

2) 개별 기구에 의한 보호(IEC 60364-4-43의 435-2)

IEC 60364-4-43의 433 및 434의 요구사항을 각각 과부하 보호기 및 단락 보호기에 적용한다. 단락 보호기의 통과 에너지가 과부하 보호기를 손상하지 않고 견딜 수 있는 값을 초과하지 않도록 양쪽 보호기의 특성을 협조시켜야 한다.

5.4 과전압에 대한 보호

IEC 60364-4-442 과전압 보호는 저압 계통에 공급하는 변전소 고압 부분에서의 고압 계통 지락사고시 인체와 저압 계통에 접속되는 기기의 안전성 도모를 목적으로 한다. 또한 그 적용 범위는 저압 계통에 접속되는 저압기기이다. 다만 뒷부분에서 설명하는 “기기의 절연파괴”를 방지하기 위해 규정하는 “스트레스 전압”에 대해서는 “고압/저압 변압기”에도 적용한다. 이것은 고압~저압 전력 계통에 접속하는 기기를 일관되게 절연파괴로부터 지켜 안정적으로 송전하기 위해서이다.

5.4.1 고장전압 및 스트레스전압의 기준

이 규격에서는 목적별로 다음 2개 항목을 구체적으로 규정한다.

1) 인체의 안전 확보를 목적으로 한 규정

고압 계통의 지락 고장으로 인해 발생하는 고장 전압이 저압 기기의 외함에 인가되면 인체 안전에 영향을 미친다. 따라서 이 고장 전압 크기와 지속 시간은 **그림 5-14**처럼 구체적으로 규정해 인체의 안전을 확보하는 것이다.

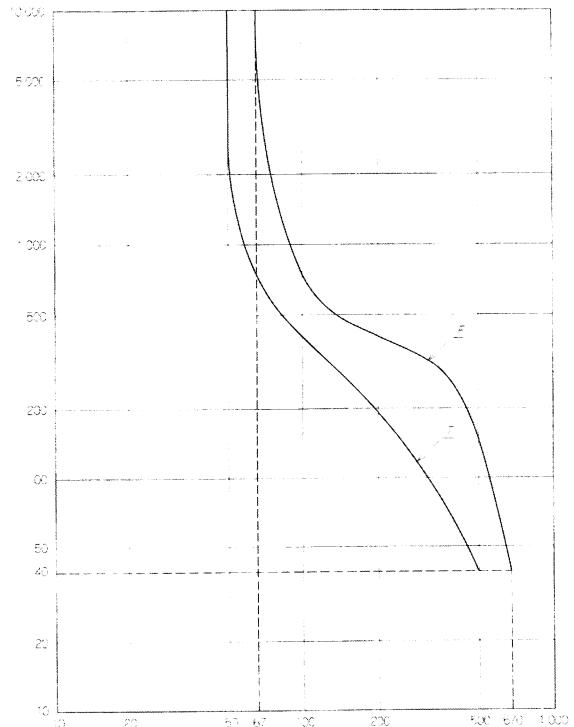


그림 5-14 고압 계통에서 지락사고 시 고장전압 F 와 접촉전압 T 의 최대지속시간

2) 저압 계통에 접속되는 기기의 안전 확보를 목적으로 한 규정

고압 계통의 지락 고장으로 인해 발생하는 고장 전압이 저압 기기에 인가되고 이것이 저압 기기의 절연 강도를 초과한 전압이 되면 저압 기기가 절연 파괴될 위험이 있다. 따라서 저압 기기에 인가되는 스트레스 전압을 표 5-7처럼 구체적으로 규정해 저압 기기의 안전을 확보하는 것이다.

표 5-7 저압 기기의 허용 교류 스트레스 전압

저압 설비의 기기 허용 교류 스트레스 전압(V)	차단시간(s)
$U_0 + 250V$	>5
$U_0 + 1,200V$	≤ 5

<비고> U_0 : 공정 대지 전압

※ 우리나라에서 사용되고 있는 저압기기가 이 값을 만족하고 있는가에 대한 확인은 어렵다. 현재 전기설비의 설계 및 시공을 전기설비기술기준에 따라 실시하는 경우에는 표 5-8를 충족시키면 만족하게 된다.

표 5-8 허용 스트레스 전압

고압전로 또는 특별고압전로의 1선 지락 시 차단시간(s)	저압기기의 허용 교류 스트레스 전압(V)
$t > 2$	$U_0 + 150$
$1 < t \leq 2$	$U_0 + 300$
$t \leq 1$	$U_0 + 600$

[비고] U_0 : 저압계통의 상전압

5.4.2 저압 설비의 접지계통 종류에 따른 접지방식

다음 3종류의 접지계통에 대하여 규정한다.

1) TN 계통

(1) TN-C(a) 계통

고장전압($R \times I_m$)이 그림 5-14와 같은 시간 내에 차단되는 경우 이 접지 계통을 적용할 수 있다(그림 5-15의 TN-C(a) 참조).

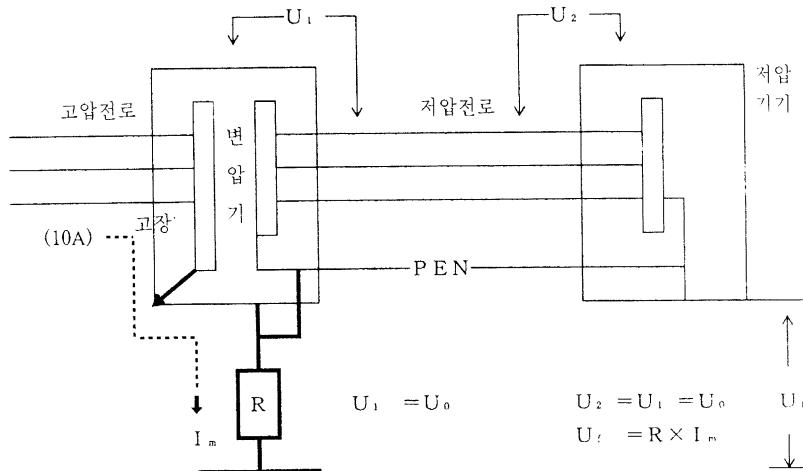


그림 5-15 TN-C(a) 계통의 지락 고장 전류와 전위 상승

고압 비접지 계통의 지락 고장 전류는 최대 10 A 정도이고 지속시간은 1초 이내로 추정 할 수 있다. 이를 기초로 이 접지 계통에서의 저압 계통 접지 저항 R 을 고려하면 다음과 같다.

- ① 그림 5-14의 F곡선에서 고장 지속 시간이 1초 이내인 고장 전압의 허용값은 60V이다. 따라서 $U_f = R \times I_m$ 에서 $R = U_f/I_m = 60/10 = 6 \Omega$ 이다(고장 지속 시간이 1초 인상인 경우는 고장 전압의 허용값을 50V로 계산한다).
- ② 상기 “①”에서 접지저항 $R = 6 \Omega$ 이하이면 본 접지 계통의 적용 조건을 만족한다고 할 수 있다.
- ③ 접지저항 $R = 6 \Omega$ 이상이 되는 경우는 인체 안전성 확보면에서 등전위 본딩을 하거나 다른 접지방식으로 TN-C(b) 계통 또는 TT 계통으로 할 필요가 있다.

다만, 22 kV 이상의 특별 고압으로 수전하는 설비에서 지락 전류가 고압 계통에 비해 대폭 증가 하므로 지락 고장 전류값을 전력회사에 확인해서 검토할 필요가 있다(이후에 설명하는 모든 접지 계통에 대해 특별 고압인 경우는 동일한 검토가 필요하다).

(2) TN-C(b) 계통

이 접지 계통은 변압기 외함 접지극과 별도로 PEN 도체에 접지극 R_B 를 시설하고 있다. 따라서 고장 전압($R \times I_m$)이 저압기기의 외함에 인가되지 않아 인체 안전에 영향이 없으므로 저압기기의 외함 접촉전압에 대해서는 고려할 필요가 없다(그림 5-16의 TN-C(b) 참조).

