

5. 안전보호

5.1 감전보호

5.1.1 기본개념

1) 허용접촉전압과 통전시간

IEC 61200에서는 인체의 임피던스특성, 심장전류계수, 허용인체전류 등을 전체적으로 고려하여 허용접촉전압을 규정하고 있는데, 여기에서 “허용”이라는 용어는 심실세동이 발생하지 않는 상태를 의미한다.

따라서 허용인체전류가 통전시간에 의존하므로, 허용접촉전압도 통전시간에 의존한다. 허용접촉전압은 그림 B4-1와 같이 일반적인 상태에서 계속 인가 할 때의 허용접촉을 말한다. 만약 가정할 수 있는 가장 가혹한 조건을 전제로 허용접촉을 결정하면 그 허용접촉전압은 더욱 낮아진다. 그 결과 기술적 및 경제적으로도 많은 어려움이 따르게 된다. 따라서 일반적인 조건을 전제로 심실세동의 생리학적 데이터 및 재해의 경험을 근거하여 국제적으로 통일적인 견해를 거쳐 접촉전압의 허용한계치를 UL을 아래와 같이 정하고 있다.

- 교류전압의 경우 $UL = 50[V]$
- 직류전압의 경우 $UL = 120[V]$

이러한 허용접촉전압은 특수한 경우에는 안전한 전압이 될 수 없다. 예를 들어 병원에서 사용되고 있는 내시경 기기의 운전전압을 독일에서는 6[V]로 규정하고 있다. 또한 수영장이나 목욕탕 등의 수조와 관련된 기기는 12[V]의 안전특별저전압으로 공급되어야 하며, 전기에너지로 구동되는 장난감에서의 안전한 최고허용정격 출력전압은 24[V]로 규정하고 있다. 따라서 일반적인 상태에서의 허용전압이 모든 상황에 적용될 수 없음을 주의하여야 한다.

2) 인체의 전기임피던스

일반적인 상황(건조 또는 습한 장소)에서의 허용접촉전압을 결정하기 위한 인체의 전기적 임피던스 Z 는 다음 식으로 계산한 값을 고려하여 결정한다.

$$Z = 1,000 + 0.5 Z_{T5\%} [\Omega]$$

여기에서, 1,000 : 신발(양쪽 발)과 바닥 양쪽을 고려해 선정한 값

$Z_{T5\%}$: 인구의 95% 이상이 이 값을 상회하는 인체의 임피던스 [Ω]

0.5 : 한 손과 양발 사이의 접촉에 대해 양손, 양발의 이중접촉을 고려한 값

3) 추정접촉전압과 차단시간의 관계

위에서 설명한 개념에 따라 일반상태에서의 추정 접촉전압과 차단시간 사이의 관계는 표 B4-1과 같이 나타내며, 그림 5-1의 L곡선으로 나타낸다.

표 5-1 추정접촉전압과 최대차단시간의 관계

추정접촉전압(Vt) [V]	인체의 임피던스(Z) [Ω]	인체 통과전류(I) [mA]	최대차단시간(t) [sec]	인체통과전기량 [mA·sec]
50	1,725	29	∞	-
75	1,625	46	0.6	27.6
100	1,600	62	0.4	24.8
125	1,562	80	0.33	26.4
220	1,500	147	0.18	26.46
300	1,460	205	0.12	24.6
400	1,425	280	0.07	19.6
500	1,400	350	0.04	14.0

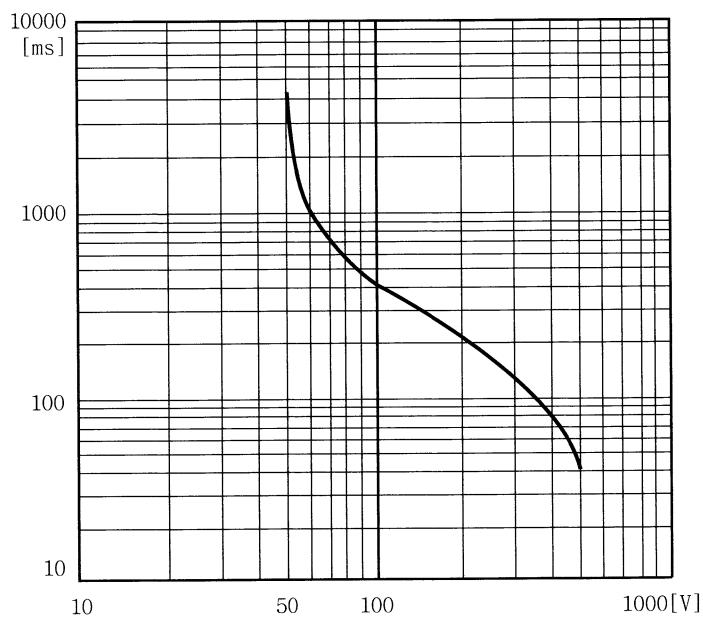


그림 5-1 일반적인 상태에서의 허용접촉전압(교류)

