

제 10 장

피뢰기 (LA)



피뢰기 (LA)

제1절	이상전압과 절연설계	2
1.	이상전압	2
2.	절연협조	4
제2절	피뢰기	7
1.	개 요	7
2.	피뢰기의 정의	7
3.	피뢰기의 동작원리 및 극성	8
4.	피뢰기의 구조	10
5.	피뢰기의 종류와 특징	16
6.	피뢰기에 요구되는 성능	16
7.	피뢰기 특성 및 용어	17
8.	피뢰기 부속장치	21
9.	피뢰기의 보호효과	23
10.	피뢰기의 선정	24
11.	피뢰기의 설치 및 점검보수	27

제1절 異常電壓과 絶緣設計

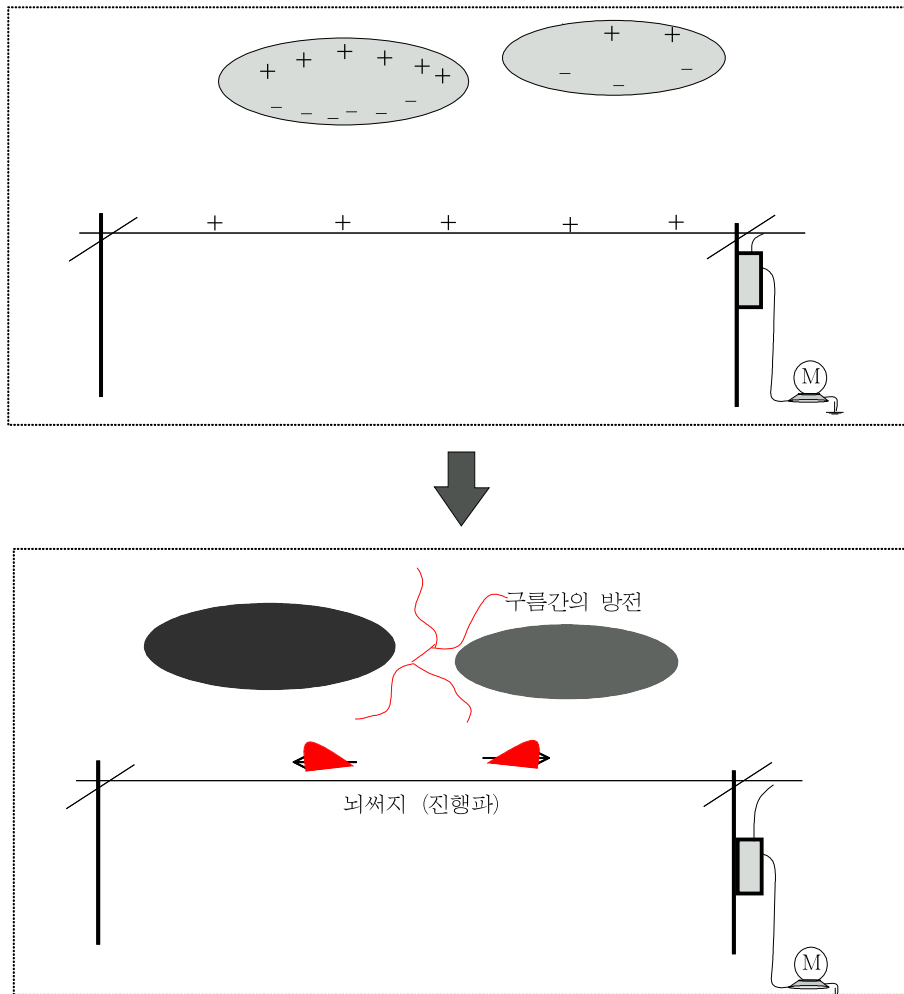
1. 이상전압(異常電壓)

가. 이상전압의 종류

전력계통에 발생하는 이상전압에는 기준도 및 파고치가 대단히 큰것도 있어 변전소의 각종기기, 모선 지지애자등의 절연내력을 모든 이상전압에 견디고록 설계한다는 것은 경제적으로 곤란하다.

그러므로 이들 이상전압에 대하여는 특별한 보호장치를 설치한다던가 또는 절연에 대해서 안전한 정도까지 이상전압의 기준도나 파고치를 저감시켜 그 이하의 이상전압에 대해서는 충분한 절연내력을 갖도록 설계한다.

전력계통에 발생하는 이상전압을 구분하면 외부이상전압과 내부이상전압으로 나누어진다. 외부이상전압은 뇌(雷)로 인하여 발생하는 것으로 이것에는 뇌의 진격에 의한 직격뢰와 뇌운(雷雲)의 정전유도에 의한 유도뢰가 있으며 모두 충격성 이상전압이다.



내부이상전압에는 과도 이상전압과 지속성 이상전압이 있다 과도 이상전압에는 차단기의 개폐시 발생하는 것과 아크지락, 간헐성 아크지락시에 발생하는 것이 있고 상용주파의 지속성 이상전압에는 1선지락시 건전상의 전압상승, 부하차단시 발전기의 전압상승 소호리액터 접지 계통의 직렬공진등에 의한 것이 있다.

나. 절연설계

1) 직격뢰에 대한 절연설계

직격뢰는 기준도 및 과고치가 가장 큰 뇌로 변전소의 절연내력이 이에 대응할수 있도록 설계한다는 것은 불가능하다. 또한 피뢰기등으로 완전히 보호한다는 것도 불가능하다. 그러므로 직격뢰를 받을 가능성이 있는 변전소에서는 변전소 자체는 물론 변전소에서 약 1km 이내의 범위내에 가공송전선에 대하여 가공지선을 설치하고 그것을 다중 연접 접지해서 그 접지저항을 극력 저하시켜 직격뢰의 변전소 침입을 방지한다.

2) 유도뢰에 대한 절연설계

유도뢰에도 기준도나 과고치가 큰 것이 있으므로 피뢰기를 적절하게 배치해서 변전소내의 과전압을 일정 레벨이하로 떨어뜨린다.

이때 피뢰기의 기능을 충분히 발휘시키려면 피뢰기를 피보호기기(주변압기)에 가깝게 설치해야 한다.

이격거리가 길면 피보호기기의 단자에 가해지는 이상전압값이 피뢰기의 제한전압보다 높아진다. 일반적으로 50m를 표준으로 한다.

피뢰기의 접지저항값도 되도록 낮게 하지 않으면 안된다. 가령 제한전압이 낮다 하더라도 접지저항이 커서 접지저항에 의한 전압강하가 크면 피뢰기 단자에 가해지는 전압이 높아져서 보호효과는 감소한다.

일반적으로 회로전압이 10kV이상의 피뢰기의 접지저항값은 10Ω이하, 3-6kV 피뢰기에서는 5Ω이하가 되도록 한다.

피뢰기의 접지도체길이는 가능한한 짧게하고 접지선의 단면적을 크게하며 접지선은 구내 전체를 메쉬접지로 하던가 또는 다수의 접지전극을 매설하여 연접한다.

3) 소내기기 및 시설의 절연설계

위에서 말한바와 같이 변전소내의 과전압이 일정화 되므로 변전소 내의 각 기기는 그 기종 설치에 대하여 절연격차를 둘 필요가 있고, 각 계통 전압에 대하여 정해진 기준충격 절연강도(BIL)에 통일하여 설계하므로 표준화가 이루어진다.

사용조건, 환경등에 따라 절연협조를 고려해야 하는 기기는 그 시험조건등을 바꾸어 규격내에서 절연협조를 해야한다.

예를들어 옥외에서 사용하는 애자, 애관류에 대해서는 오손(汚損), 습윤(濕潤)등을 고려하여 동일 BIL에 있어서 그 시험조건을 바꾸어 절연격차를 둔다.

또 피뢰기의 보호범위 외에 설치된 전위변성기나 결합콘덴서에 대하여도 소정의 BIL의 120%의 값을 취하도록 한다.

변압기 중성점의 절연내력은 계통의 공칭전압을 기준으로 해서 BIL 이 정해져 있고

비유효 접지계에서는 중성점에 피뢰기를 설치한다.

모선의 절연은 대지간에 대해서는 BIL을 기준으로 하고 도체와 대지간의 섬락특성이 이것을 상회하도록 선정하고 상간은 다른상의 영향을 고려하여 대지간 보다 크게 BIL의 150%값을 목표로 한다.

또 바람, 단락시의 전자력에 의한 횡진의 경우에도 최소 절연간격이하가 되지 않도록 여유를 갖게 한다.

애자, 애관류의 외부절연은 기본적으로 BIL, 상용주파 시험전압에 따라 결정되지만 오손성능에 대하여는 1선지락시 건전상 전압에 견디도록 설계한다. 또 접지선에 외전류가 흐르는 경우 제어회로, 통신설비, 소내전등회로등에 이상전압을 유기하는 일이 있으므로 이들의 차폐나 피뢰기 설치등에 대하여도 특별히 고려해야 한다.

BIL은 기기충격 절연강도의 보증치로 이의 80%이하의 전압이라면 반복해서 인가하여도 오랜세월 견디게 되어 있다.

그러므로 피뢰기의 보호레벨은 충격과 영역에 있어서 80%이하가 되도록 여유를 가지고 선정된다. 또한 개폐꺼지등과도 이상전압에 대한 절연내력은 BIL의 83-85%를 개폐꺼지 내전압으로 생각하는 것이 일반적으로 인정되고 있어서 유도는 15%이며 피뢰기 개폐꺼지에 대한 보호레벨은 $BIL \times 85\% \times 85\%$ 이하로 해서 절연협조가 계획된다.

2. 절연협조

가. 절연협조의 정의

- (1) 예상되는 異常電壓 및 surge보호기기의 특성과 전기적 설비에 대한 絶緣強度와의 적당한 관계를 검토 결정하는 과정 (ANSI)
 - (2) 전기설비에 나타나는 전압 Stress가 절연파괴를 일으키거나 공급장치를 가져올 확률을 경제적, 효율적으로 적절한 수준까지 감소시키기 위해 전력계통에서 발생하는 전압과 보호장치 특성과의 관계로부터 설비의 電氣的 強度를 결정 (IEC).
- 절연협조 (Insulation Coordination)란 발변전소의 기기나 송배전선로등 전력계통 전체의 절연설계를 보호장치와 관련시켜서 합리화를 도모하고 안전성과 경제성을 유지하는 것이다. 따라서 먼저 고려해야할 것은 雷전압이외의 이상전압에서는 결코 Flashover 내지 절연파괴가 일어나지 않도록 하는 것이다.

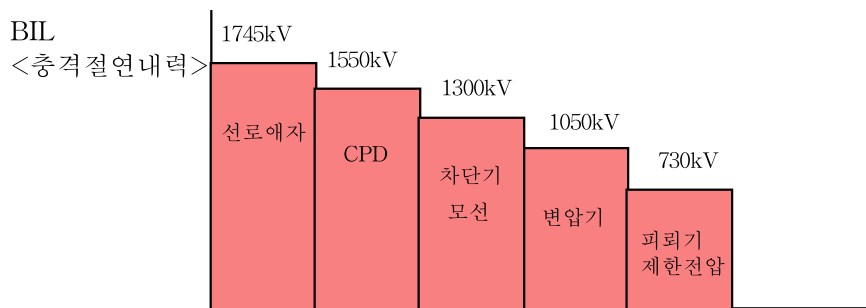
나. 절연계급과 기준충격 절연강도 (BIL)

절연계급이란 전력용기기 및 공작물의 絶緣強度의 階級을 말하며, 각 절연계급 (号)에 대응해서 절연강도를 지정할 때 기준이 되는 基準衝擊絶緣強度(BIL) [kV]가 정해져 있다. BIL은 계통에서의 雷電壓진행과의 波高值, 각종 보호장치의 보호능력, 경험선례등을 참고해서 정한 것이고, 衝擊耐電壓試驗은 이에 따른다. 이와 같은 기준을 정하는 목적은 기기나 공작물의 絶緣設計를 標準化하고 계통절연의 구성에 統一性을 주기 위함이다.

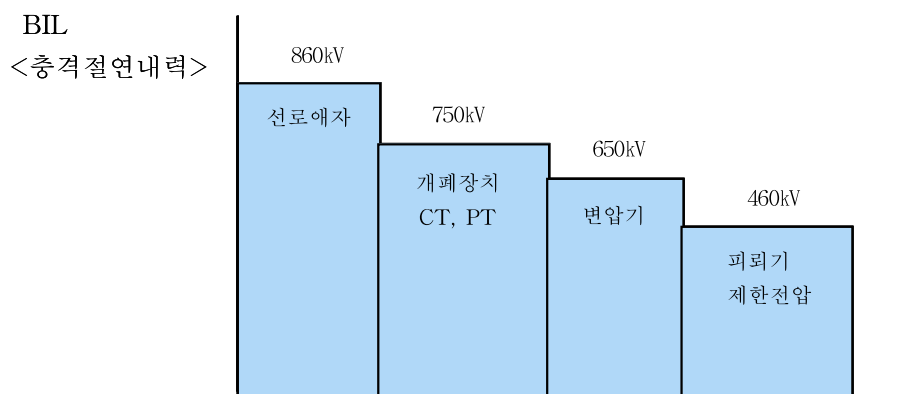
공칭회로전압 [kV]	절 연 계 급 [號]	기준충격절연강도 [kV]	충격시험전압 [kV]	사용주파 시험전압[kV]
66	60	350	350	140
154	140	750	750	325

가령 절연계급 60호의 기기라면 적어도 충격전압에서는 350[kV], 상용주파전압에서는 140[kV]에 견딜 수 있는 것이 되어야만 한다는 것이다.