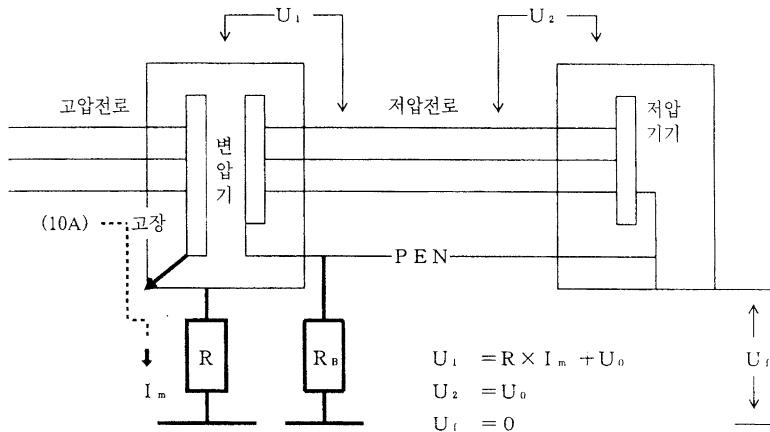


그림 5-16 TN-C(b) 계통의 지락 고장 전류와 전위 상승

이 경우 고압/저압 변압기의 2차측과 변압기 외함 간의 고장전압 $U_1 = R \times I_m + U_0$ 이 스트레스 전압이 되므로 이 크기와 지속시간이 표 5-7을 만족할 필요가 있다.

이 경우의 접지저항 R 은 다음과 같다.

- ① 고압 계통의 지락 고장 지속 시간은 1초 정도이다. 표 5-7에서 5초 이하의 전압값을 적용하면 스트레스 전압 $U_1 = U_0 + 1200V$ 이다. 이것은 저압 계통이 100V인 경우 1300V, 200V인 경우 1,400V가 된다.
- ② 따라서 고압측 지락 전류의 최대값을 10A로 했을 때의 접지저항 R 은
100V인 경우 $R = 1,300/10 = 130\Omega$
200V인 경우 $R = 1,400/10 = 140\Omega$ 이 되며, 그 이하의 저항값이면 조건을 만족하게 된다.

2) TT 계통

(1) TT-a 계통

고장전압($R \times I_m$)이 표 5-7에 규정하는 스트레스 전압의 규정값을 만족하면 이 접지 계통을 적용할 수 있다.

이 접지 계통은 변압기 외함의 접지극과 별도로 저압 기기에 접지극 R_C 를 시설하고 있으므로 고장전압($R \times I_m$)이 저압 기기 외함에 인가되지 않아 인체 안전에 영향이 없다. 따라서 저압기기 외함의 접촉 전압에 대해서는 고려할 필요가 없다(그림 5-17 TT-a 참조).

그러나 저압 계통에 접속되는 저압 기기에 대해 $U_2 = R \times I_m + U_0$ 이라는 고장 전압이 스트레스 전압으로 인가되므로 이 크기와 지속 시간이 표 5-7을 만족할 필요가 있다. 구체적인 접지저항 R 선정은 앞에서 설명한 TN-C(b) 방식과 동일하다.

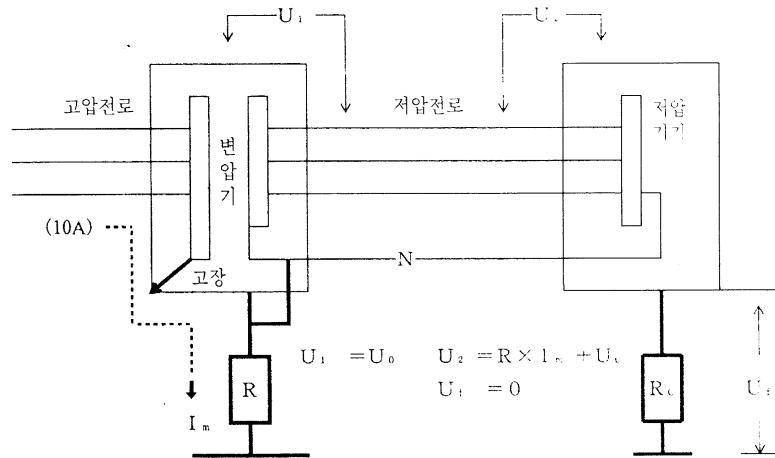


그림 5-17 TT-a 계통의 지락 고장 전류와 전위 상승

(2) TT-b 계통

TT-a 계통에서는 고장전압($R \times I_m$)이 표 5-7에 규정하는 스트레스 전압의 규정값을 만족하지 않는 경우 저압기기가 절연파괴될 우려가 있다. 이런 경우에 본 접지계통을 적용한다. 본 접지계통은 고압 계통의 지락고장에 의한 고장 전압이 저압 기기에 인가되는 적이 없으므로 저압 기기에 관한 스트레스 전압을 고려할 필요가 없다(그림 5-18 TT-b 참조).

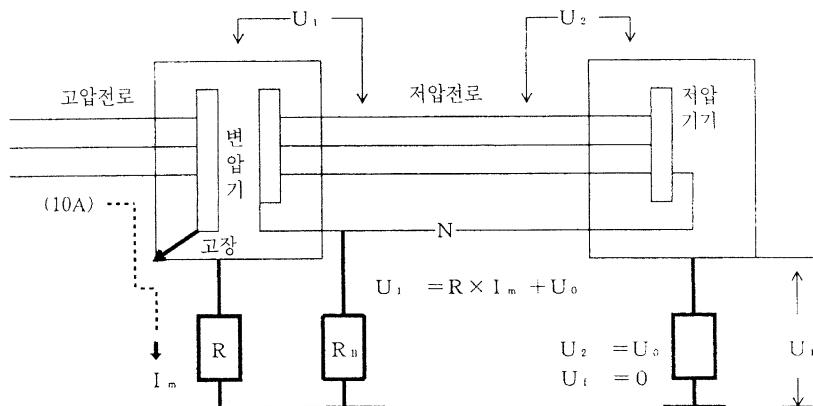


그림 5-18 TT-b 계통의 지락 고장 전류와 전위 상승

그러나 고압/저압 변압기의 2차측과 변압기 외부 상자간의 전압, $U_1 = R \times I_m + U_0$ 이 스트레스 전압이 되므로 그 크기와 지속시간이 표 5-7을 만족할 필요가 있다. 구체적인 접지저항 R 선정은 앞에서 설명한 TN-C(b) 방식과 동일하다.

3) IT 계통

(1) IT 계통의 방식

이 접지 계통은 다양한 방식이 있으며 크게 구분하면 다음과 같은 2종류로 구분할 수 있다.

- ① 고압 계통의 지락 고장에 의한 고장 전압이 저압 기기 외함에 인가되어 인체 안전에 영향을 미칠 가능성이 있으므로 그림 5-14의 F곡선을 고려해야 하는 방식.
- ② 고압 계통의 지락 고장에 의한 고장 전압이 저압 기기 외함에 인가되지 않는 계통으로 그림 5-14의 F곡선에서 규정하는 고장 전압과 지속 시간을 고려하지 않아도 되는 방식. 단 고장 전압이 저압 기기에 스트레스 전압으로 인가되므로 [표 442-1]에서 규정하는 스트레스 전압과 지속 시간을 고려할 필요가 있다.

(2) 고장 전압이 저압 기기 외함에 인가되는 방식

고압 계통의 지락 고장 전류가 최대 10 A 정도로 지속 시간이 1초 이내인 경우 본 접지 방식에서의 접지 저항 R 을 고려하면 다음과 같다(그림 5-19 IT-a 참조).

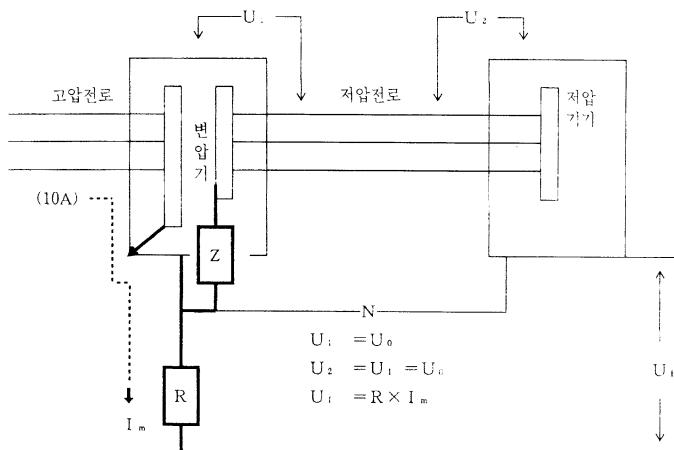


그림 5-19 IT-a 방식의 지락 고장 전류와 전위 상승

그림 5-14의 F곡선에서 고장 지속 시간이 1초 이내인 고장 전압은 60V이다. 따라서

$$U_f = R \times I_m \text{에서 } R = U_f/I_m = 60/10 = 6 \Omega \text{ 이다.}$$

위와 같이 접지저항 $R = 6 \Omega$ 이하이면 본 접지방식의 적용 조건을 만족한다고 할 수 있

다. 접지저항 $R = 6 \Omega$ 이상이 되는 경우는 인체 안전 확보 면에서 등전위 본딩을 실시할 필요가 있다.