5.1.2 감전보호방식

1) 감전보호의 원칙

전기설비에 있어서 감전보호는 직접접촉보호와 간접접촉보호의 조합 또는 특별저압(ELV)에 대한 보호(SELV, PELV, FELV) 중 어느 것인가에 따라 시행한다.

(1) 직접접촉에 대한 감전보호(기본보호)

직접접촉보호는 전기설비가 정상으로 운전하고 있는 상태에서 해당 전기설비에 사람 또는 동물이 접촉되는 경우를 대비하여 감전방지를 위한 보호를 하고 다음 방법에 따라 실시한다.

- ① 충전부의 절연에 의한 보호
- ② 격벽(배리어) 또는 외함(폐쇄함)에 의한 보호
- ③ 장애물(옵스터클)에 의한 보호
- ④ 손의 접근한계(arm's reach) 외측 시설에 의한 보호
- ⑤ 누전차단기에 의한 추가 보호(단독으로 적용할 수 없다)

(2) 간접접촉에 대한 감전보호(고장보호)

간접접촉보호는 전기설비에 지락 등의 고장이 발생한 경우에 해당 전기설비에 사람 또는 동물이 접촉한 경우를 대비하여 감전방지를 위한 보호로써 다음 중 하나의 방법에 의해 실시한다.

- ① 전원의 자동차단에 의한 보호
- ② II급기기의 사용 또는 이것과 동등 이상의 절연에 의한 보호
- ③ 비도전성 장소에 의한 보호
- ④ 비접지용 국부적 등전위 접속에 의한 보호
- ⑤ 전기적 분리에 의한 보호

(3) 특별저전압에 의한 보호

직접접촉예방 및 간접접촉예방을 동시에 시행하고 사용전압은 교류 50V 이하, 직류 120V이하의 전압으로 다음 중 하나의 방법으로 시행된다.

- ① 비접지회로에 적용하는 SELV계통
- ② 접지회로에 적용하는 PELV계통
- ③ 기능상 ELV를 사용하는 경우에 적용하는 FELV

특별저전압에 의한 보호방식은 교류 50[V]이하의 전압이 사용되는 SELV, PELV, FELV를 말한다. 여기에서 ELV라는 것은 Extra Low Voltage(특별저전압)의 약어이고, 또 최초의 문자 S, P, F는 다음과 같은 의미를 갖는다.

S : Safety(안전) 확실하게 전기적으로 분리된 특별저전압

P : Protective(보호) 확실하게 전기적으로 분리된 기능특별저전압

F : Functional(기능) 확실하게 전기적으로 분리되어 있지 않은 기능특별저전압

2) 감전 보호 체계

감전보호는 사람의 생명과 관계되는 가장 중요한 보호이므로, 하나의 보호수단이 기능을 상실할 경우에는 반드시 또 다른 하나의 보호수단이 작동되어 사람을 보호하도록 하는 것이

IEC 60364의 감전보호에 대한 기본 사상이다. 이러한 감전보호는 직접접촉보호와 간접접촉보호라는 두 개의 요소를 조합하여 완전한 보호를 이루도록 하고 있다. 직접접촉보호는 전기설비의 충전부에 접촉됨으로써 생기는 위험에 대한 보호를 말하며 기본보호라고도 말한다. 반면에 간접접촉보호는 고장 시 노출도전성부분(예: 전동기의 외함이나 가대 등)에 접촉되어 생기는 위험에 대한 보호로서 고장보호라고도 한다. 감전보호는 **그림 5-2**와 같이 직접접촉보호와 간접접촉보호를 조합한 보호와 특별저전압에 의한 단독시행보호로 구분된다.