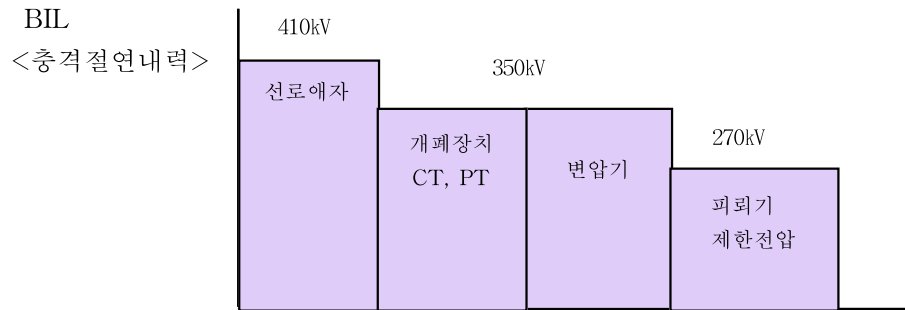
다. 345kV 절연 협조를 위한 절연강도표



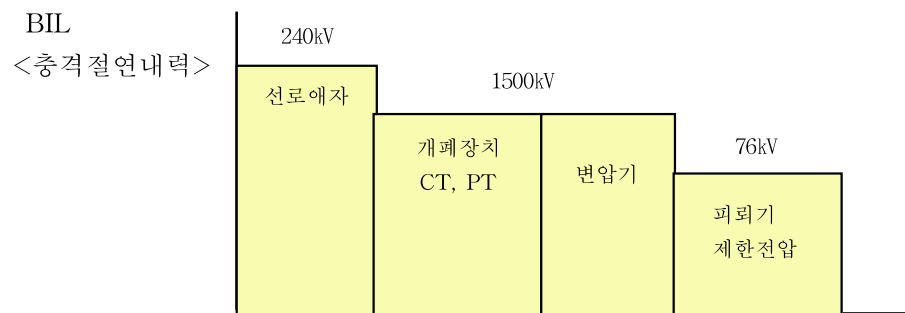
라. 154kV 절연협조를 위한 절연강도표



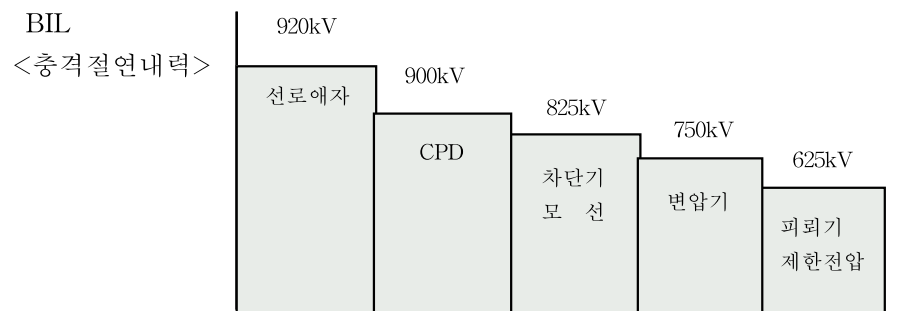
마. 66kV 절연 협조를 위한 절연강도표



바. 22kV 절연 협조를 위한 절연강도표



사. 154kV 송전계통 절연 협조를 위한 절연강도표



제2절 피뢰기

1. 개 요

전력수요 밀도의 증가에 따라 송전전압의 초고압화 혹은 송배전선의 증설 및 병가회선수의 증가에 의해 철탑의 높이도 높게되어 뇌해를 받기 쉽게 되어있다. 또, 선로에 있어서 진공차단기, 진상콘덴서 설치등에 의해 개폐써지에 의한 이상전압 발생의 기회도 증대되는 현실이므로 피뢰기 설치는 필수요건이 되고 있다

전력기기의 발달과 함께 피뢰기도 성능면에서 많은 발전을 해왔다. 기존에는 거의 예외 없이 발변전소용에는 저항형피뢰기가, 배전선용에는 저항형 및 P밸브(지형)피뢰기가 많이 사용되었다.

저항형피뢰기에 사용되고 있는 특성요소에는 탄화규소를 주재료로 하는 합체를 가압성형 시킨후 얻어진 비직선저항체가 이용되어져 있어 정상전압시에는 비교적 높은 저항치를 나타내지만 대전류가 통할 때에는 현저하게 저항치가 내려가서 이상전압의 오름을 막는 것과 함께 써지 종료후에는 고저항화해서 속류를 억제하여 gap부에서 속류를 차단하는 것이다.

요즈음은 비직선성의 성능을 나타내는 비직선계수가 높은 것 혹은 방전내량이 큰 것을 얻을 수 있도록 연구한 결과 산화아연을 주원료로한 비직선계수가 극히 큰 특성요소가 출현해서 장래 내구성에 대한 신뢰성이 향상함에 따라 직렬갭을 생략한 것이 많이 사용되고 있다.

2. 피뢰기의 정의

피뢰기는 낙뢰 또는 개폐써지등의 이상전압을 일정치 이하로 저감시켜 전기기기의 절연 파괴를 방지하는 한편 방전한후 상용주파전압(상시 계통전압)에 흐르는 속류를 신속히 차단하고 계통을 정상적인 상태로 유지시키는 기능을 가진 기기이다.

※ 속류 : 방전현상이 실질적으로 끝난후 계속하여 전력계통에서 공급되어 피뢰기에 흐르는 전류

다. 피뢰기와 FUSE의 비교

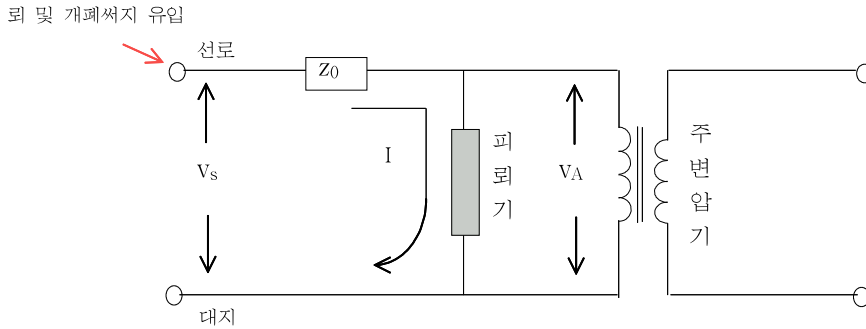
구 분	기 능	동 작 원 리	동 작 형 태	비 고
FUSE	과전류 보호	도체 용단	회로개방	
피뢰기	과전압 보호	고전류 통전	회로단락	

일반적으로 피뢰기와 퓨즈는 쌍대적 관계로 이해하면 피뢰기를 이해하기가 쉽다.

즉, 퓨즈는 회로에 과전류가 흐르면 개방되어(스스로 녹아 끊어져) 피보호 기기를 보호하는 반면에 피뢰기는 과전압이 발생하면 단락되어(스스로 대지와 회로 구성) 피보호 기기를 보호한다.

3. 피뢰기의 동작원리 및 구성

가. 원 리



그림에서 보는 바와 같이 변압기 1차측으로 낙뢰 및 개폐썬지에 의한 과전압이 V_s 가 유입되면 과전류 I 는 선로에서 주변압기측으로 흘러들어온다 이때 과전압에 의해 피뢰기가 동작하여 선로와 대지사이를 단락시켜 주변압기측으로 전류의 흐름을 차단하여 주변압기를 보호한다.

이때 피뢰기에 의해 대지로 방출되는 전류를 알아보면 뇌나 개폐썬지에 의해 발생한 과전압 V_s 는 선로임피던스와 과전류 I 와의 곱한 값과 주변압기 1차측에 발생한 전압과의 합이 된다.

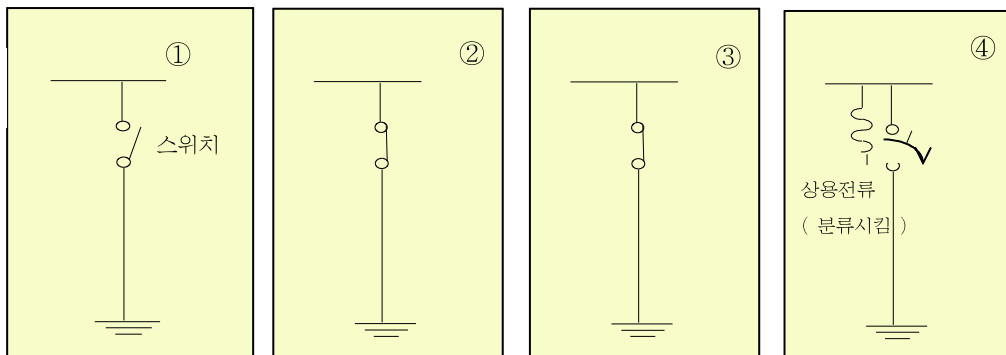
$$V_s = IZ_0 + V_A \rightarrow I = \frac{V_s - V_A}{Z_0}$$

따라서 전류 I 는 썬지에 의해 발생한 전압에서 M.Tr 1차측 전압을 감한 값을 선로의 상임피던스로 나눈 값이 된다.

나. 피뢰기 동작순서

피뢰기는 뇌 또는 회로의 개폐시에 기인하는 전압의 파고값이 어떤값을 넘는 경우 전류를 분류(分流)함으로서 그 과전압을 제한하여 전기설비의 절연을 보호하고 속류를 단시간내에 차단하여 계통의 정상상태를 흐트러 뜨리지 않고 자기 스스로 복구시키는 기기라고 상기에서 기술하였다.

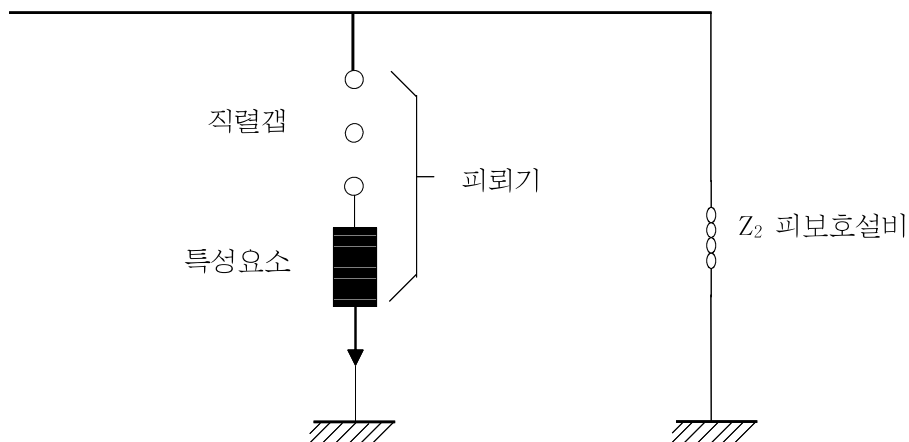
그러면 이해를 더쉽게 하기 위해 피뢰기의 동작과정을 모형을 통해서 기술하면 다음과 같다.



- ① 은 선로에 뇌써지가 침입하지 않는 경우를 가르키고 있는 평상시 상태를 가르킨다.
만약 이선로에 절연을 위협하는 뇌써지의 전압이 침입하면 ②와 같이 스위치가 동작하여 뇌써지의 전류가 흐르기 시작한다.
- ② 는 뇌써지가 침입하여 피뢰기가 동작한 상태를 가르킨다.
- ③ 은 뇌써지의 전류가 피뢰기를 통과할 때 피뢰기의 양단자간 전압강하(제한전압)와 대지간의 접지 상승 전압과 합계가 전기설비에 가해지게 되지만 피뢰기의 목적은 이 피뢰기 양단자간 전압강하를 가급적 낮게 함으로서 전기설비에 가해지는 뇌써지의 전압은 작아진다.
- ④ 는 ③의 상태에서 뇌써지 전류가 없어진 상태에서 그대로 계속 있으면 선로와 대지간은 지락상태로 되어 지락전류가 흘러 피뢰기가 파괴된다. 이 때문에 이 전류, 즉속류를 차단할 필요가 있다.

이와같은 ① - ④의 동작을 피뢰기가 하고 있지만 이상 설명한 동작은 피뢰기의 기계적이지 아닌 전기적 동작이다. 더 자세하게 설명하면 이 스위의 동작을 갭TYPE에서는 직렬갭이 하고 GapLess Type에서는 특성요소가 하고 있는 것이다.

다. 피뢰기의 구성



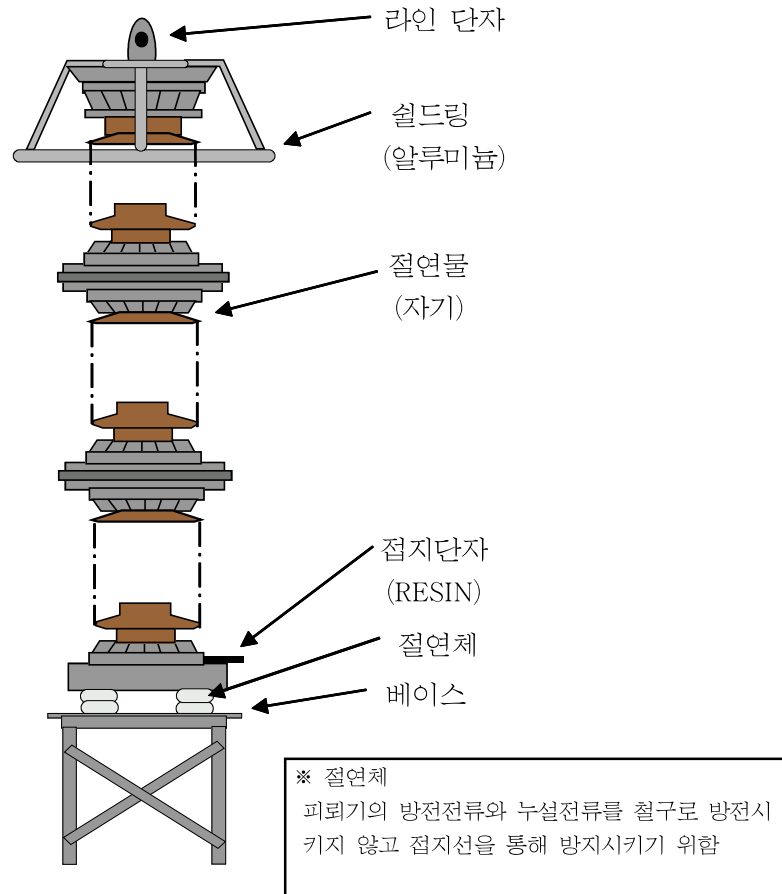
피뢰기는 그림에서 나타낸 바와 같이 특성요소와 직렬갭(series gap)을 갖추고 이 양자에 의하여 다음과 같은 조건을 만족시키면서 기기의 보호 및 송전의 안정을 도모하고 있다.