(3) 고장 전압이 저압 기기의 스트레스 전압으로 인가되는 방식

이 접지방식에서는 저압 기기의 외함에 대한 고장 전압 인가가 없으며 저압 기기에 대한 스트레스 전압이 인가될 뿐이다(그림 5-20 IT-b 참조).

앞에서 설명한 스트레스 전압의 규정값을 만족하는 접지저항 R 을 선정하면 된다.

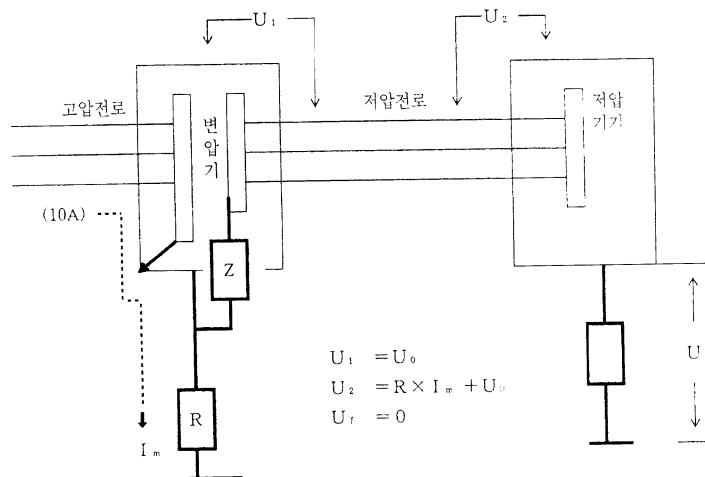


그림 5-20 IT-b 방식의 지락 고장 전류와 전위 상승

5.4.3 접지저항 R 을 1Ω 이하로 한 경우의 개념(IEC 60364-4-442의 442.4)

상기 “5.4.2 저압 설비의 접지 계통 종류에 따른 접지방식(IEC 60364-4-442의 442.4)”에서 각종 접지방식별로 저항 R 선정에 대해 설명했다. 그러나 접지저항 R 을 1Ω 이하로 한 경우에는 상기 “5.4.2”에서 설명한 모든 조건에 적합하다. 이것은 고압 계통의 지락 고장 지속 시간을 1초 이내로 한 경우 허용 고장 전압 U_f 는 $60V$ 이다. 고압 계통의 지락 고장 전류를 최대 $10A$ 로 하고 접지 저항 R 을 1Ω 으로 한 경우 발생하는 고장전압 U_f 는 $10V$ 가 되며 $60V$ 를 만족한다. 다만, 특별고압에서 수전하는 설비에서는 지락 고장 전류가 수백 암페어로 대폭 증가하므로 접지저항 R 을 1Ω 이하로 한 경우에도 상기 “5.4.2”에서 설명한 모든 조건에는 적합하지 않다. 따라서 전력회사에 대한 지락 고장 전류값을 확인해 검토할 필요가 있다.

5.4.4 변전소 접지 설비에 접지 금속 외피가 있는 케이블을 접속한 경우의 개념

IEC 60364에서는 변전소 변압기에 다음과 같은 케이블을 접속하면 앞에서 설명한 접지 저항 R 을 1Ω 이하로 한 경우와 마찬가지로 상기 “**5.4.2**”에서 설명한 모든 조건에 적합한 것으로 한다.

- 1) 적당한 접지 금속 외피가 있는 고압 케이블(케이블 길이는 1km 초과)
- 2) 적당한 접지 금속 외피가 있는 저압 케이블(케이블 길이는 1km 초과)
- 3) 적당한 접지 금속 외피가 있는 고압 케이블 및 저압 케이블(케이블 길이는 1km 초과)

이것은 케이블을 직접 매입해 금속 외피(1km 초과)를 접지 저항 R 과 병렬 접속함으로써 사실상 접지 저항 R 을 1Ω 이하로 한 경우와 동등한 효과가 있기 때문이다. 케이블 포설방법은 케이블 트렌치나 덕트를 사용하는 예가 많으며 적당한 접지금속 외피가 있는 케이블을 적용하는 예는 적다. 위에서 설명한 규정의 취지를 만족하지 않는 경우는 본 항의 적용이 적합하지 않다.

5.5 대기현상 또는 개폐에 따른 과전압보호

이 절의 과전압 보호는 배전 계통으로부터 전달되는 대기 현상에 기인한 과도 전압 및 설비 내의 기기에 기인한 개폐 과전압에 대한 전기 설비의 보호에 대해 다루는 것을 목적으로 한다.

5.5.1 뇌임펄스 목록 분류

건축물에 설치되는 기기에 필요한 정격 임펄스 전압은 기기의 설치 장소 및 설비의 공정 전압에 따라 표 5-9에 표기된 임펄스 전압 값보다 높아야 한다.

[비고] 단상 3선식 $100\sim200V$ 에서는 표 5-9의 단상3선 란을 적용한다. 3상 3선식의 $200V$ 는 $230/400$ 란을 적용한다.

표 5-9 기기에 요구되는 정격 임펄스 내전압

설비의 공정 전압 ^a (V)		요구되는 임펄스 내전압 ^c (kV) $(BiL) = LiW L$			
3상 계통 ^b	중간점이 있는 단상 계통	설비 전력 공급 점에 있는 기기 (과전압 범주 IV)	배전 및 회종회로의 기기 (과전압 범주 III)	전기제품 및 전류-사용기기 (과전압 범주 II)	특별히 보호된 기기 (과전압 범주 I)
-	120~240	4	2.5	1.5	0.8
(220/380) ^d 230/400 ^b 277/480 ^b	-	6	4	2.5	1.5
400/690	-	8	6	4	2.5
1,000	-	12	8	6	4

a IEC 60038(표준 전압)에 따른
b 캐나다와 미국에서 대지 전압이 300V를 초과하는 경우 동일 카테고리 단위 높은 전압에 해당하는 임펄스 내전압을 적용한다.
c 이 임펄스 내전압은 활성 전도체와 PE 사이에 적용된다.
d ()안은 현재 국내에서 사용하는 전압으로, 장래에 IEC 60038 표의 전압을 사용할 것을 권장한다.

(해설)

1) SPD를 설치하는 경우에는 표 5-9에 나타내는 임펄스 전압까지 기기가 견디는 것으로 SPD의 시방 및 설치 장소를 선정하게 된다.

IEC 규격에는 옥내에 설치하는 기기는 표 5-9와 같은 설비의 공정 전압과 기기의 설치 장소별로 기기의 임펄스 내전압 최소값이 규정되어 있다. 기기를 뇌임펄스 전압으로부터 보호하기 위해서는 SPD를 설치하여 각 과전압 목록의 기기에 가해지는 뇌임펄스 전압을 기기의 임펄스 내전압보다 낮게 할 필요가 있다.

이 경우 인입구에 SPD를 설치하여 뇌임펄스 전압을 각 기기의 임펄스 내전압 이하로 억제할 수 있다. 고 판단되는 경우에는 인입구에 SPD를 설치함으로써 각 기기를 보호할 수 있다.

2) 과전압 목록에서 기기의 개념은 다음과 같다.

- (1) 전압 카테고리 IV 기기는 건축전기설비의 인입구 또는 그 주변에서 배전반·분전반의 전원측에 사용하기 위한 것이다. 이 종류의 기기 예로서 전력량계와 1차측 과전류 보호기 등이 있다.
 - (2) 과전압 카테고리 III 기기는 고정전기설비의 일부가 되는 기기 및 기타 기기로, 사용등급이 보다 높다고 예상되는 것이다. 이와 같은 종류의 기기로는 고정설비내의 분전반, 차단기, 배선시스템 또는 공업용 기기 및 기타 기기로 고정설비에 항상 접속하는 설치전동기 등이 있다.
 - (3) 과전압 카테고리 II 기기는 건축물의 고정전기설비에 접속하는 것을 의도한 기기이다. 이와 같은 종류의 기기 예로 가전기기, 이동형 기기 등이 있다.
 - (4) 과전압 카테고리 I 기기는 과도한 과전압을 충분히 낮은 수준으로 제한하는 대책이 취해지고 있는 회로에 접속하는 기기이다.
- 3) 주택을 예로 옥내 배선 계통과 과전압 카테고리의 관계는 아래 그림과 같다.