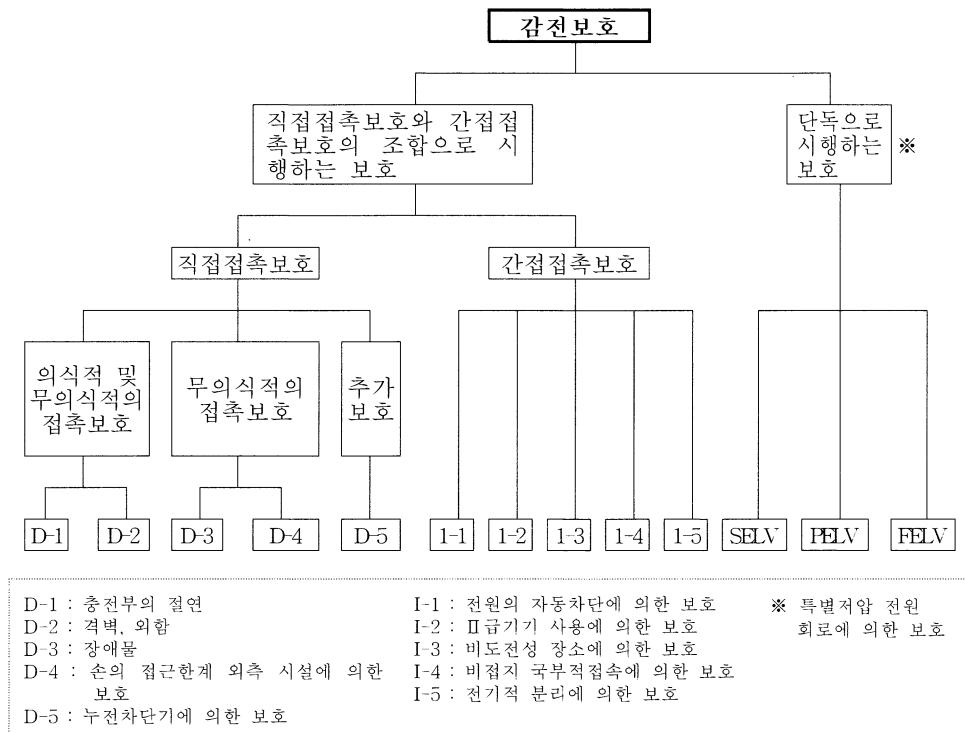


그림 5-2 감전 보호 체계

5.1.3 직접 및 간접접촉보호

[1] 특별 저압에 의한 보호 : SELV, PELV 시스템

특별 저압에 의한 보호는 전압이 교류 50V 이하, 직류 120V 이하의 공칭전압(전압밴드 I) 또는 다음 1), 2) 중에서 어느 하나의 조건에 적합하도록 시설하는 것에 의해 직접접촉보호 및 간접접촉보호 양쪽에 적용된다.

- 1) (SELV, PELV 전원)에 표시된 전원 중 하나로 공급되는 것.
- 2) (회로의 분리)의 모든 조건과 다음 중 하나에 적합한 것.
 - ① 비접지회로(SELV)는 SELV 시스템 설계조건
 - ② 접지회로(PELV)는 PELV 시스템 설계조건

[해설]

이 보호수단은 사용전압을 낮은 값으로 억제함으로서 직접접촉보호와 간접접촉보호의 양쪽을 동시에 적용하도록 하는데 있다. 적용회로의 접지방식에 의해

- 비접지회로 보호수단 : SELV 시스템
- 접지회로 보호수단 : PELV 시스템

으로 구분되고 각각 대비하여야 할 조건이 정해진다.

1) SELV, PELV 전원

(1) 전원은 다음 중 1로 공급되는 것으로 한다.

- ① 안전절연변압기(IEC 60742에 적합)
 - ② 안전절연변압기와 동등한 안전등급을 갖는 전원(예, 권선이 동등하게 절연이 된 전동발전기)
 - ③ 전기화학적 전원(예, 축전지) 또는 보다 높은 전압회로에서 독립된 기타 전원(예, 디젤발전기)
 - ④ 전자장치에서 내부고장인 경우에도 출력단자 전압이 50V 이하를 초과하지 않도록 확실한 조치가 이루어지도록 적절한 기준에 따라 제작한 전자장치. 단 직접 또는 간접 접촉시에 출력단자의 전압이 갑자기 해당 값 이하로 내려가는 경우는 출력단자가 높은 전압이 되어도 상관없다.
- (2) 안전절연변압기, 전동발전기 등 가변형전원은 II급기기(이중절연의 것) 또는 이와 동등한 절연에 의한 보호 요구사항에 따라서 선정·시공하여야 한다.