- ① 이상전압의 내습으로 피뢰의 단자전압이 어느 일정값 이상으로 되면 즉시 방전을 해서 전압 상승을 억제하여 기기를 보호한다.
- ② 이상전압이 없어져서 단자전압이 일정값 이하가 되면 즉시 방전을 정지해서 원래의 송전상태로 되돌아가게 한다.

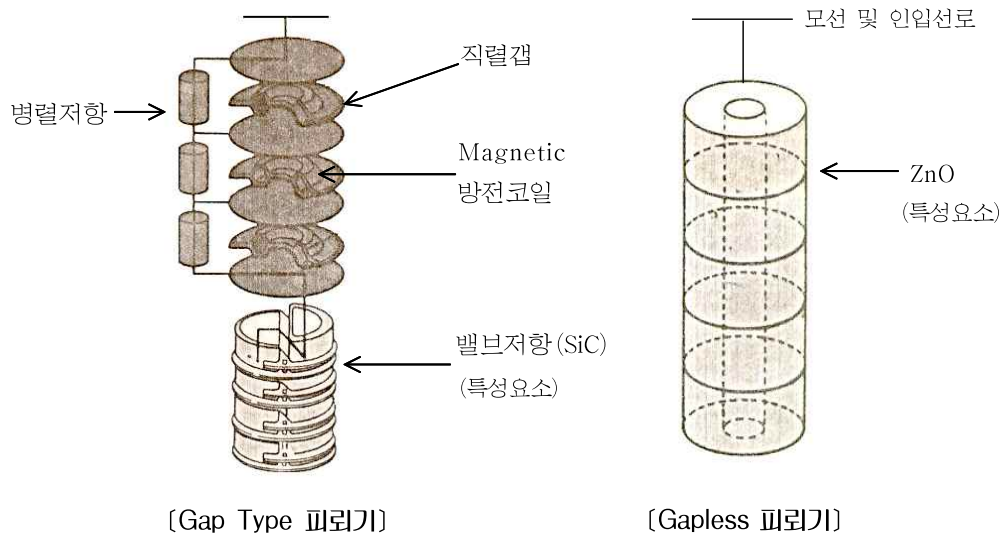
피뢰기는 직렬갭으로 통상의 전압, 즉 상용주파수의 상규전압에 대해서는 대지간에 절연을 유지하고 있지만 이상전압이 내습하면 갭이 방전을 개시해서 특성요소를 통하여 도전로를 형성함으로써 전압의 상승을 방지하도록 하고 있다.

4. 피뢰기의 구조

가. 외관구조



나. 내부구조

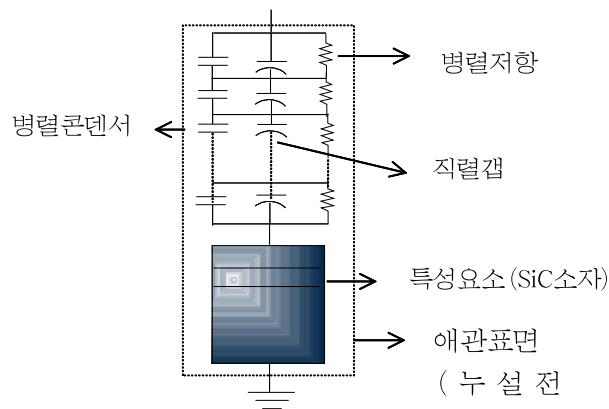


다. 내부구조 설명

1) 갭형 피뢰기

○ 직렬갭 (Series Gap)

피뢰기의 직렬갭이란 필요에 따라서 특성요소와 직렬로 연결되는 하나 또는 수개의 저항을 직렬로 겹쳐 조합한 불꽃갭을 말하며, 평상시 피뢰기 회로를 열고(OFF) 과 전압이 인가될 때 불꽃방전에 의해 그 회로를 닫으며(ON) 그 후 특성요소로 제한하여 속류 차단작용을 하는 피뢰기의 구성부분이다.



○ 특성요소

- 성형구조

탄화규소를 주성분으로 하고 결합재와 수분을 균등하게 혼합하여 프레스로 압축 성형시킨 것을 보통 1200℃ - 1300℃ 정도에서 10시간내지 40시간 동안 소성하여 제작한 일종의 저항치

- 역 할

비직선전압, 전류특성에 따라 방전할때는 대전류를 통과시키고 단자간 전압을 제한하여 방전후는 속류를 실질적으로 정지 또는 직렬 갭으로 차단할 수 있는 정도로 제한하는 피뢰기의 구성부분

○ 병렬저항 : 속류 크기의 제한을 돕고 아크를 소호하는 역할을 하며 저항을 적게함으로써 누설전류를 적게하는 역할도 한다.

피뢰기 애관표면이 오손되어 습윤상태가 되면 애관표면의 누설저항이 적어지고 누설전류는 증가한다. 따라서 병렬저항을 적게하면 이 저항으로 흐르는 전류가 증가해서 애관표면으로 흐르는 누설전류의 영향을 적게하여 갭간의 전압분담을 균일하게 유지한다.

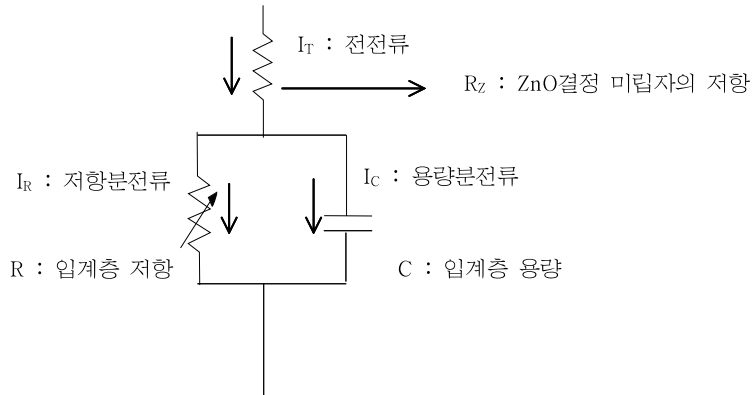
○ 병렬콘덴서

애관과 내부와의 겉보기상의 정전용량의 영향을 받을수 없게되며 전압분담을 균일하게 유지하는데 목적이 있다. 또 직렬갭을 둘러 쌓도록 콘덴서를 설치하면 직렬갭의 분포대지 정전용량의 용량을 보정하고 오손으로 인한 직렬갭의 전압분담의 흐트러짐을 방지한다.

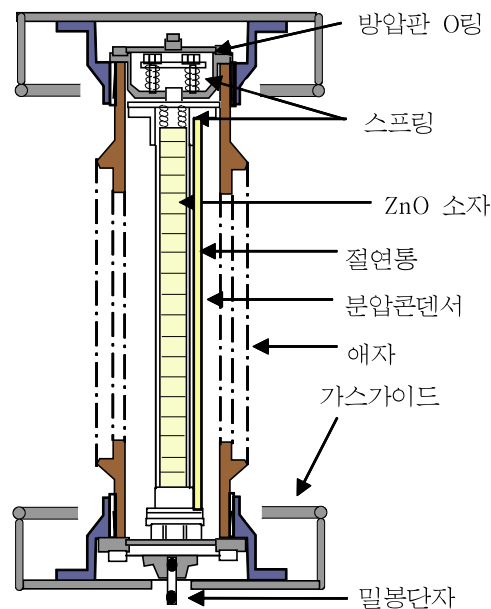
2) 갭레스형 피뢰기

산화아연 (ZnO) 소자를 소정수 겹쳐서 절연봉으로 고정시키고 내부 유닛을 스프

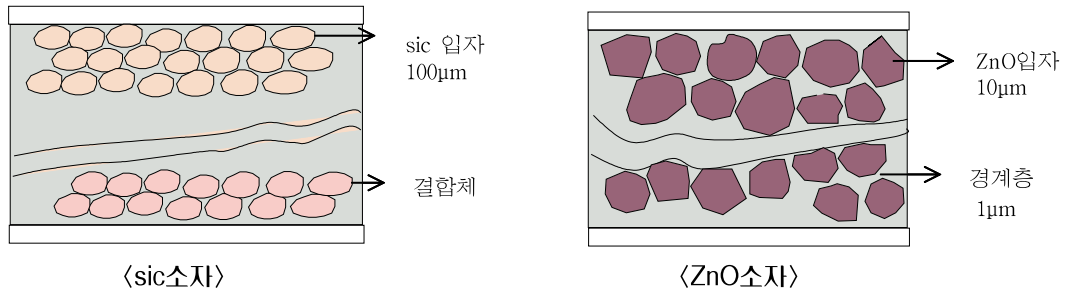
링으로 견고히 눌러 애관 또는 탱크내에 밀봉시켜 수납하고 있다.



- ※ ZnO결정 미립자의 저항은 전압에 의하여 변화하고 입계층(경계층) 저항과 용량은 주파수 및 온도에 의해 변화한다.
- 밀봉구조 : 일반적으로 자기애관에 플리지를 시멘트로 붙이고 밀봉고무(가스켓)을 통하여 금속뚜껑을 볼트로 고정하는 방식의 것이 많이 사용된다. 또 2500A 피뢰기는 애관에 밀봉 고무를 통하여 금속뚜껑을 직접 압착시키는 방식등 각각의 피뢰기에 적합한 방식이 채용되고 있다.
한편 밀봉구조 함으로서 내부봉입가스, 예를들면 질소가스, SF6가스를 봉입하여 안정된 특성성을 장기간 보유하고 있다.
 - 방압장치 : 피뢰기는 뇌써지, 개폐써지에 대하여 계통적으로 인위적인 약점을 구성하여 다른기기를 보호한다는 사명을 부담하고 있기 때문에 다른기기가 파괴되지 않아도 되는 정도 이상 상태에서도 피뢰기만 파괴되는 경우도 있고 사용조건 이상의 과혹한 상태하에서의 동작이면 파괴되는 것은 당연하다라고 생각할수 있다.
피뢰기는 밀봉구조로 되어 있기 때문에 내부의 요소가 파괴되어 단락아크가 생기면 피뢰기 내부의 압력이 급격히 상승하고 애관이 폭발하여 광범위하게 비산할 위험성이 있다 이 때문에 피뢰기 규격에서는 공칭방전전류가 10000A이상인 피뢰기에 대해서만 방압시험을 부과하고 있다.



3) 피뢰기의 미립자 구조와 비선형 특성

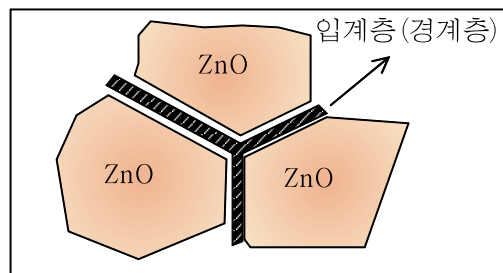


기존에 사용하던 SiC소자와 캡레스 피뢰기에서 사용하는 ZnO소자의 미세구조는 그림과 같다.

SiC소자는 그림과 같이 지름이 100μm정도의 SiC입자에 자기질의 결합체를 혼합해서 굳힌 것인데 비직선저항 특성은 **SiC입간의 접촉성질(접촉저항)**에 기인하고 있다. ZnO소자는 지름이 약 10μm의 양전도의 ZnO입자둘레에 이 입자를 분할하는 1μm 이하의 고저항 금속산화물의 입계층에 의해 형성되어 있다 그 비직선저항 특성은 결정과 결정의 **입계층**, 즉 **접합면**에 의해 기인된다.

4) 산화아연형 소자의 미세구조

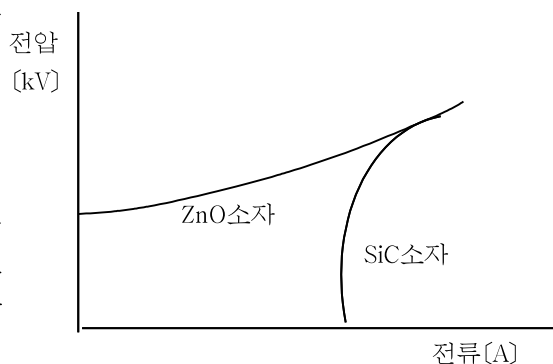
ZnO의결정은 N형반도체와 그성질이 비슷하고 비저항은 $1\Omega \cdot \text{cm}$ 정도로 낮은 값으로 결정자체는 독특한 특성을 가진다 ZnO소자의 소결체는 그림과 같은 미세구조로 ZnO 결정립은 약 10μm- 20μm의 크기로 그것을 둘러싼 입계층(경계층)은 50Å이하



이 입계층은 그 자체적으로 비직선성을 나타내고 본래 절연체이기 때문에 인가전압 대부분이 이 입계층에 걸리고 이것이 전기적으로 항복하여 비직선 전압-전류 특성이 생긴다. 그러나 실제의 입계층은 방목상의 구조로 되어 있기 때문에 큰 고저항층은 형성하지 않는다.