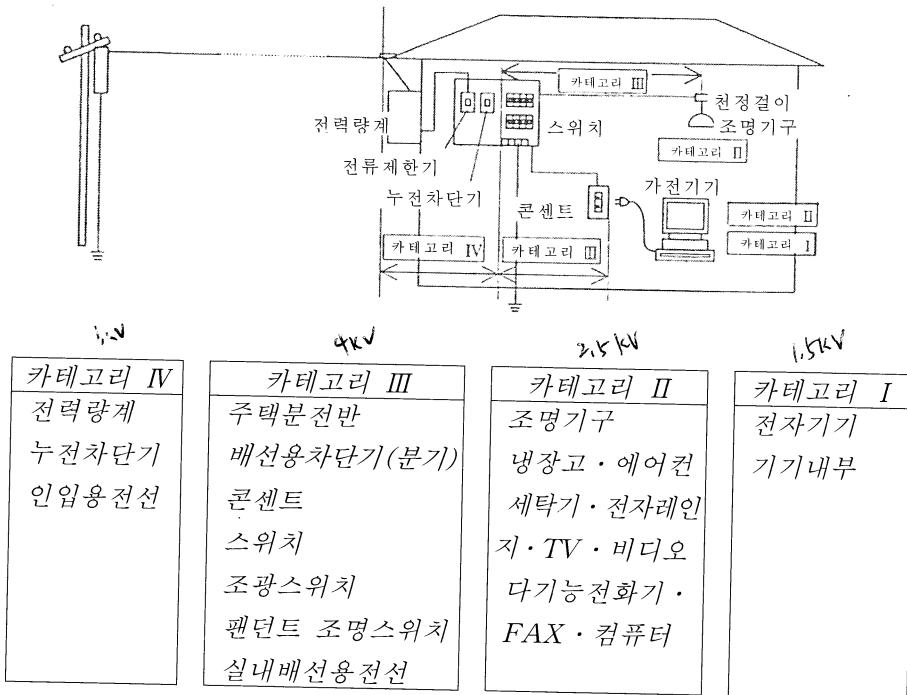


그림 5-21 주택의 옥내 배전계통과 과전압 카테고리 분류

5.5.2 과전압을 억제하기 위한 시설

- 설비가 저압 가공선이나 또는 일부가 그것에 의해 공급되고 그 장소의 연간 뇌우 일수가 AQ2(>25일/년)인 경우에는 대기 현상에 의한 과전압에 대한 보호를 실시해야 한다. 보호기의 보호레벨은 표 5-9에 제시한 뇌임펄스 카테고리Ⅱ의 레벨을 초과하지 말아야 한다.
- 상기 “1)”에 적합한 조건에서 대기 현상에 의한 과전압 보호를 다음과 같이 건축 전기 설비내에 설치할 수 있다.
 - KS C IEC 60364-5-534(과전압보호기)에 적합한 뇌임펄스 카테고리Ⅱ의 보호 레벨을 갖춘 서지보호기(SPD)
 - 또는 과전압을 동등이상으로 감쇄시킬 수 있는 기타 조치

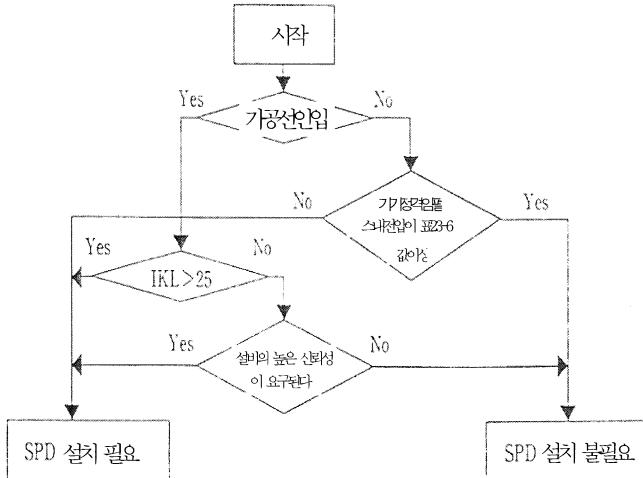


그림 5-22 뇌 보호여부 파절 흐름도

5.5.3 서지보호기에 관한 용어

이 항에서 이용되는 주요 용어의 의미는 다음과 같다.

1) 서지보호기(SPD : surge protective device)

과도적인 과전압을 제한하고 서지 전류를 분류(分流)하는 것을 목적으로 하는 장치를 말한다(비고 : 서지보호기(이하 SPD라 함)는 50/60 Hz의 교류에서 정격 1,000V까지의 전원에 접속하는 기기를 보호하기 위해 시설하는 것으로 서지 전압을 제한하고 서지 전류를 분류하기 위해 1개소 이상 비선형 소자를 내장하고 있는 장치이다).

2) 보조 장치(auxiliary device)

보조 장치란 SPD분리기 및 동작표시기를 말한다.

3) SPD 분리기(SPD disconnector)

SPD를 전원 계통에서 분리하기 위해 필요한 장치를 말한다(비고 : SPD가 고장 났을 경우, 전원계통에 미치는 영향을 없게 하고, 화재 등을 일으키지 않기 위해 배전 계통에서 고장 난 SPD를 분리하는 장치이다. 이 분리기는 SPD 내부 또는 외부에 시설한다).

4) 동작 표시기(status indicator)

SPD의 동작 상태를 표시하는 장치를 말한다. 표시기는 시각 또는 음향 알림과 같은 국소적인 것 그리고 원격 표시 또는 그를 위한 출력용 접점 가운데 어느 하나를 갖추고 있다 (비고 : SPD가 고장이 났을 경우 SPD의 보호기능이 상실되기 때문에 SPD의 고장을 표시하는 장치).

5) 일시적 과전압(temporary overvoltage characteristic)(UTOV)

배정 계통에서 규정 시간 내에 일시적으로 발생하는 과전압을 말한다.

6) 전압보호수준(voltage protection level)(UP)

단자간 전압을 제한할 수 있는 SPD의 성능을 규정하는 값을 말한다.

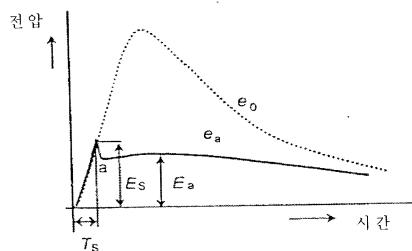
7) 잔류전압(residual voltage)(U_{res})

방전전류의 통과로 SPD 단자 간에 발생하는 전압의 최대값을 말한다.

(해설)

피뢰기의 제한전압이란 피뢰기를 방전하는 중에 과전압이 제한되어 양 단자간에 잔류하는 임펄스 전압([그림 443-3]의 e_a)으로, 방전전류의 파고 값 및 파형에 따라 결정된다. 제한전압의 규정 값은 파고 값([그림 443-3]의 E_a)으로 표시한다.

잔류전압이란 제한전압과 같은 의미이다.



T_s :임펄스방전 개시까지의 시간

E_s :임펄스방전 개시전압

E_a :제한전압 파고 값

e_a :제한전압(그림에 나타내는 a점 이후)

e_o :원전압(피뢰기가 방전하지 않는 경우의 단자간 전압)

그림 5-23 제한전압

8) 최대연속사용전압(maximum continuous operating voltage)(U_c)

SPD에 연속해서 인가할 수 있는 최대전압의 실효값을 말한다. 이는 SPD의 정격전압과 같다.

[참고]

U_c 와 UP 및 U_0 의 관계를 그림 443-4에 나타낸다. U_c 은 U_0 이상의 값을 선정하여야 한다. 또한 UP 값은 $\sqrt{2} \times U_c$ 이상의 값을 선정한다.