2) 회로의 분리

(1) SELV 및 PELV의 회로 충전부는 상호간 또한, 다른 회로로부터 안전절연변압기의 입력회로와 출력회로간의 절연과 동등이상의 성능을 갖고 있는 것으로서 전기적으로 분리하여야 한다.

(2) SELV, PELV 시스템 회로도체는 모든 다른 회로의 도체와 물리적으로 분리하여야 한다. 다만, 물리적으로 분리를 할 수 없는 경우에는 다음과 같은 조치가 필요하다.

- ① SELV 및 PELV의 각 회로도체는 기초절연과 비금속외장이 있어야 한다.
- ② 전압이 다른 회로의 도체는 접지된 금속제 차폐 또는 접지된 금속외장이 있어야 한다.
- ③ SELV 및 PELV 회로의 도체와 전압이 다른 회로를 다심케이블 속에 개별 또는 조합해서 시설하는 경우에는 전압이 다른 회로의 최대전압에 견디는 절연이 되어야 한다.

(3) SELV 및 PELV 시스템으로 사용하는 플러그와 콘센트는 다음 조건에 적합해야 한다.

- ① 플러그는 다른 전압회로의 콘센트에 삽입되지 않을 것
- ② 콘센트에는 보호도체 접촉자가 없고, 다른 전압회로의 플러그가 삽입되지 않을 것.

3) SELV 시스템 설계조건

SELV 시스템은 다음과 같이 할 것.

(1) SELV 회로의 충전부는 대지 또는 다른 회로의 충전부 혹은 보호도체에 접속하지 않을 것.

(2) SELV 회로의 노출 도전성부분은 다음의 것에 접속하지 않을 것.

① 대지

② 다른 회로의 보호도체 또는 노출 도전성부분

③ 계통외 도전성부분. 다만, 전기기기를 계통외 도전성부분에 접속하는 것이 본질적으로 필요한 경우로 계통외 도전성부분의 전압이 50V 이하가 되는 경우는 제외한다.

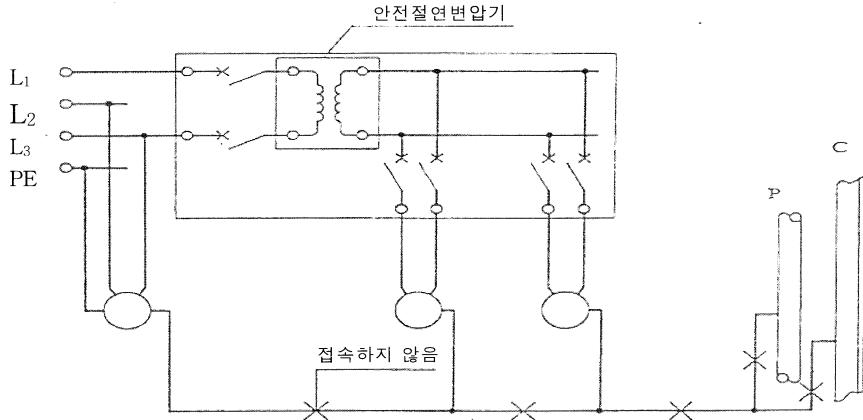


그림 5-3 SELV 회로(예)

(3) SELV 회로의 공칭전압이 교류 25V, 직류 60V를 초과하는 경우에는 다음 중 한 가지 방법으로 직접접촉보호를 실시하여야 한다.

(가) 보호등급 IPXXB 이상의 격벽 또는 외함에 의한 보호

(나) 교류 500V(실효 값) 1분간의 내압시험에 견딜 수 있는 절연으로 직접접촉보호를 하여야 한다.

4) PELV 시스템 설계조건

회로가 접지되어 있고 “다.(SELV 시스템의 설계조건)”의 ELV가 필요한 경우에는 다음과 같이 시설하여야 한다.

(1) 전기기기는 (2)항에 따라 시설하는 경우를 제외하고 다음과 같은 방법에 따라 직접접촉보호를 하여야 한다.

(가) 보호등급 IPXXB 이상의 격벽 또는 외함에 의한 보호

(나) 교류 500V(실효 값) 1분간의 내압시험에 견딜 수 있는 절연

(2) 보호접지와 등전위 접속에 의한 주 등전위 접속을 실시하고, PELV의 공칭전압이 다음 값을 초과하지 않는 경우에 직접접촉보호는 필요 없다.