5) 산화 아연형 특성요소

산화아연을 주성분으로한 소결체로서 우수한 비직선 전압전류특성을 가지고 또 방전내량도 우수하다 산화아연 요소는 탄화규소 저항체에 비하여 비직선 특성이



우수하기 때문에 정격전압 또는 상규 운전전압에서는 약간의 누설전류 정도 밖에 흐르지 않아서 직렬갭이 없이도 피뢰기의 기능을 수행할수 있다.

6) ZnO소자의 전압-전류 특성

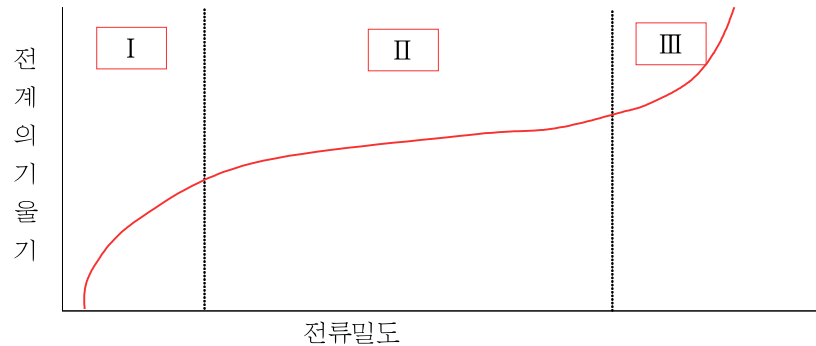
ZnO소자의 V-I 특성은 일반적으로 다음 3종류의 전류 영역으로 구분한다.

가) I의 항복 영역

전계가 인가되면 ZnO결정과 입계층의 경계면 전위장벽이 전계에 의하여 낮아지고 열전자가 장벽을 뛰어 넘음으로서 전류가 흐르게 된다.

나) II의 항복 영역

전계가 더 커지면 경계면에 트랩되었던 전자는 터널효과에 의하여 장벽을 빠져나가게 된다. 이 때문에 전류가 급격히 증가하고 큰 비직선성을 가리키게 된다. 이때 적용되는 식은 $I = (V/C)^a$ 인데 a 는 40 또는 그이상이 된다.



다) III의 대전류 영역

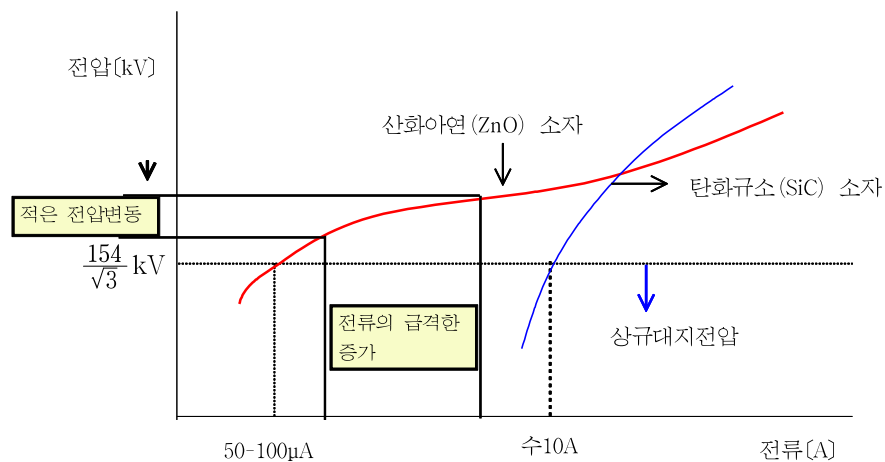
전류밀도가 더 커지면 ZnO의 결정의 비저항 성분(R_z)이 지배적이고 이영역에서 a 는 1에 가까워 진다.

라. 비직선 저항 특성

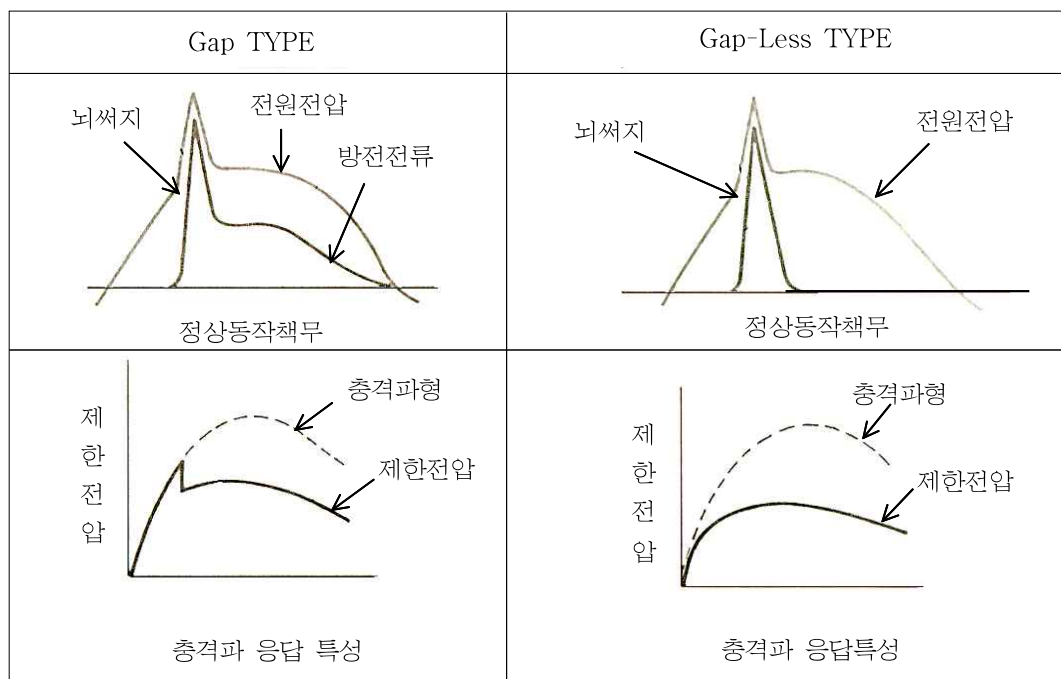
비직선저항이라는 의미는 **오옴의 법칙에 따르지 않는 전압과 전류의 관계**를 말한다. 저항성분이 일정하게 고정된 값이 아니어서 전압이 전류에 비례하지 않는다는 의미다.

즉 반도체의 바리스터와 같은 의미로 해석하면 이해하기가 쉽다.

이 동작은 피뢰기의 전로와 접지측간의 저항이 평상시에는 절연저항에 가깝고 선로전압이 높아지면 전류가 흐르기 시작하지만 그후는 극히 적은 전압의 상승에 대하여 전류는 몇 제곱의 크기로 증가함으로 저항값은 극히 작은 값으로 감소한다.



마. 피뢰기의 방전특성



산화아연 소자가 뇌써지의 방전과 속류차단 기능을 가능하게 하는 것은 그림에서 처럼 탄화규소(SiC) 특성요소와 산화아연(ZnO) 소자의 전압-전류특성에서 속류 차단을 하는 전압영역에서의 방전전류값에 큰차이가 있기 때문이다.

즉 그림에서 상규대지전압 영역에서 방전전류를 구하면 두 소자의 전류차는 10^6 정도이고 ZnO소자의 비직선 저항 특성이 현저히 우수해 실질적으로 속류가 흐르지 않을 정도로 전류를 억제하는 것을 알 수 있다.

5. 피뢰기의 종류와 특징

피뢰기 종류		구 조 및 특 성	용 도
밸브저항형 피뢰기	구조	직렬갭과 특성요소를 내장하고 있는 밀봉구조	모든 계통 전압에 관계없이 사용
		직렬갭 : 속류를 차단하기 위하여 자기취소형, 자기구동형 등이 있다. 정격전압이 높은 피뢰기는 직렬갭의 분담전압을 균일하게 하기 위하여 직렬갭에 병렬저항, 콘덴서를 설치하고 또 외부에 균압고리를 부착하고 있다.	
		특성요소 : 탄화규소(SiC)를 주성분으로 하여 여기에 무기질의 첨가물을 결합재로서 소성한 저항체인데 비직성 전압, 전류특성을 가지고 있다.	
	특징	장기간 사용되어온 피뢰기로 사용실적이 가장 많다. 산화아연 소자가 개발되기까지 피뢰기의 주류였다.	
P밸브 피뢰기 (지형)	구조	직렬갭은 밀봉구조, 특성요소는 반개방	배전선로에 사용
		직렬갭 : 특성요소가 차단특성을 가지고 있어서 차단특성은 소용이 없고 방전특성만 중시함.	
		특성요소 : 특수가공한 절연지에 금속박을 직렬콘덴서 모양으로 붙이고 권심형태로 감은 것으로 뇌씨지에 의해 금속박이 용해된다.	
	특징	동작횟수, 동작전류가 기록된다 제한전압이 낮다.	
산화아연형 피뢰기	구조	특성요소(ZnO소자) 만으로 밀봉된 구조로 직렬갭 불필요	발변전소용
		특성요소 : 산화아연(SiC) 주성분으로 하여 산화 금속을 첨가한 소결체이다. 우수한 비직성 전압, 전류 특성을 가지고 있다.	
	특성	직렬갭이 없어서 방전특성 및 내오손 특성이 우수하고 제한전압이 낮으며 구조가 간단, 소형화, 경량화하여 근래 피뢰기의 주류를 이루고 있다.	배전선로용은 직렬갭을 붙임

6. 피뢰기에 요구되는 성능

- 가. 제한전압 또는 충격방전개시전압이 충분히 낮고 보호능력이 있을 것
- 나. 속류차단이 완전히 행해져 동작책무특성이 충분할 것
- 다. 대전류의 방전, 속류차단의 반복동작에 대하여 장기간 사용에 견딜수 있을 것
- 라. 상용주파 방전개시전압은 회로전압보다 충분히 높아서 상용주파방전을 하지 않을 것

7. 피뢰기 특성 및 용어

가. 피뢰기 제원

TYPE	ZSE -C1Z
RATED VOLTAGE (kV)	138
NOMAL DISCHARGE CURRENT (kA)	10
WEIGHT (APPROX) (kg)	150
TOTAL CREEPAGE DISTANCE (mm)	4090

SORESTER^(R) (GAPLESS SURGE ARRESTER)

TYPE ZSE - C1Z IEC Pub. 99-1 (1970)

RATED VOLTAGE 138kV

RATED FREQUENCY 50/60Hz

WITHSTAND VOLTAGE (MOCV) 98kV

NOMAL DISCHARGE CUR. 10kV HEAVY DUTY

LONG-DURATION DISCHARGE CLASS 1

PRESSURE-RELIEF CLASS A

WEIGHT 150kg DATE

SERIAL No.

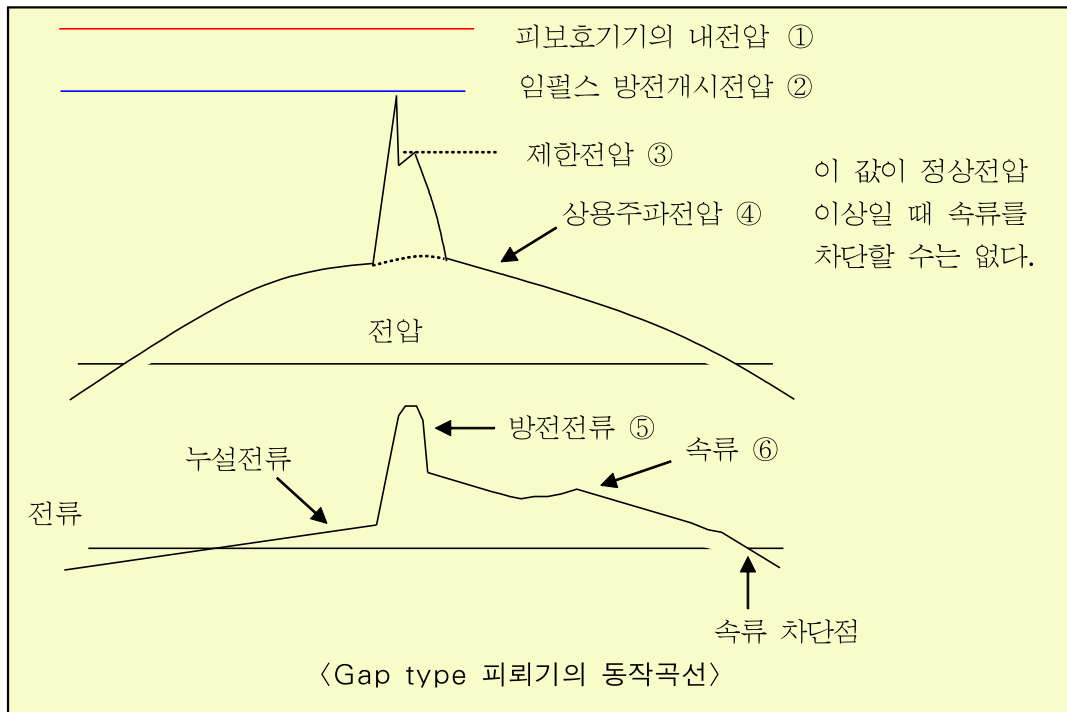
Meidenshe Electric Mfg. Co. Ltd

TOKYO JAPAN

피뢰기의 특성은 정격전압, 방전개시전압, 제한전압, 동작책무, 방전내량, 내오손성능 등에 의해 표시된다.

나. 피뢰기 동작곡선

아래 그림은 피뢰기 동작곡선을 나타낸 것으로 그 크기는 위에서부터 아래로 순차적으로 배열되어 있다.



