하여 부급전선 또는 AT 보호선에 접속한다. 급전선이나 전차선용 애자의 섬락사고 또는 빙 등의 단락사고가 발생하였을 때, 사고전류는 이 섬락보호지선으로 흘러서 대지전위가 상승되어 보안기가 동작되며 AT보호선을 통하여 변전소로 회귀하는 보호회로를 구성하기 위한 가공보호선이다. 이 방식은 주로 지지물이 철주로 시설되는 개소, 역구내, 차량기지, 변전소의 급전선 인출구등, 전차선 설비가 복잡하며 이중절연방식을 채용하면 지락도선 때문에 점점 복잡해지며 그로 인하여 보호설비가 오히려 보안도를 저하시키게 되는 장소에 적용된다.

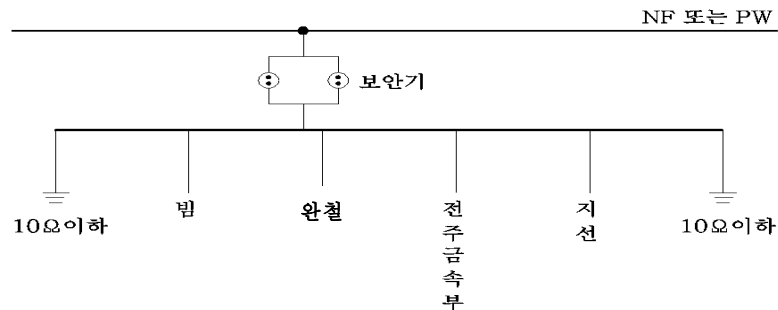
(1) 보호개념

이 방식의 동작원리는 섬락사고가 발생하면 사고전류는 섬락보호지선으로 흘러 대지 전위가 상승되며 보안기가 동작되어 AT보호선을 통하여 변전소로 회귀시키는 금속회로를 구성하는 보호방식이다.



(2) 보호회로의 구성

보호회로의 구성은 각 빔 또는 완철, 애자금구 등을 직접 섬락보호지선과 전기적으로 접속하여 약 1km마다 구분하고 단독접지하여 시공함과 동시에 그 섬락보호지선의 중앙부분에서 보안기를 통하여 부급전선 또는 AT보호선에 접속한다.



1.7 보안기

교류 전차선로용 보안기란 절연보호방식(PW)에서 섬락보호지선(FPGW)과 부급전선 또는 AT보호선과의 사이에 설치되는 방전 갭(Gap)을 말한다. 애자섬락시 어느값 이상의 전압이 보안기에 걸렸을 때만 동작시키고 변전소의 사고전류 검지와 보호처리를 용이하게 하고 있다. 또 피뢰기와는 달라서 특성요소는 없으며 일정한 방전간극으로만 되어있다.

1.7.1 보안기의 동작원리

애자의 섬락사고가 발생하였을 때에 변전소의 차단기 동작을 확실히 하기 위하여 섬락보호지선과 부급전선과를 접속할 필요가 있으나 부급전선에는 상시 전압이 걸려있기 때문에 양선을 직접 접속하면 전주 등에 사람이 접촉되었을 때에 위험하므로 보안기를 통하여 접속하고 애자섬락 등의 이상시에 1,200V~2,500V의 전압이 보안기에 가압되었을 때만 방전간극을 아크(Arc)에 의하여 단락시켜서 사고전류는 부급전선으로 흐름과 동시에 변전소의 차단기를 동작하므로써 지지물 등의 대지 전위 상승을 억제한다.

1.8 피뢰기

1.8.1 개요

피뢰기란, 뇌 및 회로의 개폐 등으로 충격전압 발생시 그 전류를 대지에 흐르게 함으로써 과전압을 제한하며, 기기나 회로 등의 절연을 보호하고, 또 속류를 단시간에 차단하여 계통의 상태를 본래대로 자복하는 보호장치를 말한다.

1.8.2 피뢰기의 구조 및 구성

피뢰기는 직렬 갭(Gap, 아크간극)과 특성요소(SiC : 탄화규소)로 구성된 직렬 갭(Gap)형 피뢰기와 특성요소에 산화아연(ZnO)을 사용한 갭리스(Gapless) 피뢰기(직렬 갭을 생략한 피뢰기)가 있다.

(1) 직렬갭(Gap)

직렬갭은 정상 전압에서는 방전을 하지 않고 절연상태를 유지하다가 이상전압 발생 시에는 신속히 이상전압을 대지로 방전해서 이상전압을 흡수함과 동시에 계속해서 흐르는 속류를 빠른시간 내 차단하는 특성을 가지고 있다.

(2) 특성요소

특성요소는 탄화규소입자를 각종 결합체와 혼합하여 모양을 만든 후 고온도의 노 속에서 구워낸 것으로 비저항 특성을 가지고 있어 밸브 저항체라고도 한다.

특성요소의 특징은 뇌 서지 등에 의한 큰 방전전류에 대해서는 저항값이 작아져서 제한전압을 낮게 억제함과 동시에 비교적 낮은 계통전압에서는 높은 저항값으로 속류 등을 차단하여 직렬갭에 의한 차단을 용이하게 도와주는 작용을 한다.