(가) 기기가 통상 건조한 장소에서 사용되고 인체가 충전부와 광범위하게 접촉되지 않

을 것으로 예상되는 경우에는 교류 25V 또는 직류 60V

(나) 기타 경우에는 교류 6V 또는 직류 15V

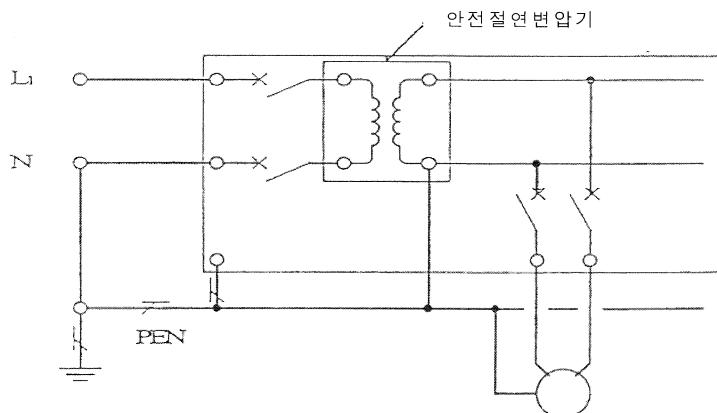


그림 5-4 PELV 시스템의 회로구성(예)

[2] FELV 시스템에 의한 보호

기능적인 이유에 따라 교류 50V, 직류 120V 이하의 전압을 사용하는 경우에서 SELV 또는 PELV에 관한 요구사항 모두가 적합지 않을 때, 또한 SELV 또는 PELV 필요하지 않을 때에는 가.(FELV회로의 직접접촉보호) 및 나.(FELV회로의 간접접촉보호)의 보조수단을 이용하여 직접접촉 및 간접접촉 양쪽을 보호하여야 한다.

1) FELV회로의 직접접촉보호

FELV회로는 다음 중 한 가지방법으로 직접접촉보호를 실시하여야 한다.

- (1) 2.②에 적합한 격벽 또는 외함에 의한 보호
- (2) 1차측회로에 요구되는 내압시험에 견디는 절연

2) FELV회로의 간접접촉보호

FELV회로는 다음 중 한 가지방법으로 간접접촉보호를 실시하여야 한다.

- (1) 1차측회로에 3.①(전원의 자동차단에 의한 보호)의 하나가 적용되는 경우에는 1차측회로의 보호도체에 FELV회로의 기기 노출 도전성부분을 접속하여야 한다.
- (2) 1차측회로에 3.⑤(전기적 분리에 의한 보호)의 전기적 분리에 따라 보호를 적용하는 경우에는 1차측회로의 등전위 접속 도체에 FELV회로의 기기 노출 도전성 부분을 접속하여야 한다.

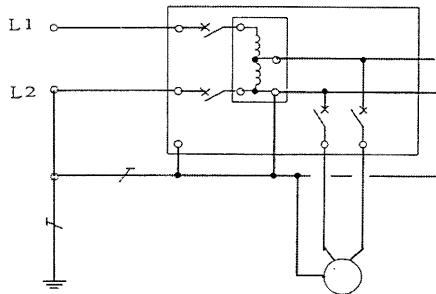
3) FELV회로의 플러그와 콘센트

FELV회로에 사용하는 플러그 및 콘센트는 다음의 조건에 적합한 것으로 한다.

- (1) 플러그는 다른 전압회로의 콘센트에 삽입할 수 없다.
- (2) 콘센트에는 다른 전압회로의 플러그가 삽입될 수 없다.

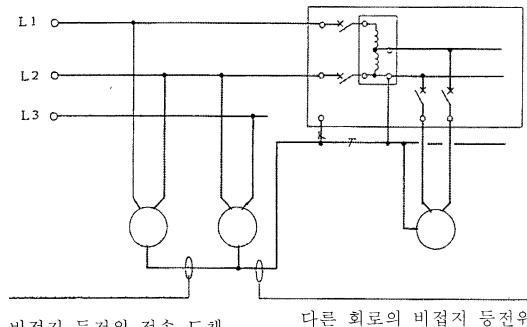
[해설]

교류 전압이 50V 이하의 회로에서 직접접촉 및 간접접촉 양쪽을 확실하게 하기 위해 적절한 보조수단을 조합하여 감전보호를 하는데 이 조합수단을 FELV라고 부른다. FELV 회로 전원은 나. 항 조건에서 단권변압기를 사용할 수 있다. 아래 그림은 FELV 시스템 회로구성의 예이다.