1) 충격내전압(Impulse Withstand Voltage) - ①

규정조건하에서 행한 시험에서 한 기기가 견디어야 할 표준파형의 충격전압과고치를 말한다. 즉 BIL이라고도 하며 절연레벨의 기준이 된다.

이 시험은 표준충격전압파형 ($1.2 \times 50 \mu\text{sec}$) : 1.2 → 파두시간, 50 → 반파고시간의 전압을 대지간에 양음 각 3회 인가해서 실시한다.

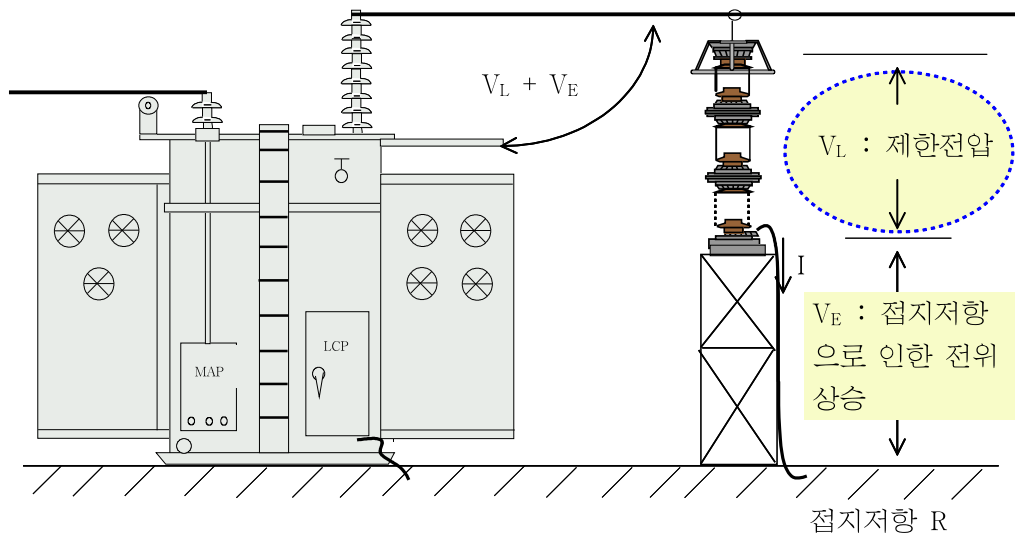
2) 충격방전개시전압(Impulse Spark Over Voltage) - ②

피뢰기의 양단자사이에 충격전압이 인가되어 피뢰기가 방전하는 경우 그 초기에 방전 전류가 충분히 형성되어 단자간 전압강하가 시작하기 이전에 도달하는 단자전압의 최고전압

3) 제한전압 - ③

충격전류가 방전으로 저하되어서 피뢰기의 단자간에 남게되는 충격전압, 즉 뇌씨의 전류가 피뢰기를 통과할 때 피뢰기의 양단자간 전압강하로 이것은 피뢰기 동작중 계속해서 걸리고 있는 단자전압의 과고치로 표시한다.

피뢰기 정격전압(kV)	피뢰기 제한전압(kV)		비 고
	10000(A)	5000(A)	
18	65	65	
21	76	76	
24	87	87	
75	270	270	
138	460	460	
288	690	690	



4) 상용주파내전압 - ④

규정조건하에서 행한 시험에서 한 기기가 견디어야 하는 상용주파전압의 실효치를 말한다. 이 시험은 실내기기에 대해서는 건조상태에서 대지간에 1분간 인가하고, 실외기기에 대해서는 다시 같은 전압을 주수상태에서 10sec간 인가한다.

공칭전압 [kV]	절연계급 [호]	시 험 전 압 치 [kV]		
		뇌임펄스내전압시험	개폐임펄스내전압시험	상용주파내전압시험 (실효치)
6.6	6A	60	-	22
	6B	45	-	16
22	20A	150	-	50
	20B	125	-	50
	20S	180	-	50
66	60	350	-	140
	60S	420	-	140
110	100	550	-	230
	100S	660	-	230
154, 187	140	750	-	325
	140S	900	-	325
220	170	900	-	395
	170S	1,080	-	395
275	200	1,050	-	460
	200S	1,260	-	460
500	500L	1,550	1,175	750
	500H	1,800	1,175	750

5) 방전전류 - ⑤

갭의 방전에따라 피뢰기를 통해서 대지로 흐르는 충격전류

6) 속류(Follow Current) - ⑥

피뢰기의 속류란 방전현상이 실질적으로 끝난후 계속하여 전력계통에서 공급되어 피뢰기에 흐르는 전류

7) 방전내량

피뢰기가 방전했을 때 피뢰기를 통해서 흐르는 전류가 너무 대전류이면, 그것만으로도 피뢰기는 파괴되며, 파괴까지는 안 된다 해도 일정한도를 넘는 전류가 반복 흐르면 열화 손상을 초래하게 된다. 이 한도를 방전내량이라하며 임펄스 대전류 통전능력이라고도 한다.

피뢰기의 형식에 따라 발변전소용, 배전선로용, 저압용의 순서가 된다.

8) 정격전압(Rated Voltage)

피뢰기의 정격전압이란 그 전압을 선로단자와 접지단자에 인가한 상태에서 소정의 단위 동작책무를 소정의 회수로 반복수행할 수 있는 정격주파수의 상용주 파전압 최고한도를 규정한값(실효치)를 말한다.

방전전류에 이어서 전원으로부터 공급되는 상용주파수의 전류를 속류(follow current)라고 하고 속류는 특성요소에 의해서 어느 일정값 이하로 억제되어야 하기 때문에 직렬갭으로 차단하게 하고 있다. 그러나, 만일 이때 피뢰기단자에 인가되는 상용주파수의 전압이 높으면 속류가 너무 커서 차단 불능으로 된다. 이처럼 속류를 끊을 수 있는 최고의 교류전압을 피뢰기의 정격전압이라고 하며 보통 실효값으로 나타내고 있다.

피뢰기의 정격전압이상의 고전압이 피뢰기의 단자에 걸렸을 경우 이 피뢰기는 속류를 끊을 수 없어 퓨우즈처럼 타버리게 된다. 따라서 몇 볼트의 피뢰기를 사용할 것인가 하는 것은 그 선로에 최고 몇 볼트(교류)의 이상전압이 나타나는가를 조사해서 언제나 그 값을 상회하는 피뢰기를 설치하도록 하여야 한다.

9) 상용주파방전개시전압(Power-Frequency Spark Over Voltage)

피뢰기의 상용주파방전개시전압이란 선로단자와 접지단자간에 인가했을 때 파고치 부근에 있어서 직렬갭에서 불꽃방전을 발생하는 등 실질적으로 피뢰기에 전류가 흐르기 시작한 최저의 상용주파전압을 말하며 실효치로 표시한다. (피뢰기정격전압의 1.5배)

10) 방압등급

피뢰기를 대전류 및 소전류로 시험했을 때, 방압장치가 확실히 동작하여 용기폭발로 주위기기에 손상을 주지 않는 것으로 A, B, D 등급으로 나누며 시험전류 및 시간은 대략 표와 같다.

방압등급	피뢰기		대전류시험		소전류시험	
	공칭방전전류(A)	정격전압(kV)	전류 A(rms)	계속시간 (sec)	전류 A(rms)	계속시간 (sec)
A	10,000	288, 138	40,000	0.2	800	방압장치 동작시까지
B	10,000	75, 24, 21, 12, 7.5	20,000	0.2	800	
D	5,000	75, 24, 21, 12, 7.5	16,000	0.2	800	

참고)

○ 접지계수

1선지락 고장이 발생했을 때 고장점에서의 건전상의 최고대지전압 실효치를 고장제거후 선간전압 실효치로 나누어 %로 표시한 값 접지계수는 765kV : 64%, 345kV : 67%, 154kV : 75%, 66kV : 80%로 되어있다.

○ 대지 개폐꺼지 계수

개폐조작에 의하여 계통의 한 지점에서 발생하는 대지개폐꺼지 파고치의 그 조작직전의 계통 상전압파고치 (선간전압 실효치에 $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ 을 곱한치)에 대한 비를 말한다.

8. 피뢰기 부속장치

가. 피뢰기 방전계수기

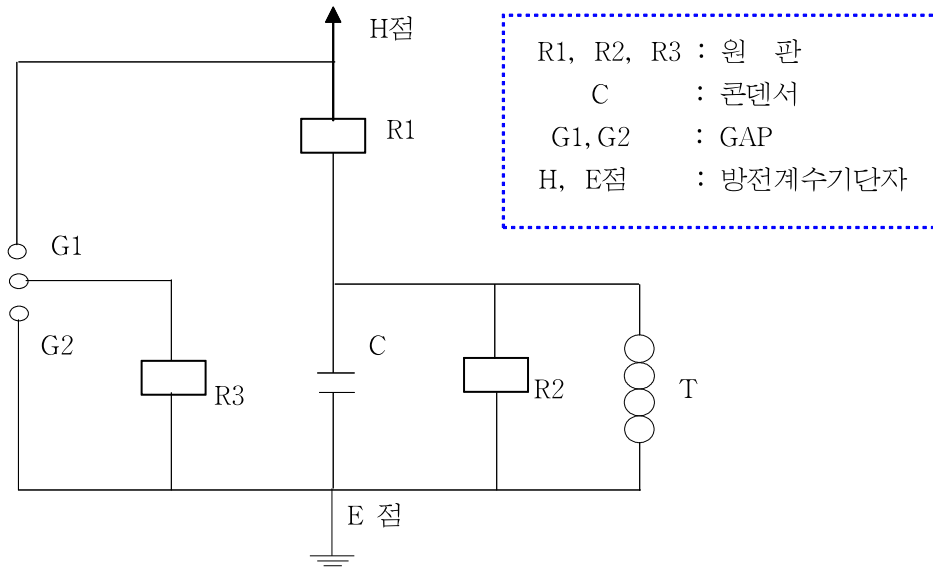
내부구조는 비직선저항원판 3개와 콘데사 1개, 고감도 도수계 1개로 구성되며 용기는 고무 Packing을 이용한 방수구조이고 도수표시는 4자리수로 전체의 중량은 약 15kg이다. 방전계수기는 피뢰기와 직렬로 접속되기 때문에 피뢰기가 방전을 개시하면 방전계수기에도 전류가 흐른다. 따라서 방전계수기의 R2원판에 의해 IR강하에 상당하는 전압이 나타나며 콘데사는 충전된다. 충전이 종료하여 방전과정으로 옮기면 콘데사의 축적 에너지의 전부 또는 일부가 도수계에 방전되기 때문에 이것에 의해서 도수계를 동작시켜 눈금을 회전시킬 수 있다.

충전의 종료는 방전전류치가 작을 때에는 방전전류파고치로, 전류가 클 때에는 전류상승 과정에 있어서 G1 및 G2의 GAP이 함께 방전을 개시할 때이다.

G1, G2의 gap은 전류가 적은 경우는 전연 동작하지 않으며 많게되면 R1원판 및 R2원판의 제한전압에 의해서 G1 gap이 방전하며 더욱 전류가 많게 되면 R3원판의 제한전압에 의해 G2 gap도 방전하도록 된다.

상기와 같이 동작하기 때문에 방전계수기의 IR강하가 피뢰기의 제한전압에 가산되는 것은 방전전류의 초기의 기간에서 IR강하가 낮기 때문에 피뢰기는 아무런 지장을 받지 않는다.

실험결과에서 20A ~ 20kA의 방전전류에 대해 동작하는 것이 확인되었다. 계수기의 동작은 0.1sec 이하의 간격으로 방전전류가 흐른 경우에는 확실하게 동작한다.



R1, R2, R3 : 원 판
C : 콘덴서
G1, G2 : GAP
H, E점 : 방전계수기단자

피뢰기 방전계수기

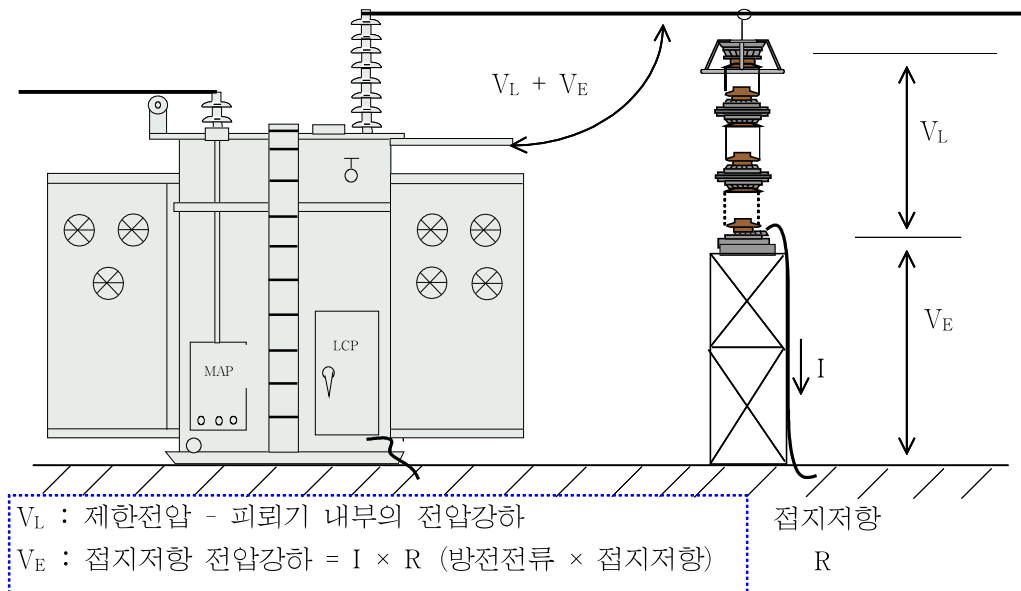
계수기의 설치는 피뢰기의 접지측 단자와 접지선 사이에 접속하며 방전계수기는 거의 수평으로 취부한다. 또 방전계수기는 동작시에 IR강하가 생기기 때문에 피뢰기에의 도선은 지지물에 대해 약 10mm이상 이격하여 배선할 필요가 있다.