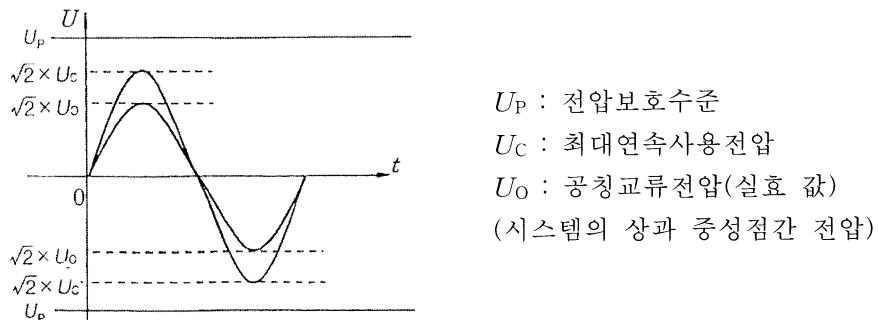


그림 5-24 U_C 와 U_P 및 U_O 의 관계

9) 1.2/50 전압 임펄스(1.2/50 voltage impulse)

전압시험 과정으로 파두 길이가 $1.2 \mu\text{s}$, 파미 길이가 $50 \mu\text{s}$ 인 전압 임펄스를 말한다.

10) 8/20 전류 임펄스(8/20 current impulse)

전류시험 과정으로 파두 $8 \mu\text{s}$, 파미 $20 \mu\text{s}$ 인 전류 임펄스를 말한다.

11) 콤비네이션 파형(combination wave)

시험단자에 개회로 양끝에서 1.2/50 전압 임펄스를 또, 단락회로에서 8/20 전류 임펄스를 발생시키는 발생기에 의해 얻어지는 파형을 말한다. 개회로에서의 임펄스 전압(개회로 전압)을 U_∞ 로 나타낸다.

12) 임펄스 전류(Impulse current)(Iimp)

SPD를 흐르는 전류파형이 $10/350 \mu\text{s}$ 상당인 과정으로 전류 최대값이 I_{peak} 로 규정되는 임펄스전류에 해당된다([표 443-2] 참조).

13) 공칭방전전류(nominal discharge current)(In)

공칭방전전류 In 은 SPD를 흐르는 전류파형이 8/20 전류 임펄스인 전류의 파고값을 말한다.

14) 최대방전전류(maximum discharge current)(Imax)

최대방전전류 $Imax$ 는 공칭방전전류 In 보다 큰 전류 값으로 SPD로 흐르는 8/20 전류 임펄스의 전류 파고값을 말한다.

15) 정격부하전류(rated load current)(IL)

2포트 SPD로 보호하고 있는 회로에 접속된 부하에 연속하여 공급할 수 있는 최대전류의 실효값을 말한다.

16) 최대연속사용전압(maximum continuous operation voltage)(IC)

최대연속사용전압(UC)를 SPD에 인가했을 경우, SPD 각각의 보호모드(선 도체-선 도체, 선 도체-접지, 선 도체-중성선 또는 중성선-접지)에서 SPD로 흐르는 전류를 말한다.

17) 속류(follow current)(If)

SPD가 방전 후에 SPD로 공급되는 전압에 의해 계속 흐르는 상태를 말한다.

18) 전압강하율(voltage drop in percent)

2포트 SPD에 대해서 적용되는 항목으로 다음 식으로 계산된 변화율을 말한다.

$$\Delta U = \{(U_{IN} - U_{OUT})/U_{IN}\} \times 100\%$$

여기에서 U_{IN} : 입력전압

U_{OUT} : 최대정격의 저항부하를 접속했을 때의 출력전압

19) 뇌전자임펄스(LEMP : lightning electro-magnetic impulse)

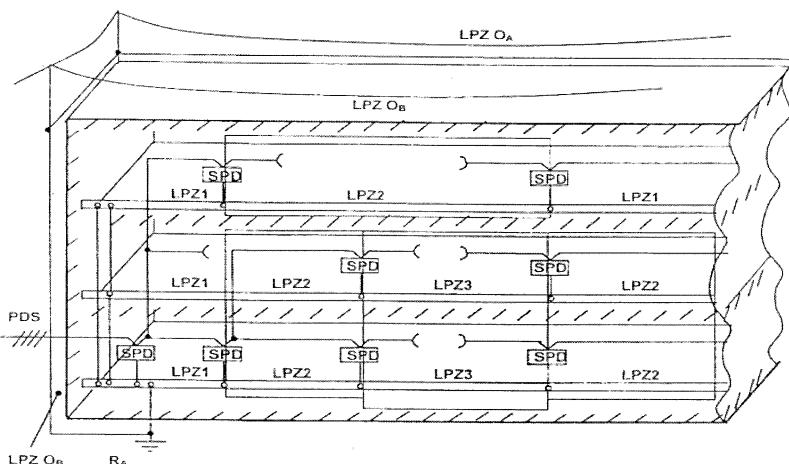
뇌에 의해 발생하는 전자임펄스를 말한다.

20) 뇌 보호영역(LPZ : lightning protection zone)

뇌에 의해 발생하는 전자기적 환경의 영향정도에 따라 분류한 영역을 말한다.

(해설)

(1) 과대한 에너지를 갖는 뇌격으로부터 전자 시스템을 보호하기 위해 뇌 보호영역(LPZ)이라는 개념이 KS C IEC 61312-1에 도입되어 각 LPZ의 경계에 원칙적으로 SPD를 시설하도록 규정되어 있다. 뇌 보호영역 내의 건축물 배전시스템 및 SPD의 시설 예를 [그림 443-8]에 나타낸다.



LPZ : 뇌보호 영역 PDS : 배전 시스템 SPD : 서지 보호기

그림 5-25 빌딩 내의 뇌보호영역(LPZ) 분류와 SPD의 시설(예)

(2) 뇌보호영역(LPZ)은 KS C IEC 61312-1(뇌전자파 임펄스 보호-제1부: 일반원칙)에서 다음과 같이 정의하고 있다.

- ① LPZ 0A : 직격뢰에 노출되어 전 전류가 흐를 가능성 있는 영역. 여기서 발생하는 뇌전류에 의한 전자계는 감소하지 않는다.
- ② LPZ 0B : 직격뢰에 노출되지 않지만 발생하는 뇌전류에 의해 전자계는 감소하지 않는 영역
- ③ LPZ 1 : 직격뢰에 노출되지 않는 영역으로 이 영역 내의 도전성 부분에 흐르는 전류는 영역 LPZ 0B에 비해 감소한다. 이 영역에서는 차폐대책을 실시함으로써 전자계를 더욱 감소시킬 수 있다.
- ④ LPZ 2~ : 전류 또는 전자계를 더욱 감소시킬 필요가 있는 경우에는 LPZ 2 이후의 영역을 도입할 것. 이들 영역의 요구사항은 피보호 시스템이 요구하는 환경영역에 따라 설정할 것.

5.5.4 SPD 규격

1) SPD의 형식

SPD 형식은 타입 I부터 타입 III까지 3 타입으로 분류되고 있다. 각각의 타입 SPD는 표 5-10에 기술된 시험에서 규정된 시험항목의 시험을 실시하여 합격하여야 한다.

표 5-10 SPD의 형식

SPD 형식	SPD에 실시할 시험 종류	시험항목 (KS C IEC 61312-1에 의함)
타입 I	등급 I 시험	I_{imp} , I_n
타입 II	등급 II 시험	I_{max} , I_n
타입 III	등급III 시험	U_{OC}

2) SPD 기능

SPD를 기능적으로 분류하는 경우 다음 3종류가 있다.

(1) 전압 스위칭형 SPD

서지가 인가되지 않는 경우에는 높은 임피던스 상태에 있으며 전압서지에 응답하여 급격하게 낮은 임피던스 값으로 변화하는 기능을 갖는 SPD를 말한다.

(2) 전압제한형 SPD

서지가 인가되지 않은 경우에는 높은 임피던스 상태에 있으며 전압서지에 응답한 경우에는 임피던스가 연속적으로 낮아지는 기능을 갖는 SPD를 말한다.

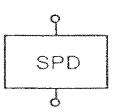
(3) 복합형 SPD

전압스위칭형 소자 및 전압제한형 소자의 모든 기능을 갖는 SPD를 말한다.

3) SPD의 구조

(1) SPD는 회로에 접속한 단자형태에 따라 1포트 SPD와 2포트 SPD가 있다. 각각의 SPD 특징 및 표시 예는 아래 표 5-11와 같다.

표 5-11 SPD 구성

구 분	특 징	표시(예)
1포트 SPD	1단자대(또는 2단자)를 갖는 SPD로 보호할 기기에 대해 서지를 분류하도록 접속하는 것이다.	
2포트 SPD	2단자대(또는 4단자)를 갖는 SPD로 입력 단자대와 출력 단자대 간에 직렬임피던스를 갖는다. 주로 통신 · 신호계통에 사용되며 전원회로에 사용되는 경우는 드물다.	