[비고] 변압기는 단권변압기로 전기적 분리는 하지 않는다.

그림 5-5 FELV 회로(예1)



[비고] 변압기는 단권변압기로 전기적 분리는 하지 않는다.

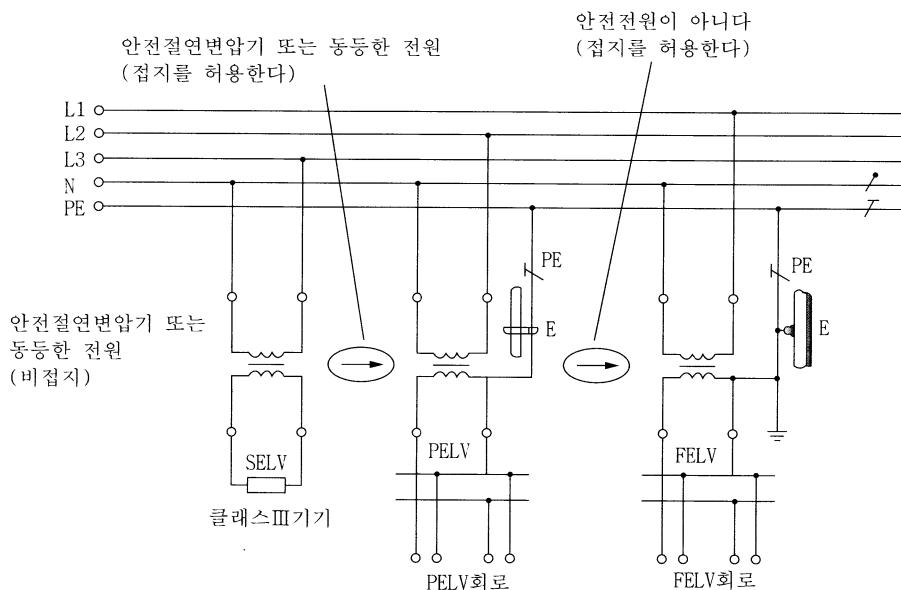
그림 5-6 FELV 회로(예2)

[3] SELV, PELV, FELV 비교와 개요

SELV, PELV, FELV에 대한 개요와 도식적 설명을 나타내면 표 5-2 및 그림 5-7과 같다.

표 5-2 SELV, PELV 및 FELV의 관계

기 호	전 원	회 로	접지와 보호도체와의 관계
SELV	1) 안전절연변압기 2) 동등한 전원	구조적 분리 있음	1) 비접지회로로 한다. 2) 노출도전성부분은 대지 및 보호도체와 접속되지 않는다.
PELV			1) 접지회로를 허용한다. 2) 노출도전성부분은 접지해도 된다.
FELV	안전전원이 아닌 것	구조적 분리 없음	1) 접지회로를 허용한다. 2) 노출도전성부분은 1차측 회로의 보호도체에 접속한다. 3) 보호도체가 있는 회로로 접속하는 것은 허용한다.



특별저전압을 위한 전압 제한 •교류 50[V] •직류 120[V]	E : 외부도체로의 접지 예를 들어 금속배관과 전물의 철근 PE : 보호도체 $\frac{1}{2}$ 접지극
--	---

그림 5-7 SELV, PELV와 FELV의 이미지 비교

5.1.4 직접접촉보호

직접접촉보호는 의식 또는 무의식적으로 충전부에 접촉되는 사고로부터 보호하기 위한 기술로서 충전부 절연, 격벽 또는 폐쇄함, 장애물, 암즈리츠 외측 설치, 누전차단기에 의한 추가 보호 등이 있다.

이러한 기술들은 어디까지나 보호수단의 하나일 뿐으로서 이들만을 가지고는 완전한 보호를 할 수 없다. 따라서 이러한 기술들은 간접접촉보호수단들과 함께 조합되어야만 완전한 보호 시스템을 이룰 수 있다.

1) 충전부 절연에 의한 보호

충전부 절연에 의한 보호는 충전부를 절연재료로 완전히 피복해야 하며, 이 피복은 파괴하여야만 제거할 수 있다.