나. 피뢰기의 접지

피뢰기는 뇌, 기타 썩지가 침입한 경우 방전해서 썩지전류를 접지선을 통해서 대지로 흘려 이상전압의 상승을 제한하여 계통에 연결되어 있는 기기를 보호하는 역할을 하는 것이며 아무리 우수한 피뢰기를 설치해도 그 접지저항이 높으면 이것에 의한 전압강하 때문에 접지선의 전위가 상승해서 그 값만큼 피뢰기의 제한전압보다도 이상전압은 높게 된다. 또 변압기등의 외함접지전위가 상승하여 접지측으로 이상전압이 침입한다든가 역섬락등의 사고가 예상된다.

피뢰기의 접지에도 접지저항이 있기 때문에 피뢰기가 방전하면 피뢰기 자체의 전압도 올라가게 되므로 변압기의 절연강도는 다음 식을 만족하도록 되어 있어야만 안전이 유지될 것이다.

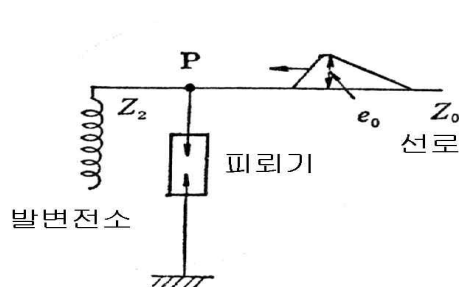
$$\text{변압기의 절연강도} > (\text{피뢰기의 제한전압}) + (\text{접지저항전압강하})$$



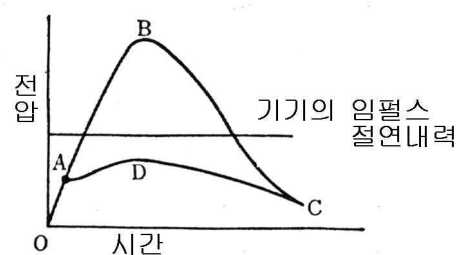
피뢰기의 접지는 단독 또는 연접지로 하며 제 1종접지공사($10[\Omega]$ 이하)로 해야한다. 접지저항도 매설점에 있어서 도선의 접촉풀림, 부식, 전식에 의한 손상, 매설체 부근의 토양의 변화, 특히 접지저항 저감제를 이용해서 접지저항을 내리고 있을 때 이 물질의 유출,변질등도 있기 때문에 적어도 연 1회는 저항치를 측정해서 관리하지 않으면 안된다. 또, 피뢰기가 동작하였을 때 접지측 단자에 접속해 있는 접지단자의 전위상승이 있으며 이것과 취부가대, 또는 취부금구와의 사이는 절연해둘 필요가 있다.

9. 피뢰기의 보호효과

피뢰기는 모든 과전압에 대해 전력기기의 절연을 보호하는 것이 이상적이지만 경제적, 기술적 이유로 그렇게 하지 못하는 실정이다.



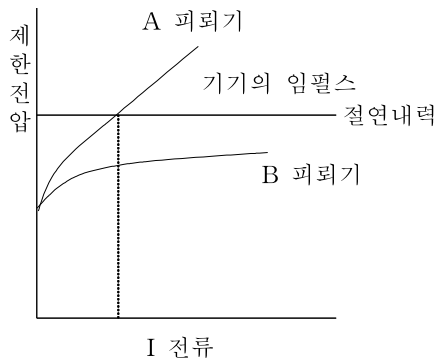
발변전소에 충격파 내습



피뢰기의 이상전압 제한

그림1과 같이 파고치 e_0 의 썩지가 발변전소의 피뢰기 설치점 P에 내습한 경우 P점에 피뢰기가 없다면, 이 썩지에 의한 이상전압을 받아 발변전소의 기기는 위협을 받게 되지만, 피뢰기가 설치되어 있으면, 피뢰기가 방전되어 이상전압을 제한한다. 그림2는 그 모습을 나타낸 것으로 O, A, B, C와 같은 썩지에 의한 이상전압을 받아도 피뢰기가 있는

면 어느 결정된 점, 예를 들어 A점에서 방전을 개시, A, D, C와 같이 기기의 임펄스 절연내력보다 낮은 전위로 제한해서 기기를 보호하는 것이다.



피뢰기의 V-I특성에서 본 보호효과

다음 그림과 같은 A, B 2종류의 피뢰기 전압-전류 특성을 비교해 보면 A곡선과 같은 전압-전류특성의 피뢰기로는 1암페어 이상의 방전전류가 피뢰기에 흐르면, 기기의 임펄스 절연내력보다도 상승하여 보호효과가 없어진다. B곡선과 같은 전압-전류특성의 피뢰기는 A곡선에 비교해서 거의 수평이므로, 1암페어 이상의 방전전류에 대해서도 충분히 기기를 보호하는 것을 알게 된다. 즉, A의 피뢰기에 비교해서 B의 피뢰기는 큰 방전전류에 대해서도 더욱 효과가 있는 것이다.

10. 피뢰기의 선정

가. 피뢰기의 적용순서

기기의 절연에 관련해서 피뢰기를 선정하고 설치하는 일반적 순서는 다음과 같다. 단 피뢰기와 피보호기기의 접지는 연결되었으며 피뢰기의 선로 및 접지도선은 가능한한 짧다고 가정한다.

- 1) 피뢰기 설치장소에서의 최대 상용주파대지전압 결정
- 2) 가장 심한 피뢰기 방전전류의 크기 및 파형 추정
- 3) 피보호 기기의 충격절연내력결정, 공기의 절연은 고도가 높을수록 저하된다는 점을 고려해야 한다.
- 4) 피뢰기의 정격전압 및 공칭방전전류 (또는 형)의 선정
- 5) (라)항에서 선정한 피뢰기의 보호 레벨 결정
- 6) 피보호기에 가능한 근접한 곳에 피뢰기를 설치한다. 인접해 있는 접지물체와 피뢰기의 지상고는 피뢰기의 방전 개시전압 특성에 큰영향을 준다는 것을 유의해야 한다.
- 7) 이격거리 및 기타관계 요소를 고려하여 피뢰기로 제한된 피보호기에서의 전압 결정
- 8) (다)항과 (바)항의 검토 결과 선정된 피뢰기가 부적당하면 타 정격의 피뢰기를 선정 하든가 또는 발변전소의 설계를 변경해야 하는 경우가 있다.

나. 정격전압의 결정

만일 피뢰기가 방전중 정격이상의 상용주파 전압이 인가되면 피뢰기의 속류차단능력은 보장되지 못하여 피뢰기는 파손되고 만다.

따라서 피뢰기의 정격전압은 사고시에도 건전상의 상용주파 최대 대지전압보다 높아야 한다. 전력계통에서 상용주파전압 발생원인은

가. 지락사고

나. 부하 돌연분리

다. 방전기 과속

라. 공진

마. 부근 불평형병행선로로부터의 유도전압등 이다.

이 모든 조건을 고려해서 피뢰기의 정격전압을 결정한다는 것은 실제로 불가능하므로 지락사고의 과전압에 대해서만 고려하고 있다. 지락사고의 건전상의 최대 대지전압은 계통의 중성점접지방식에 따라서 변화하므로 피뢰기 적용상 유효접지와 그외 계통 두 가지로 구분하여 생각한다. 우리공사 변전소 설계기준에 의한 계통전압별 적용 피뢰기 정격전압은 다음과 같다.

전 력 계 통		피뢰기 정격전압(kV)
전압(kV)	중성점접지방식	변 전 소
345	유효접지	288
154	“	138 (144)
66	PC 또는 비접지	75 (72)
22.9	3상 4선 다중접지	21

※ 피뢰기 정격전압 산정식

$$E_r = \alpha \times \beta \times V_m$$

○ α (접지계수)

3상 전력계통의 1선 지락사고시 피뢰기 설치점의 건전상의 대지전압이 도달할 수 있는 최고의 실효치를 사고가 제거된후의 선간전압 [%]로 표시한 것으로 정의한다. 이것은 계통 임피던스에 의해 계산할수 있다.

○ β (유도계수)

부하차단등에 의한 발전기의 전압상승을 고려한 것이다 비유효접지계통에서는 1.15정도, 유효접지계통에서는 1.1정도이다.

○ V_m : 절연설계상 고려해야 할 최고 상용주파 전압

$$(V_m = \text{공칭전압} \times 1.2/1.1)$$

EX) 154kV 중성점 접지계통에서 접지계수가 0.75이고 유도계수가 1.1이라면 전력용 피뢰기의 정격전압은 얼마인가?

$$\text{정격전압} = 0.75 \times 1.1 \times 154 = 132.88(\text{kV})$$

다. 공칭방전전류의 결정

피뢰기에 흐르는 방전전류는 선로 및 발변전소의 차폐유무와 그 지방의 IKL(연간뇌우 발생일수)을 참고로 하여 결정한다.

유효차폐 발변전소는 그 자체와 이에 연결된 모든 선로가 직격뢰에 대하여 차폐되어 있으며 선로는 그 전장 또는 발변전소로부터 수경간이 차폐되어 있어야 한다.

설치장소별 피뢰기 공칭방전전류

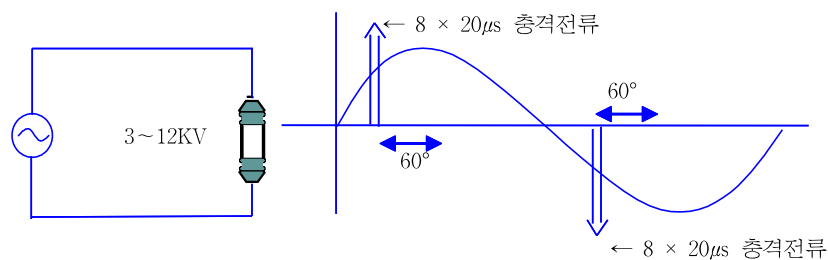
공칭방전전류	설치장소	적 용 조 건
10,000A	발전소	전발전소
	변전소	1. 154kV 이상계통 2. 66kV 및 그이하 계통에서 Bank용량이 3,000KVA를 초과하거나 특히 중요한 곳 3. 단거리 송전선 케이블 및 정전축전기 Bank를 개폐하는 곳 4. 배전선로 인출측(배전 “휘다”인출용 장거리 케이블은 제외)
5,000A	변전소	66kV 및 그이하 계통에서 Bank용량이 3,000KVA이하 인 곳
2,500A	선 로	배전선로

라. 동작책무시험(Duty Cycle Test)

피뢰기 정격은 동작책무시험에 의해 결정된다. 동작책무시험은 동작책무전압에서 충전될 때 충격전류를 방전시키고 MCOV (Maximum Continuous Voltage)에서 복귀하기위한 피뢰기의 능력을 수립할 목적으로 시행한다.

MCOV는 피뢰기 단자간에 연속적으로 공급되는 상용주파 최대전압의 실효치를 말한다.

- 피뢰기는 시험후 30분 이내에 열적으로 회복되어야 한다.
- 적용한 충격전류에 20회 견디어야 한다.



- ◎ 충격전류의 크기 : 800kV 계통 -20kA
 550kV 계통 -15kA
 550kV 이하 -10kA
 배전용 - 5, 10kA

마. 피뢰기의 최대유효 이격거리

- 피뢰기는 될 수 있는 대로 기기의 가까운 곳에 설치해야 한다 거리가 멀면 피보호기기의 단자에 가해지는 이상전압의 값은 피뢰기 방전중의 제한 전압에 비해서 크게되므로 기기 보호 효과가 감소한다.

- 피뢰기 제한전압과 피보호기기 단자전압 및 허용접속 거리 관계식

공 식	기 호	내 용
$E_X = E_A + 2 \times \frac{de}{dt} \times \frac{L}{V}$	E_X	피보호기기 단자전압
	E_A	피뢰기 제한전압
	de/dt	침입파의 파두 기준도(kV/ μ s) 보통 500이하
	V	침입파의 전파속도 [300m/s] (가공선 : 300, 케이블 : 150)
	L	피보호 기기와 피뢰기간의 거리[m]

- 유효 이격거리

선 로		변압기 BIL(kV)	피뢰기		유효이격거리
전압(kV)	애자수		정격전압(kV)	공칭방전전류(A)	
345	20	1,050	288	10,000	85
154	10	650	138(144)	10,000	65
66	4	350	75	10,000	45
22.9	2	150	21(24)	10,000	20

11. 피뢰기의 설치 및 점검보수

가. 피뢰기의 설치

1) 피뢰기의 보호레벨

규정조건하에서 피뢰기의 양단자간에 나타나는 충격전압의 최대파고치를 보호레벨이라 한다. 보호레벨은 다음 값중 최대치로 표시한다.

가) 파두충격 방전개시 전압을 1.5로 제한 값

나) $1.2 / 50\mu$ s 충격방전 개시전압

다) 지정 방전전류에 대한 제한 전압

피뢰기의 보호레벨과 피보호기기의 충격절연내력간의 협조는 시설물의 유효차폐여부, 동일모선에 연결된 회선수, 기기배치, 진입써지 특성과 관계되며 원칙적으로 각 발변전소에 대해서 개별적인 검토를 요하는 것이다.

보호비는 피보호기기의 절연내력과 피뢰기의 보호레벨과의 비를 말하는데 IEC 규정의 피뢰기 적용안내에 의하면 최소보호비를 1.2로 정하고 있다.