- (2) 1포트 SPD는 전압 스위칭형, 전압 제한형 또는 복합형 기능의 SPD가 있다. 또한, 2포트 SPD는 복합형 기능의 1종이다.

4) SPD 사양

SPD 사양은 각각의 타입별로 **표 5-12와** 같이 임펄스전류, 공정방전전류, 개회로전압, 최대연속사용전압 및 전압보호수준의 규격 값을 규정하고 있다.

표 5-12 SPD 사양

SPD 형식	임펄스전류	공정방전전류	개(開)회로전압	최대연속사용전압	전압보호수준
	I_{imp}	8/20	콤비네이션	50/60 Hz	1.2/50 μ s
	$I_{peak}(kA)$	$I_n(kA)$	$U_{OC}(kV)$	$U_C(V)$	$U_P(kV)$
타입 I	5, 10, 20	5,10,20	-		4, 2.5
타입 II	-	1, 2, 5, 10, 20	-	110, 130, 230, 240, 420, 440	2.5, 1.5
타입 III	-	-	2,4,10,20		1.5

5) 보조 장치

SPD가 고장난 경우, 안전성을 확보하기 위해 개방모드에서는 동작표시기, 단락모드에서는 SPD 분리기를 설치하는 것이 바람직하다.

5.5.5 SPD 설치

1) SPD 설치장소와 설치방법

상기 “5.5.2 과전압을 억제하기 위한 시설”에 따라 건축물 내에 SPD를 설치하는 경우에 다음과 같이 설치하여야 한다.

- (1) SPD는 **설비 인입구 또는 건축물 인입구와 가까운 장소**에 설치할 것.
 - (2) 설비 인입구 또는 그 부근에서 중성선이 보호도체(PE)에 접속되어 있는 경우 또는 중성선이 없는 경우에는 SPD를 선도체와 주접지단자간 또는 보호도체간에 설치할 것.
 - (3) 설비 인입구 또는 그 부근에서 중성선이 보호도체에 접속되어 있지 않은 경우에는 다음에 따를 것.
 - ① SPD를 ELB의 부하측에 설치하는 경우에는 SPD를 선도체와 주접지단자 또는 보호도체간 및 중성선과 주접지단자간 또는 보호도체간에 설치한다.
 - ② SPD를 ELB의 전원측에 설치하는 경우에는 SPD를 선도체와 중성선간 및 중성선과 주접지단자 또는 보호도체간에 설치한다.
- [비고1] 이 항에서 선도체가 접지되어 있는 경우, 선도체는 중성선에 상당하는 것으로 간주된다.
- [비고2] 이 요구사항은 선도체간에 추가보호를 배제하는 것이 아니다.

(해설)

(1) SPD 설치는 “(1)” 부터 “(3)” 까지 규정되어 있지만, 이를 SPD가 설치되는 회로의 계통에 따라 정리하면 아래 표와 같다.

표 5-13 시스템 계통에 따른 SPD 접속

구분	SPD접속점에서 시스템계통							
	TT		TN-C	TN-S		IT(중성선 있음)		IT(중성선 없음)
	CT ₁	CT ₂		CT ₁	CT ₂	CT ₁	CT ₂	
선도체-중성선	△	○	-	△	○	△	○	-
선도체-PE도체	○	-	-	○	-	○	-	○
중성선-PE도체	○	○	-	○	○	○	○	-
선도체-PEN도체	-	-	○	-	-	-	-	-
선도체-선도체	△	△	△	△	△	△	△	△

<비고> ○ : 적용, △ : 적용해도 됨, - : 적용불가

(2) “(3)” 의 “①” SPD를 ELB의 부하측에 설치하는 경우(CT1)에는 SPD를 다음의 개소에 설치한다 ([그림 443-14 15, 17]).

① 선도체와 주접지단자 또는 선도체와 보호도체간

② 중성선과 주접지단자 또는 중성선과 보호도체간

(3) “(3)” 의 “②” SPD를 ELB의 전원측에 설치하는 경우(CT2)에는 SPD를 다음의 개소에 설치한다 ([그림 443-16, 18]).

① 선도체와 중성선간

② 중성선과 주접지단자 또는 중성선과 보호도체간

(4) SPD의 모든 접속도체(선도체에서 SPD까지의 도체 및 SPD에서 주접지단자 또는 보호도체까지의 도체를 말함)는 최적의 과전압 보호 관점에서 선도체와 주접지단자간 선도체와 보호도체간의 길이를 비교하여 짧은 쪽에 설치하는 등 가능한 짧게 할 것.

(해설)

SPD의 접속도체 길이가 길어지는 것은 뇌서지 회로의 임피던스를 증가시켜 과전압 보호 효과를 감소시키기 때문에 가능한 짧게 하도록 규정하고 있다. SPD의 접속도체 길이는 전체 길이 0.5 m이하가 좋다.

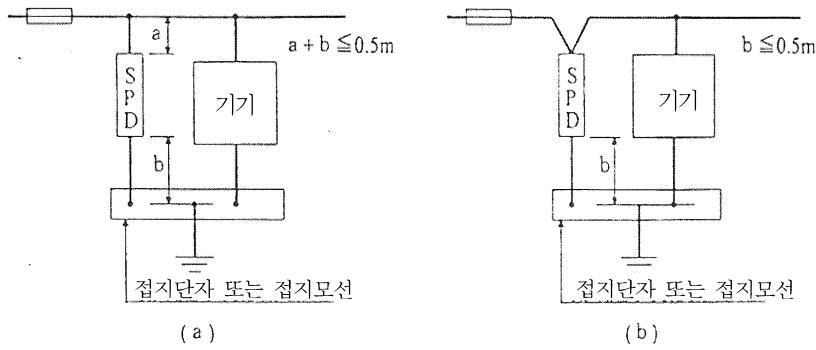


그림 5-26 설비 인입구 또는 주변에서의 SPD 설치(예)

- (5) SPD의 접지도체는 단면적이 10㎟ 이상인 동선 또는 그와 동등할 것. 다만, 건축물에
피로설비가 없는 경우에는 단면적이 4㎟ 이상인 동선을 이용할 수 있다.

2) 추가보호 SPD

인입구에 설치한 SPD로는 건축물 내의 모든 전기기기를 보호할 수 없다고 판단되는 다음의 경우에는 전항의 **SPD를 피보호기기에 접근시켜 추가로 설치하는 것이 바람직하다.**

- (1) 내전압이 상당히 낮은 기기
- (2) 인입구에 설치한 SPD와 피보호기기간 거리가 상당히 떨어졌을 때
- (3) 놀방전에 의해 발생한 건축물 내부의 전자계 및 내부에 방해원이 있을 때

3) SPD와 누전차단기의 관계

SPD의 설치는 누전차단기와의 위치관계를 고려하여야 한다.

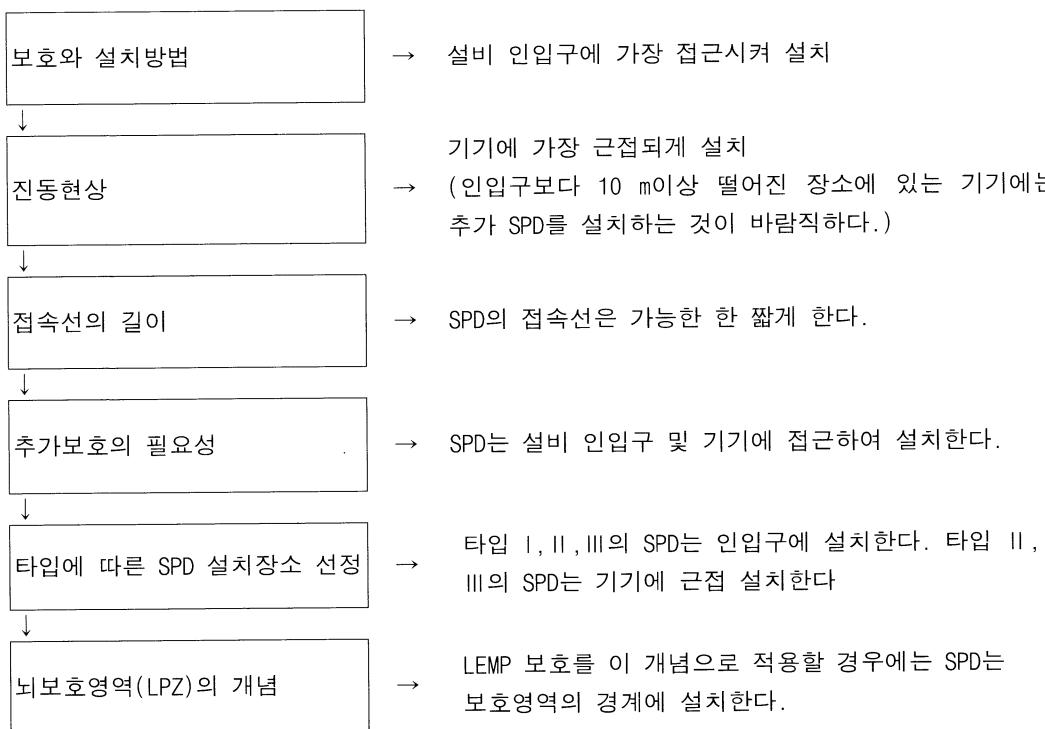


그림 5-27 SPD에 의한 보호와 설치장소

5.5.6 SPD 선정

상기 “5.5.2 과전압을 억제하기 위한 시설”에 따라 건축물 내에 설치하는 SPD는 이것이 설치되는 장소와 전기계통의 종류, 건축물 뇌보호시스템(LPS)의 유무 등을 고려하여 적절한 규격을 선정하여야 한다.