(3) 갭리스(Gapless)형 피뢰기

산화아연(ZnO)을 주성분으로 하는 소결체를 특성요소로 하는 피뢰기로서 전압이 인가되어도 거의 전류가 흐르지 않으므로 직렬 갭(Gap)의 필요가 없으며 갭리스 피뢰기라 부르고 있다. 이 피뢰기는 인가되는 전압이 보호 레벨(Level)에 달할 때까지는 거의 전류를 흐르게 하지 않으며 실질적으로 절연물이다. 보호 레벨을 초과하는 과전압이 되면 전류를 통전하여 광범위의 방전전류치에 대하여 단자전압은 거의 일정치로 유지되며 과전압이 없어지면 즉시 방전전류가 작아진다는 특징을 갖고 있다.

1.8.3 피뢰기의 유효보호범위

피뢰기의 직선적 유효보호범위는 다음과 같이 계산한다.

$$L = \frac{C \cdot t}{2} \text{ [m]}$$

L : 피뢰기의 직선적 유효보호범위 [m]

C : 전파속도 [m/μs]

t : 뇌의 파두장 [μs]

1.9 보호망

전차선로의 상부에 과선교 등의 위에서 급전선 또는 전차선로에 사람이 접촉될 우려가 있을 때에는 감전사고를 방지하는 시설을 다음과 같이 하여야 한다.

- (1) 가공 전차선로에 도로, 구름다리 등이 접근하는 곳에는 필요에 따라 보호망(책)을 설치하여야 한다.
- (2) 화물홈, 도로변 등 차량 및 통행인에 의하여 손상을 받을 우려가 있는 지지물은 철책, 콘크리트벽 등으로 방호설비를 하여야 한다.



1.10 접지장치

1.10.1 개 요

전차선로의 접지장치에는 섬락보호설비에 사용되는 보안기의 접지극 및 피뢰기의 접지극 등, 급전회로의 보호를 목적으로 한 것과 철주의 접지, 교류 전차선로의 유도방지용 접지 및 전차선로를 지지 또는 근접한 승강장, 옥상 등의 금속부분의 접지 등, 인체 또는 공작물에 대한 장애방지를 목적으로 한다.

이와 같은 것을 설계, 시공하는 데는 다음사항을 고려할 필요가 있다.

- (1) 항상 소요의 접지저항을 유지할 것
- (2) 강전류회로와 약전류회로와의 접지는 공용하지 않을 것 (매설접지제외)
- (3) 대지전위의 상승에 따른 역섬락의 방지를 고려하여 접지위치를 선정할 것
- (4) 접지용 리드(Lead)선은 소선의 단선 및 부식이 발생하지 않도록 시설할 것

1.11 가공지선

1.11.1 강심알루미늄연선 및 경동연선 특징

가공 선종	공칭 단면적 (mm ²)	연선구성 소선수/소선경 (mm ²)		계산 단면적 (mm ²)		최대 인장하중 (ton)	외경 (mm)	계산 중량 (kg/km)	저항 (20℃) (kg/m)	저항 온도 계수 (20℃)	저항 (Rt) × 10 ⁻⁵	연속 허용 전류 (A)
ACSR	93	(Al) 12/2.5	(St) 7/2.5	(Al) 58.9	(St) 34.4	4.701	12.5	437	0.452	0.004	0.3852	290
Cu	75	7/3.7		75.25		2.91	11.1	677	0.239	0.00381	0.677	1347

1.11.2 선종의 장단점

구 분	경동연선(Cu)	강심알루미늄 연선(ACSR)
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 도전율이 좋다. • 염해 및 공해에 강하다. • 허용전류가 크다. • 선팽창계수가 작다 	<ul style="list-style-type: none"> • 가격이 저렴하다. • 중량이 가볍다. • 인장하중이 크다. • 선팽창계수가 크다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 가격이 비싸다. • 중량이 무겁다. • 인장하중이 적다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 도전율이 적다. • 염해 및 공해에 약하다. • 허용전류가 작다.

RECORD HISTORY

- Rev.0('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.
- Rev.4('14.12.26) 피뢰기의 설치기준을 전기설비기술기준 및 판단기준에 따라 반영하고 급전케이블 시스템피뢰기의 설치기준을 적시함
- Rev.5('15.06.29) 섬락보호지선 선종에 강심알루미늄연선 58mm²도 포함
- Rev.6('21.02.15) 종별접지 폐지에 따른 내용 수정(기준심사처-4495호, '20.11.17)
- Rev.7('23.11.27) 관계 법령, 설계기준 등 인용 기준 최신화, 표현방식 변경, 오류사항 수정 등 단순사항 수정(기준심사처-4429호, 2023.11.27.)
- Rev.8('23.12.21) “전차선로 낙뢰 피해 최소화 대책 연구” 결과 반영 요청(기술연구처-2611호, 2023.07.14.)에 따른 개정(기준심사처-4846호, 2023.12.19.)