2) 격벽 또는 폐쇄함에 의한 보호

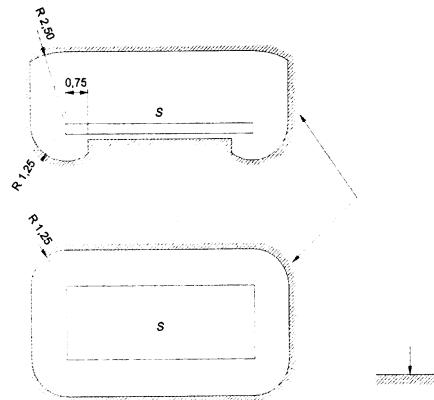
격벽 또는 폐쇄함에 의한 보호는 충전부를 보호등급 IPXXB 또는 IP2X 이상을 갖는 폐쇄함의 내부 또는 장벽의 후면에 설치하는 것을 말한다.

3) 장애물 설치

장애물은 열쇠 또는 공구를 사용하지 않고도 제거할 수 있겠지만 쉽게 철거되지 않도록 견고하게 고정하여야 한다. 장애물의 종류에는 난간, 금속망, 울타리, 보호프레임 등이 있다.

4) 손의 접근한계 외측시설에 의한 보호

암즈리츠는 그림 5-8와 같이 사람이 일상적으로 일어서서 움직일 수 있는 면의 임의의 점에서 보조기구 없이 임의의 방향에 대하여 맨손으로 직접 접촉할 수 있는 한계 범위를 말한다. 따라서 암즈리츠 외측설치라는 것은 기기를 암즈리츠 거리 이상의 지점에 설치하여 사람의 접촉을 방지하는 기술이다.



s = 사람이 차지할 것으로 예상되는 면
그림 5-8 손의 접근한계 범위

5) 누전차단기에 의한 추가보호

30mA의 고감도 누전차단기를 이용한 보호방식이며, 이 보호방식은 다른 방식과의 병용을 전제로 적용하는 보호방식으로 단독으로는 사용되어질 수 없는 보호방식이다. 만일 누전차단기 단독으로만 보호수단이 구축되면, 누전차단기가 고장 났을 경우 이를 보완할 대체 보호수단이 없으므로 “반드시 이중의 안전보호 수단을 구축하여야 한다.”는 IEC 60364의 기본 사상에 어긋나기 때문이다.

5.1.5 간접접촉보호

1) 보호체계

간접접촉보호란 전원 자동차단에 의한 보호, 클래스II 사용기기에 의한 보호, 비도전성 장소에 의한 보호 등이 있다.

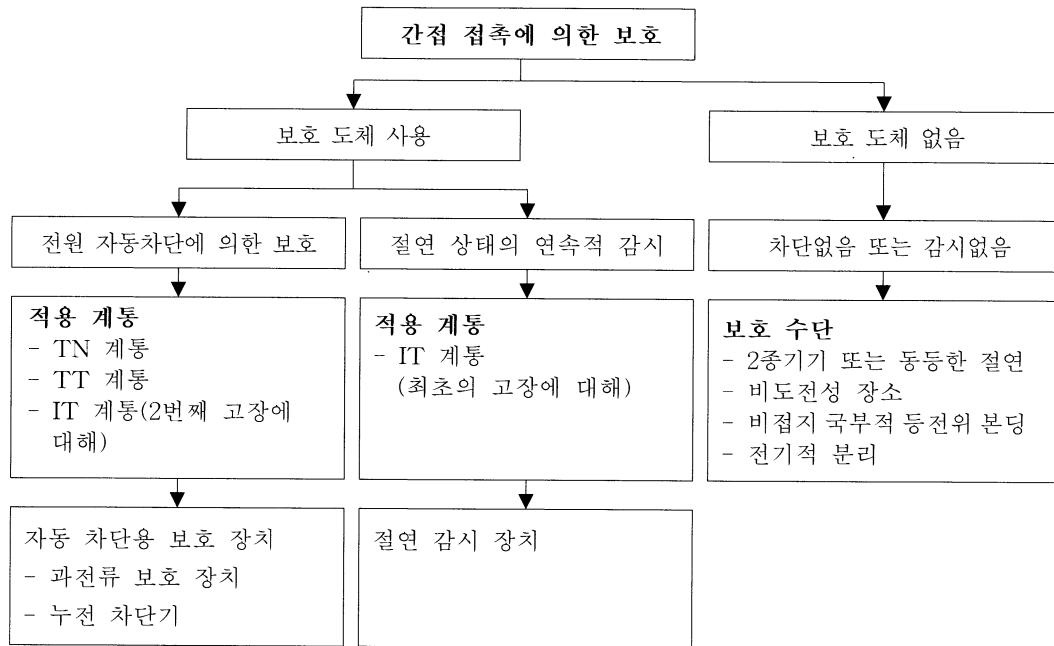


그림 5-9 간접접촉보호 개요도

2) 전원자동차단에 의한 보호

절연고장시 전원을 자동적으로 차단하는 목적은 그 때 발생하는 위험한 접촉전압을 제거하여 사람과 가축이 감전되는 것을 방지하는 것이다. 이 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 접지계통의 종류와 보호장치의 종류 및 특성과의 협조가 필요하다.