1) SPD 타입과 전압보호수준 U_P

- (1) 설비 인입구 부근 또는 주배전반 등에 설치하는 SPD는 LPS가 있는 건축물에는 타입 I, LPS가 없는 건축물에는 타입 II일 것.
- (2) 기기에 근접하여 설치하는 SPD는 타입 II 또는 타입 III일 것.
- (3) 상기 “(1)”의 SPD는 표 5-9의 내임펄스 카테고리II 부하기기를 보호할 수 있는 전압보호 수준 U_P (1.5 kV , 2.5 kV 또는 4.0 kV)를 가질 것.

(해설)

LPS가 설치되어 있는 건축물에 설치하는 SPD는 타입 I이 원칙이지만, 이 원칙은 LPS의 뇌전류 중 50%가 전기설비 등으로 분류되는 것을 전제로 결정된 것이다. 건축물의 접지계통이 상당히 낮은 접지저항이 있는 경우 등 계산으로 뇌전류의 분류 값을 구할 수 있는 경우에는 타입 II의 SPD를 사용해도 지장이 없는 경우가 있다.

2) SPD의 최대연속사용전압 U_c

SPD의 최대연속사용전압 U_c 는 설치되는 전기 계통의 종류와 이것이 접속되는 장소에 따라 아래 표의 값이 하일 것이다.

표 5-14 공급 시스템 계통에 따른 SPD의 U_c 요구사항

접지점간	배전망 공급계통				
	TT	TN-C	TN-S	IT(중성선이 있는 경우)	IT(중성선이 없는 경우)
선도체-중성선	$1.45U_0(2U_0)$	-	$1.45U_0$	$1.45U_0$	-
선도체-PE	$\sqrt{3}U_0(U_0)$	-	$1.45U_0$	$\sqrt{3}U_0$	$\sqrt{3}U_0$
중성선-PE	U_0	-	U_0	U_0	-
선도체-PEN	-	$1.45U_0$	-	-	-

[비고] U_0 는 저압계통의 상전압(선도체와 중성선간 전압)이다.

3) SPD의 일시적 과전압 U_{TOV}

- (1) SPD는 저압계통내의 사고(중성선의 단선사고는 제외)로 인한 일시적 과전압(U_{TOV})에 견딜 것이다.
- (2) 고압계통내의 지락사고로 인한 U_{TOV} 에 대해 기기를 보호하는 선도체 또는 중성선과 PE 간에 접속되는 주 SPD는 관련 규격의 시험에 합격한 것일 것이다. 이 경우의 U_{TOV} 에 대해서는 표 5-7 저압 설비의 기기 허용 교류 스트레스 전압을 참조한다.

4) SPD의 공칭방전전류(I_n)

- (1) SPD의 공칭방전전류 I_n 는 8/20 전류임펄스 5kA 이상일 것이다.
- (2) 각 상에 설치한 SPD의 보호도체측(또는 중성선측) 단자와 보호도체간 또는 주접지단자간에 접속되는 SPD의 각 상별 공칭방전전류 I_n 는 3상계통은 4배(중성선이 없는 경우는 3배) 이상, 단상계통은 3배(중성선이 없는 경우는 2배) 이상일 것이다.

(해설)

상기 “2)”의 공칭방전전류 I_n 및 “마”의 임펄스전류 I_{imp} 에 대해 각 상에 설치된 SPD의 공칭방전전류 I_n 가 5 kA인 경우의 TT계통(CT2의 경우)에서 I_n 및 I_{imp} 값을 나타내면 아래 표와 같다.

표 5-15 I_n 및 I_{imp}

계통	합계 전류 값	
	공칭방전전류 I_n	임펄스전류 I_{imp}
3상4선	20kA	50kA
3상3선	15kA	37.5kA
단상3선	15kA	37.5kA
단상2선	10kA	25kA

5) SPD의 임펄스전류 I_{imp}

- (1) SPD의 임펄스전류 I_{imp} 는 KS C IEC 61312-1(뇌 전자임펄스보호)에 따라 산출한 뇌임펄스전류(과형 10/350 μ s) 값 이상일 것. 단, 뇌임펄스전류의 값이 규정되지 않은 경우에는 12.5kA 이상으로 할 수 있다.
- (2) 각 상에 설치한 SPD의 보호도체측(또는 중성선측) 단자와 보호도체간 또는 주접지단자간에 접속되는 SPD의 각 상별 뇌임펄스전류 I_{imp} 는 3상계통은 4배(중성선이 없는 경우는 3배)이상, 단상계통은 3배(중성선이 없는 경우는 2배) 이상일 것.

6) SPD간 협조

동일 전기 계통 내에 설치된 SPD가 복수인 경우에는 각각의 SPD 간에 필요한 에너지의 협조를 고려하여 설치하여야 한다.

[비고] SPD 제조업자는 이들의 상호협조를 하기 위한 방법을 기술 자료에 명시하여야 한다.

5.5.7 SPD 보호장치

SPD 보호장치를 회로에 설치하는 경우에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- 1) 전력공급을 우선하는 회로에서의 보호장치는 SPD가 설치되어 있는 회로 내에 설치할 것.
- 2) 기기를 과전압으로부터 보호하는 것을 공급보다 우선시킬 필요가 있는 회로에서의 보호장치는 SPD가 설치되어 있는 회로의 전원측 설비 내에 설치할 것.
- 3) 상기 “1” 및 “2” 경우의 사용 목적을 동시에 확보하기 위해서는 SPD를 병렬로 설치하여 각각에 보호장치를 설치할 것.

(해설)

- (1) 상기 “1” 및 “2”의 보호장치는 SPD 내부회로를 분리하여도 된다. 양자의 경우 SPD의 고장을 고려하여 적용하는 보호 동작은 SPD에 의해 보호된 회로의 전원측에 위치한 보호 장치와 협조를 하여야 한다.
- (2) 상기 “3”의 경우 두개의 동일한 SPD(SPD1 및 SPD2)를 두개의 동일한 보호 장치(PD1 및 PD2)에 접속한다. SPD 하나(예를 들어 SPD1)의 고장모드는 제2 SPD(예를 들어 SPD2)의 유효성에 영향을 미치지 않고 그 자신의 보호장치(예를 들어 PD1)를 동작하게 한다. 이 경우에는 전력공급의 계속성을 확보된다.

(3) SPD의 보호장치 설치위치(예)

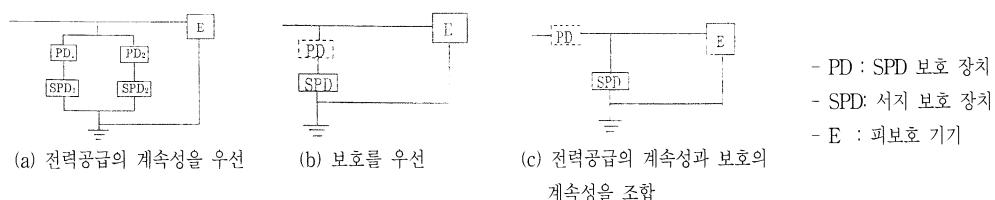


그림 5-28 SPD의 보호장치 위치

5.5.8 기타 조건

1) 간접접촉보호

간접접촉에 대한 감전보호는 SPD가 고장인 경우에도 보호된 설비에서 유효성을 확보하고 있을 것.