2) 피뢰기의 위치 선정

피뢰기의 보호 “레벨”과 피보호기기의 절연내력간의 협조를 이루기 위하여 필요한 위치에 피뢰기를 설치하는데 있어 다음 사항을 전제로 한다.

1) 피보호기기의 첫 대상은 전력용 변압기이다.

- 2) 발변전소 자체는 차폐되어 있다. (비유효 차폐시설의 경우도)
- 3) 피뢰기와 피보호기기의 접지는 연결되어 있다.
- 4) 피뢰기의 접지도선은 가능한 한 짧게 한다.

피뢰기에 그 보호효과를 충분히 발휘하게 하려면 보호하려는 기기에 되도록 접근해서 설치해야 한다. 양자의 거리가 멀면 이상전압이 내습했을 때 피뢰기가 작동해도 변압기의 단자전압이 피뢰기의 제한전압보다 높아지기 때문이다.

3) 피뢰기의 접지

피뢰기의 접지저항에 의한 전압강하는 그 보호효과에 중대한 영향을 주므로 접지저항을 극히 낮추어야 한다.

접지방법은 다수의 접지공사를 해서 이를 병렬로 접지하여 다중접지하는 것이 좋다. 피뢰기 접지선은 아주 짧게 하지 않으면 안된다. 접지도선이 길면 진동전압이 피뢰기 제한전압에 가해지므로 좋지 않기 때문이다.

○ 피뢰기 접지선 굵기

기기	피뢰기 정격전압(kV)	접지선	접지방법
피뢰기	288, 138, 21	150mm ² ×2×1개소 150mm ² ×1×1개소	접지단자-150mm ² ×2-접지망 접지단자-150mm ² ×1-본체

나. 피뢰기의 점검보수

점검보수는 피뢰기 형식에 따라 다르며 그 특이점은 각 제작사들이 제공하므로 사용자는 그 사양에 따르면 된다. 따라서 일반적인 공동사항만 기술하면 다음과 같다.

1) 피뢰기 성능 변동 점검

피뢰기의 애관표면에 염분으로 오손되면 직렬갭의 전위분포가 변화되어 방전개시전압이 변동된다. 외적조건 이외에도 피뢰기 자체의 열화에 의한 것이 있다.

피뢰기의 열화 원인에는 애관용기에 습기침입, 상시가압전압에 의한 누설전류에 의한 것 또는 피뢰기 작동에 의해 과대한 방전전류가 흐르는 경우등이 있다.

따라서 기상조건에 이상이 있는 경우 또는 순시중 이상을 발견했을 때에는 즉시 점검해보는 것이 좋다.

또한 외견상 이상이 없어도 뇌우철 전후 및 피뢰기 동작 직후에는 상세히 점검하는 것이 바람직하다.

2) 오손에 대한 보수

피뢰기에 대해 염분등이 오손된 경우 실험결과를 보면 염분 부착밀도의 증대에 따라 상용주파 방전개시전압이 저하되므로 염분부착밀도를 억제하지 않으면 피뢰기의 초기 성능을 기대하기 곤란하다.

오손시 청소방법으로는 정전해서 수세하는 것이 좋고 활선수세는 피하는 것이 좋다. 부득이 활선으로 주수세정할 경우에는 하부에서 상부로 계속적으로 씻으며 오염된

물이 애관 표면을 폭포같이 떨어지지 않도록 주의해야 한다.

피뢰기의 오손대책으로 애관표면에 실리콘 콤파운드를 도포해서 상당한 효과를 거두고 있다.

3) 피뢰기의 열화검출

피뢰기가 최초의 성능을 유지하고 있는지의 여부를 검증하는 방법으로, 종래에는 메가(1,000V 또는 500V)에 의해 절연저항을 측정해서 양·불량을 판정했었다. 그러나 이것으로는 형식이 다른 것에 대해 충분하지 못하고 활선중 측정이 안되는 등 이유로 갖가지 열화검출법이 실시되고 있다.

가) 메가에 의한 절연저항 측정

종래부터 가장 일반적으로 해온 방법이며, 응급적으로 비교적 간단히 실측할 수 있으나 열화판정기준의 절연저항치가 제작사 및 피뢰기 형식에 따라 상당히 다르므로 제작사가 지시한 값을 기초로 점검하는 것이 필요하다.

나) 누설전류 측정시험(LCD-4 누설전류 측정기)

(1) 개 요

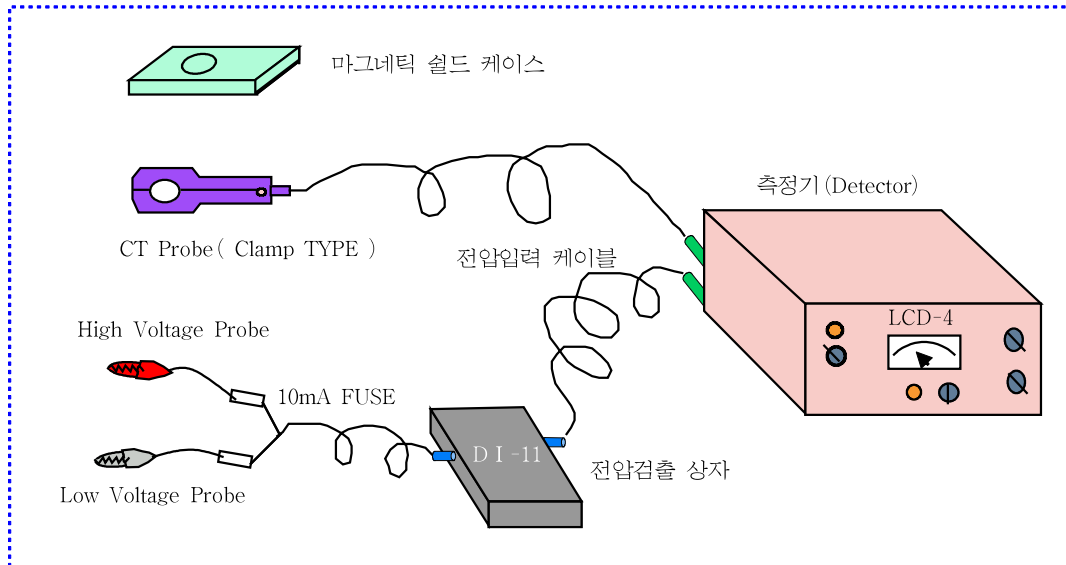
산화아연형 피뢰기는 갯형 피뢰기 소자보다 우수한 산화 아연소자로 구성된다 이장치는 열화와 함께 상승하는 산화아연형 피뢰기의 누설전류, 전력손실 혹은 누설전류의 저항분을 측정하여 산화아연형 피뢰기의 열화를 진단하기 위한 장치다.

(2) 특 성

- 용량분 자동보상회로의 사용에 의하여 저항분 전류와 전력손실이 쉽게 측정되어 아날로그 계기에 된다.
- 피뢰기 누설전류는 크램프형 CT Probe에 의하여 검출된다 그러므로 활선상태에서 측정이 이루어 질수 있다 피뢰기 접지선의 분리는 필요하지 않다.
- 계통전압은 변성기에서 검출한다.
전압 출력신호는 절연전압 검출상자(D I -11)를 통하여 검출기에 인가되기 때문에 출력전압의 단락과 같은 오동작이 발생하지 않으므로 변성기를 손상시키는 일이 일어나지 않는다.
- 크램프형 CT Probe는 차폐케이스에 의하여 차폐되어 있다 그러므로 변전소와 같은 외부자계에 강한 장소에서도 고감도 검출이 가능하다.
- 이 장치는 Battery에 의하여 동작되므로 보조전원이 필요하지 않다.
- 이 장치는 싱크로스코프와 기록계를 연결하는 출력단자가 있어 전류 관측이 가능하다.

3) 구 조

LCD-4 누설전류 측정기는 다음과 같이 구성된다



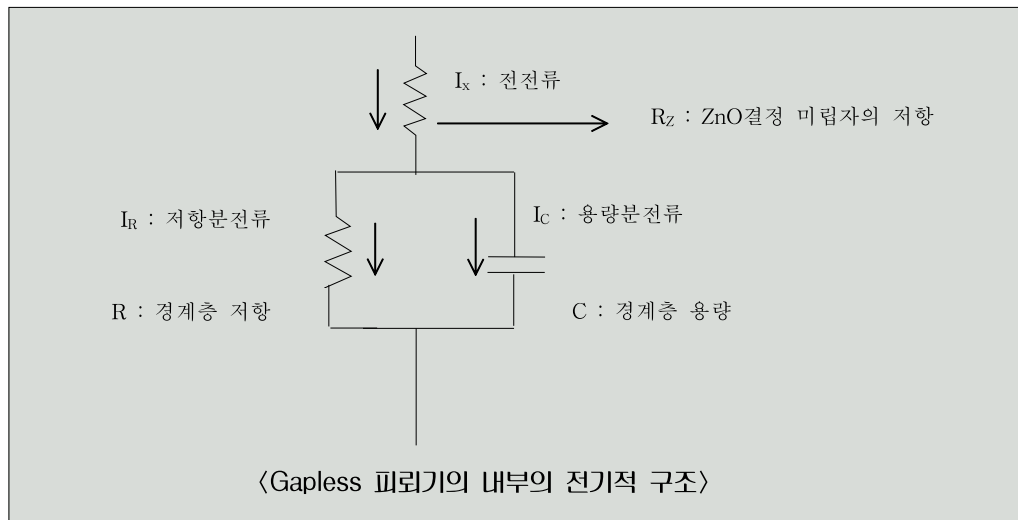
검출기(본체)	-----	LCD-4
크램프형 CT Probe케이블(5m)	-----	HSCT-1
CT Probe의 차폐 케이스	-----	EMSC-1
전압 Probe	-----	EPB-1
절연전압 검출상자	-----	D I -11
입력전압용 케이블	-----	ECB-10

(4) 측정 원리

피뢰기에 흐르는 총 누설전류 I_x 는 CT Probe가 검출하여 자동증폭기 DFA의 (+) 단자에 입력한다. 계통전압에 비례하는 전압은 변성기로부터 얻어지며 이 전압을 기준 입력 전압 E_s 로 한다.

기준입력 전압 E_s 를 미분회로에 의하여 90° 진상으로하여 총 누설전류 I_x 에 포함되어 있는 동상이 되도록 신호 E_{s0} 를 만든다 따라서 기준 입력전압 E_s 는 이득제어 증폭기 GCAFMF 통하여 자동증폭기 DFA의 단자에 입력된다.

자동증폭기 DFA의 출력 $I_x - G_0 E_s$ 에 E_{s0} 를 곱하고 이 적분치가 0이 되도록 이득제어 AMP GCA의 이득을 조정한다.

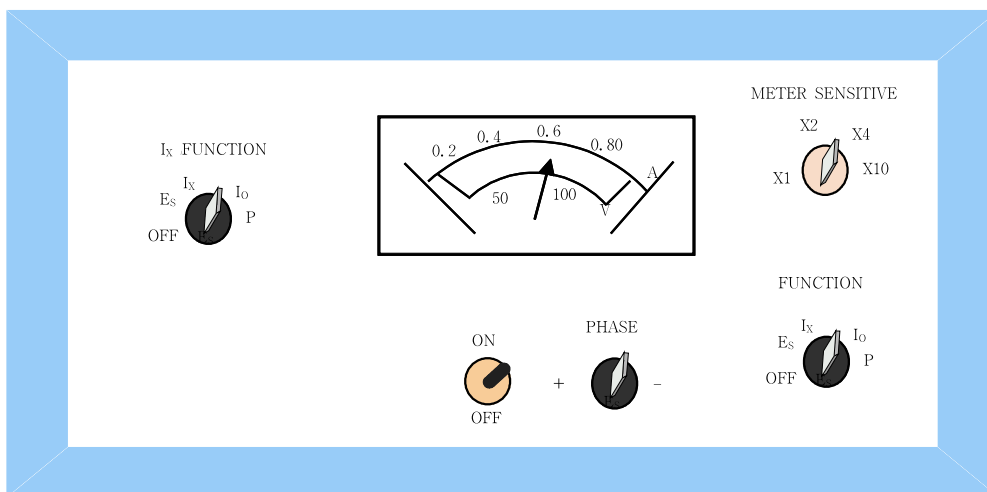


즉, 총누설전류 I_{xdp} 포함된 용량분이 상쇄된 것을 의미하며 이러한 이득 조정은 자동적으로 이루어진다.

결과적으로 차동 증폭기 DFA의 출력은 저항분만 남게 된다. 저항분 전류의 피크치는 피크검출회로에 의하여 검출되고 아날로그 계기에 표시된다.

전력손실 $W = I_r \times E_s$ 에 의하여 얻어진다.