- (1) TN 계통에서 이 보호는 일반적으로 SPD의 전원측 과전류보호기로 실시한다.
- (2) TT 계통에서 이 보호는 누전차단기의 부하측에 SPD를 설치하여 실시한다.

2) 절연저항측정

설비의 절연저항을 측정할 때에는 설비의 인입구 주변 또는 패널내에 설치되어 있고 절연측정의 시험전압과 정격전압이 맞지 않는 경우의 SPD는 분리할 수 있다. 플러그인 타입의 SPD인 경우에는 KS C IEC 60364-6-61의 표 61A 절연 저항의 최소값의 시험전압에 견딜 것.

3) SPD의 고장표시

SPD가 과전압 보호를 실시하지 못하게 된 경우에는 SPD의 동작표시기 등으로 표시할 것.

5.6 부족 전압 보호

5.6.1 일반 요구 사항

- 1) 전압 강하 또는 정전과 이후 복귀가 인체와 설비에 위험을 주는 상태가 되는 경우에는 적절한 예방조치를 강구해야 한다. 또한 설비의 일부나 전기 기기가 전압 강하에 의해 손해를 받을 우려가 있는 경우에는 예방 조치를 마련해야 한다.

부족 전압 보호 장치는 인체에 위험을 주지 않는 경우에 한해서 설비 또는 전기 사용 기기에서 손상을 허용 가능한 범위일 경우에는 필요 없다.

- 2) 부족 전압 보호 장치는 피보호 장치의 운전으로 전압이 단시간 차단되거나 정전을 허용할 수 있는 경우에는 시연 동작형으로 해도 무방하다.
- 3) 부족 전압 보호 장치로 접촉기를 사용하는 경우에 접촉기의 개로 및 재폐로 시의 지연이 제어용 또는 보호용 기기의 순시 차단 동작을 방해해서는 안 된다.
- 4) 부족 전압 보호 장치의 특성은 기기의 기동 및 사용과 관련된 IEC 규격의 요구 사항에 적합한 것이어야 한다.
- 5) 보호 장치의 재폐로가 위험한 상태를 발생시킬 우려가 있는 경우에 재폐로는 수동으로 해야 한다.

5.7 단로 및 개폐

5.7.1 단로

1) 단로용 장치의 시설장소

(1) 전력 공급점 또는 기타 고장, 점검, 측정, 수리 등으로 인해 전로를 개로할 필요가 있는 개소에는 단로용 장치를 시설하여야 한다.

(2) 다음에는 단로용 장치를 시설해서는 안 된다.

- ① 보호도체
- ② TN-C계통의 PEN 도체
- ③ TN-S계통의 중성선

2) 단로용 장치의 시설요건

(1) 기능

① 단로용 장치는 모든 충전용 도체를 유효하게 단로할 수 있어야 한다.

② 반도체 장치를 단로용 장치로 사용해서는 안 된다.

(2) 성능

단로용 장치는 다음 조건에 적합하여야 한다.

① 신품은 깨끗해야 하며 또한 건조 상태에서 열렸을 때 각 극의 공칭전압에 따르며

표 5-16의 임펄스 뇌전압에 견딜 것.

표 5-16 공칭전압에 대응하는 임펄스 뇌전압

설비의 공칭전압*		단로기의 임펄스 뇌전압(kV)	
3상 계통(V)	단상 3선(V)	과전압 종류-III	과전압 종류-IV
230/400, 277/480	120-240	3 5** 8	5 8 10**
400/690, 577/1000			

* IEC 60038(표준전압)에 따른다. 기타 값은 IEC 60364-4-443의 [표 44B]를 참조.

** 1단 접지계통의 전압에 관한 IEC 60364-4-443의 [표 44B]를 참조.

[비고1] 대기과도 과전압에 관해서는 접지, 비접지 계통을 구별할 필요가 없다.

[비고2] 이 임펄스 뇌전압은 고도 2,000m에 적용한다.

② 동상 개극간의 누설전류는 다음 값을 초과하지 않을 것.

(ㄱ) 깨끗하고 건조한 상태의 신품으로 극별로 0.5mA

(ㄴ) 관련규격에 규정된 기구의 규약내용연수 말기로 극간은 6mA

(3) 단로 방법

① 단로 방법은 해당 전원의 전극을 분리하는 다극식 개폐장치를 사용하는 것이 유용하다. 다만, 단극장치를 상호 인접시켜 사용하여도 된다.

- ② 단로기에는 다음과 같은 것이 있다.
 - (ㄱ) 다극식 또는 단극식 단로기, 개폐 단로기
 - (ㄴ) 플러그 및 콘센트
 - (ㄷ) 퓨즈 링
 - (ㄹ) 링
 - (ㅁ) 배선의 분리를 요하지 않는 특별한 단자
- (4) 단로 상태 표시

단로용 장치의 단로 상태는 눈으로 확인할 수 있거나 또는 “절(切)” 혹은 “개(開)”와 같이 명료하고 신뢰성 있는 방법으로 표시할 것.
- (5) 단로 시의 충전 예방 장치

단로 시의 단로용 장치는 잘못하여 폐로 되는 것을 방지하기 위해 다음 한 가지 이상의 방법을 실시하여야 한다.

 - ① 잠금장치
 - ② 경고 표시
 - ③ 열쇠로 잠기는 구역 또는 용기내의 장소

5.7.2 기계적 보수를 위한 개로

- 1) 기기를 보수하는 경우에 사람에 상해를 끼칠 우려를 방지하기 위해 이용하는 개폐 장치는 주전원회로에 삽입하는 것이 바람직하며 설비 해당 부분의 전부하전류를 차단할 수 있는 능력이 있어야 한다.
- 2) 개폐 장치의 종류에는 다음과 같은 것이 있다.
 - (1) 다극식 개폐기
 - (2) 차단기
 - (3) 접촉기를 동작시키는 제어용 스위치
 - (4) 플러그 및 콘센트
- 3) 개폐 장치의 구비조건
 - (1) 기계적 보수를 위한 개로장치 또는 이 장치의 제어스위치는 수동조작을 할 수 있을 것.
 - (2) 이 장치의 개로 또는 폐로 상태를 쉽게 식별할 수 있을 것. 그리고 사용 목적을 위해 편리하게 시설하고 그 목적을 표시할 것.

5.7.3 비상 정지를 포함한 비상 개폐

1) 비상개폐장치 설치

예기치 못한 위험을 제거하기 위해 전원을 제어할 필요가 있는 경우에는 비상 개폐를 위한 장치를 시설할 것. 이 개폐기는 설비 해당 부분의 전부하전류를 차단할 수 있어야 한다.

2) 비상개폐 수단

비상 개폐의 수단은 다음 중 어느 하나에 따를 것.

- (1) 해당 전원을 직접 분리할 수 있는 단독 개폐 장치를 이용한다.
- (2) 해당 전원을 분리하기 위한 단일 동작에 의해 달성되는 기기의 조합이어야 한다.

3) 비상개폐 방법

비상개폐는 다음 방법에 따라 실시할 수 있다.

- (1) 주회로 개폐기
- (2) 제어 회로의 누름 스위치 등

4) 비상개폐의 구비조건

- (1) 주회로의 차단에는 수동조작을 할 수 있는 개폐기를 이용할 것. 또한, 원격 조작 차단기, 접촉기 등은 제어 전원이 끊겨도 안전하게 동작하는 안전기능이 있을 것.
- (2) 비상 개폐용 장치의 조작부(핸들, 누름스위치 등)는 적색 등으로 명확하게 식별하고 위험을 제거하기 위해 접근 가능한 장소에 시설할 것.
- (3) 비상 개폐용 장치의 조작부는 “절(切)” 또는 “정지”위치에 열쇠 잠금 장치를 시설할 것.

5.7.4 기능적 개폐

1) 기능적 개폐기의 시설

회로를 다른 전기설비와 독립하여 제어할 필요가 있는 경우에는 각 부분에 기능적 개폐기를 시설한다.

2) 기능적 개폐기의 사용방법

- (1) 기능적 개폐기는 그것이 이용되는 가장 가혹한 책무에 적합하여야 한다.
- (2) 회로의 충전용 전선을 모두 제어할 필요는 없지만 단극 개폐기를 충성선에 시설하지 않아야 한다.

3) 기능적 개폐기의 종류

- (1) 개폐기
- (2) 반도체 개폐장치
- (3) 차단기
- (4) 접촉기
- (5) 계전기
- (6) 16 A 이하의 플러그 및 콘센트