(5) 측정 과정

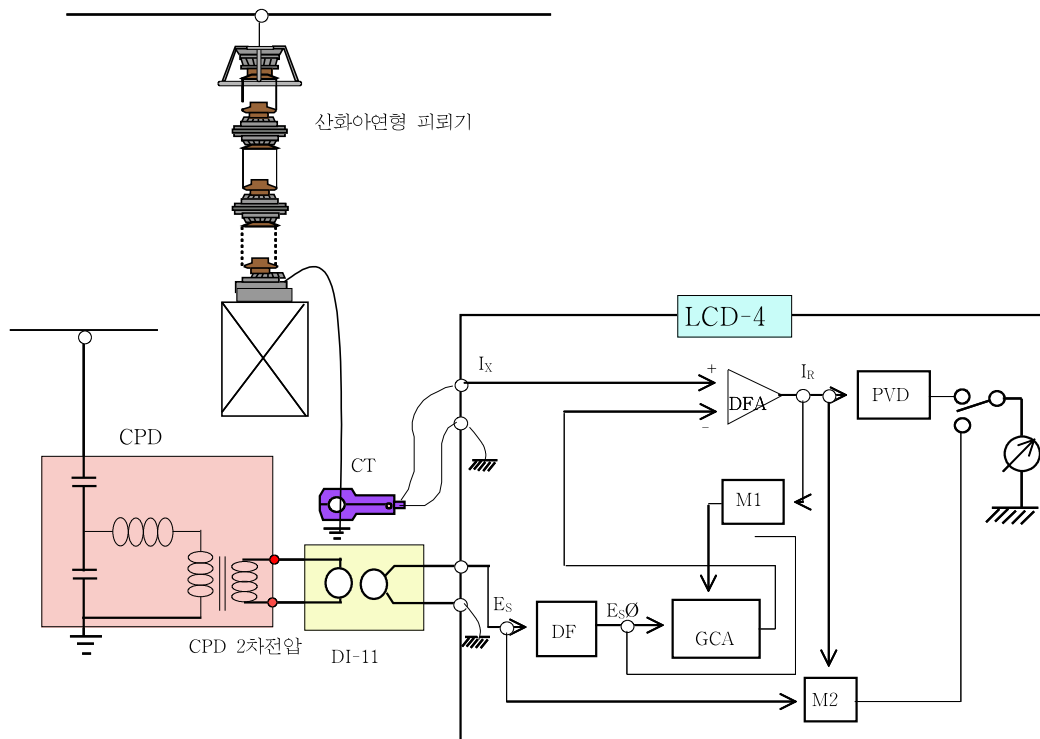


① 검출기의 설치장소

검출기는 피뢰기로부터 약 5m떨어진 곳에 설치한다 뒷면에 있는 접지단자에 접지선을 연결한다.

② CT Probe의 연결

차폐케이스에 CT Probe를 넣고 검출기 본체 뒷면에 있는 I_x 단자에 케이블 프러그를 연결한다.



③ 입력전압 연결

- 검출기 본체 뒷면의 E_s , I_n 단자에 케이블 플러그를 연결한다.
- 절연전압 검출상자 DI-11의 3핀 단자에 케이블의 다른쪽 끝의 플러그를 연결한다.
- 흑색 클립은 변성기 출력단자의 접지측에 연결하고 적색클립은 변성기 출력단자의 고압측에 연결한다.

④ 검출기 본체의 스위치는 다음과 같은 위치로 둔다.

위상스위치(전면중앙) : **OFF**, 총누설전류 감쇄기 : 1/1, 계기 감도 : $\times 10$

⑤ 배터리 점검

- 검출기 본체 뒷면에 DC 9V I_n 단자에 배터리 플러그를 연결한다.
- Function S/W를 "Batt" 위치에 놓는다.
- 계기바늘이 적색 위치에 놓이지 않으면 배터리를 교환한다.
- 계기바늘이 0을 가르키면 2A FUSE를 점검한다.

⑥ 외부 잡음 혹은 유도로 인한 영향의 확인

- 전원 스위치를 ON한다.
- 차폐케이스에 CT를 넣는다. (CT는 이때 차폐케이스 내에서 접지되지 않는다)
- CT를 접지선 가까이 접근시키고 "Function" 스위치를 I_r 위치에 놓고 계기를 읽는다.
- 계기가 가르키는 수치가 절대오차이다.

※ 주의 : CT 양면에 "LINE"과 "GND"라는 글자가 표시되어 있다 CT는 LINE쪽이 피뢰기의 접지단자와 마주 보도록 놓아야 한다.

⑦ Setting of the CT

CT에서 피뢰기 접지선을 연결하고 차폐 케이스의 뚜껑을 덮는다.

⑧ 총 누설전류 I_x 의 측정

- Function 스위치를 I_X 위치에 놓는다.
- 만약 I_X OVER 램프가 점등되면 I_X Attenuator (감쇄기)를 I_X OVER 램프가 소등 될때까지 반시계 방향으로 돌린다.
- ※ I_X OVER 램프는 검출기가 정상동작 상태에 있을 지라도 전원이 스위치 되거나 CT가 크래프 되는 순간에 점등할수도 있다.
- 총누설전류 I_X 는 다음과 같이 얻어진다.

$$I_X[mA] = \frac{(\text{Meter reading})}{1/I_X \text{ 감쇄기눈금}}$$

ex) I_X 감쇄기 가 1/2, 계기표시치가 0.8mA이면 총누설전류는

$$I_X = 0.8 \times \frac{1}{1/2} \\ = 1.6\text{mA/rms가 된다.}$$

- ⑨ I_r , $I_r(-P)$, $I_r(+P)$, $I_r(\pm P)$ DML 측정 (저항분 전류의 측정)
- $I_r(-P)$: 저항분 전류 Zero ~ (-peak)를 의미한다.
 $I_r(+P)$: 저항분 전류 Zero ~ (+peak)를 의미한다.
 $I_r(\pm P)$: 저항분 전류 Zero ~ ($\pm$ peak)를 의미한다.
- 일반적으로 저항분 전류는 $I_r(\pm P)$ 의 위치에 측정이 추천되고 있다.
 - “meter sensitivity (계기감도)”를 “ $\times 1$ ”의 위치에 놓고 Function 스위치를 “ $I_r(\pm P)$ ” 위치에 놓는다.
 - 계기표시(편향)가 거의 없다면 계기 편향이 읽을 수 있을 만큼 충분히 증가하도록 계기 감도를 시계 방향으로 돌린다.
 - $I_r(\pm P)$ 의 값은 아래와 같이 얻어진다.

$$I_r(\pm P) = (\text{계기표시치}) \times \frac{1}{I_r \text{ 감쇄기}} \times \frac{1}{\text{계기감도}}$$

ex) I_X 감쇄기가 1/2, 계기표시치가 0.8mA 계기감도가 $\times 10$ 이면

$$I_r(\pm P) = (0.8) \times \frac{1}{1/2} \times \frac{1}{10} = 0.16\text{mA P-P}$$

⑩ 전력손실 P_X 의 측정

Function 스위치를 P_X 위치에 놓고 계기 감도를 $\times 1$ 에 놓는다. 계기 편향이 읽을수 있을 만큼 충분히 크도록 시계 방향으로 계기감도를 돌린다.
 P_X 치는 아래와 같이 계산된다.

$$P_X = (\text{계기표시치}) \times \frac{1}{I_X \text{ 감쇄기}} \times \frac{1}{\text{계기 감도}} \times \frac{1}{\text{변성기 배율}}$$

ex) I_X 감쇄기가 1/2, 계기표시치가 0.8mA 계기감도가 $\times 10$, 변성기 배율이 1/1000

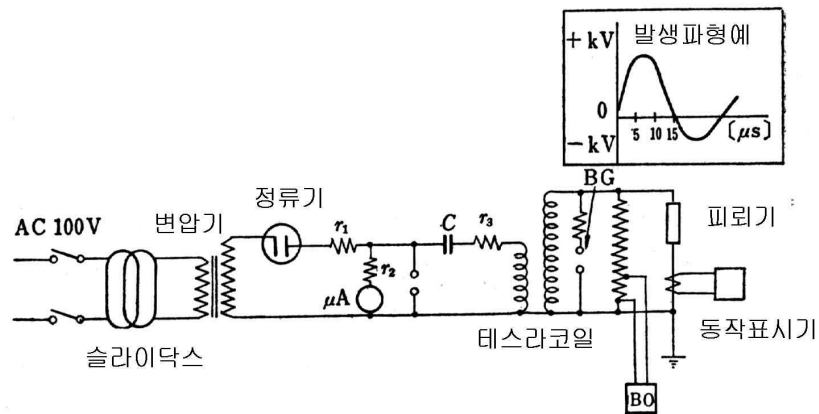
$$\text{이면 } P_X = 0.8 \times \frac{1}{1/2} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{1/1000} = 160\text{W}$$

⑪ 측정후의 과정

해체 순서는 결선의 역순이며 밧데리 프러그는 밧데리 소모를 방지하기 위하여 분리 한다.

다) 방전특성 시험

과대한 방전전류 또는 속류에 의해 직렬갭이 손상될 때가 있으며 이 때문에 방전 특성이 저하하게 된다. 현장에서 간단히 점검할 수 있는 이동식 충격전압 발생장치로 임펄스 방전개시 전압시험을 할 수 있다.



펄스 발생 회로

그림과 같이 이 시험장치는 직류전원과 콘덴서, 공심펄스 변압기 등을 조합해서 피뢰기를 회로에 분리하고 리드선도 떼고 피뢰기를 단독으로 시험회로를 구성한다.

4) 접지저항의 측정

피뢰기의 접지저항은 장기간 일정한 것은 아니며 토양의 습윤상태에 따라 다르므로 매년 뇌우기 전후에는 접지저항을 측정해서 이상유무를 검사해야 한다.

5) 피뢰기 작동의 확인

피뢰기 작동은 순간적이므로 몇회 작동했는지 어느정도 유효하게 작동하고 있는지 전혀 불분명하다.

적당한 작동표시장치(자강편을 피뢰기와 직렬로 삽입 또는 지시기부착)를 부착해서 피뢰기의 점검보수에 도움이 되도록 할 필요가 있다.

피뢰기 점검기준

종 류	주 기	점 검 항 목	비 고
보통점검	3년1회	1. 누설전류 측정 2. 해관의 균열, 오손여부 점검 및 청소 3. 접속부 볼트조임 4. 가대 및 기초 볼트 조임 5. 부속장치 동작상태 점검 및 청소 6. 절연저항 측정 7. 보호철책 및 자물쇠 점검 8. 절연열화(Doble) 측정	○ 점검항목 1은 산화 아연형에서만 실시 ○ 점검항목 2~6은 정지시에 실시한다.
초기점검	운전개시후 1년 이내	보통점검에 준한다.	

다. 피뢰기 외관 이상시 조치사항

1) 피뢰기의 장착이 불완전할 때

- 고장발생요인 : 피뢰기의 지지가 불완전 하면 피뢰기 구조상 및 특성에도 영향을 미치고 고장이 발생하는 경우도 있음.
- 조 치 : 피뢰기 장착볼트를 고정 지지물 공구로 조인다.

2) 피뢰기의 선로측 및 접지측 단자의조임이 불완전한 경우

- 고장발생요인 : 각 단자의 고정이 불완전 하면 풍압, 적설등으로 전선이 분리되거나 또 써지가 가해졌을 때 전선이 융단하는 경우가 있음.
- 조 치 : 피뢰기 각 단자를 고정 지지물 공구로 조인다.

3) 자기에관에 균열이 있는 경우

- 고장발생요인 : 관내부에 외부의 습기가 침입하여 절연저하가 생겨 사고로 연계된다.
- 조 치 : 시멘트 부분이나 기밀부분, 기타 자기 표면에 균열이 있으면 피뢰기를 철거한다.

4) 선로측 및 접지측 단자부 및 기밀 금속부에 변색되거나 구멍이 발생한 경우

- 고장발생요인 : 피뢰기의 성능 이상인 써지로 동작하거나 어떠한 원인으로 피뢰기가 절연저하 한것이며 계통의 정전 사고로 급변할 우려가 있다.
- 조 치 : 기밀 금속부에 구멍이 있는 경우는 철거한다.
이상하게 변색되는 경우는 DOBLE TESTER를 시행한후 절연상의 문제가 발생하면 철거하는 것이 바람직하다.

5) 자기외관 표면이 오손된 경우

- 고장발생요인 : 해관 표면이 오손 되면 피뢰기의 방전특성이 저하하고 극단의 경우

에는 피뢰기가 파괴된다.

애관표면을 Flashover하는 원인이 된다.

- 조 치 : 외관표면을 청소한다 특히 염분 및 진해등의 장소에 설치된 피뢰기는 정기적으로 청소한다 또는 염해 지역에서는 자기애관에 실리콘을 바르거나 세정을 한다 활선세정을 하는 경우 고전압의 피뢰기는 다 단꺾이 되어 있어 세정함으로서 더욱 전압분포를 나쁘게하고 방전개시전압의 저하에 따른 피뢰기의 방전 또는 외부 플래시오버 사고등을 일으킬 위험이 있어서 주의하여야 한다.

6) 방압장치가 부식 및 변색된 경우

- 고장발생요인 : 방압장치는 피뢰기의 성능 이상의 썩지 또는 무엇인가 내부 절연이 저하하였기 때문에 동작하는 것이며 이런 상태에서는 계통의 고장이 없더라도 방치하면 외부의 습기가 침투하여 사고가 발생한다.
- 조 치 : 피뢰기를 교체한다.

※ 참고

(1) 피뢰기 누설전류 측정 시험값(제작사)

TYPE : ZSE-C2, 정격전압 : 288kV, 정격방전전류 : 10kA, 제작사 : Meidensha

주파수 : 50Hz 온도 : 11℃

제작번호	최대연속동작전압	누설전류값
C851363G	209kV	0.730mA
C851364G		0.745mA
C851365G		0.740mA

TYPE : ZSE-C1Z, 정격전압 : 138kV, 정격방전전류 : 10kA, 제작사 : Meidensha

주파수 : 50Hz 온도 : 13℃

제작번호	최대연속동작전압	누설전류값
C850590G	98.2kV	0.200mA
C850591G		0.200mA
C850592G		0.205mA
C850593G		0.205mA
C850594G		0.205mA
C850595G		0.205mA
C850596G		0.205mA
C850597G		0.210mA
C850598G		0.205mA
C850599G		0.210mA
C850600G		0.205mA
C850601G		0.210mA
C850602G		0.205mA
C850603G		0.200mA
C850604G		0.200mA
C850605G		0.200mA
C850606G		0.200mA
C850607G		0.200mA
C850608G		0.200mA
C850609G		0.200mA
C850610G		0.205mA
C850611G		0.200mA