(1) 공통적 조건

① 보호접지

노출 도전성 부분은 각 접지 계통(TN, TT, IT)별로 정해진 조건에 따라 보호 도체에 접속해야 한다. 동시에 접근 가능한 노출 도전성 부분은 위와 같은 보호 도체에 개별, 그룹 또는 한꺼번에 접속해야 한다.

② 허용접촉전압의 한계값과 전원 차단

교류 50V(실효값) 또는 직류 120V(리플프리)를 초과하는 접촉전압이 생리학상 유해한 영향을 미치는 시간이 지속되지 않도록 전기회로 또는 전기기기의 충전부와 노출 도전성부분 또

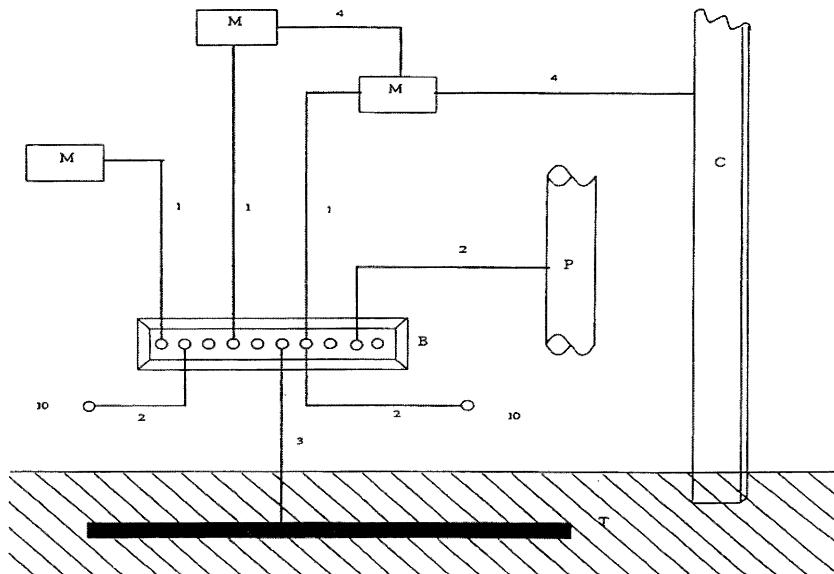
는 보호도체와의 사이에 교류 50V(실효값)를 초과하는 접촉전압이 발생할 경우는 그 전원을 자동적으로 차단하여야 한다.

그림 5-1은 인체 통과전류를 접촉전압으로 환산한 것이다. 이 경우 최대 허용접촉전압은 50V이다.

허용접촉전압의 한계값은 특별한 환경조건에서 위의 경우보다 낮은 값을 요구하는 경우가 있다. 전원자동차단에 의한 상세한 내용은 IEC 61200-413(감전의 자동차단에 의한 간접접촉 보호 수단의 설명서)을 참조한다.

(2) 감전보호용 등전위분당

각 건축물에서는 전원 인입구에서 주보호선, 주접지선 또는 주접지단자, 건물내의 배관류(가스, 수도관), 건물구조의 금속부분, 중앙난방설비와 공조설비의 도전성부분을 주 등전위분당 도체에 접속하여야 한다. **그림 5-10**는 감전보호를 위한 등전위분당의 구성을 나타내고 있다.



- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| 1 : 보호도체(PE) | B : 주 접지단자 |
| 2 : 주요 등전위 분당용 도체 | M : 전기 기기의 노출 도전성 부분 |
| 3 : 접지선 | C : 철골, 금속덕트 등의 계통외 도전성부분 |
| 4 : 보조 등전위 분당용 도체 | P : 수도관, 가스관 등 금속배관 |
| 10 : 기타 기기(예 : 정보통신시스템, 낙뢰보호시스템) | T : 접지극 |

그림 5-10 감전보호용 등전위분당 구성

① 감전보호용 등전위분당의 구성

감전보호용 등전위분당은 지락사고 등으로 발생된 위험한 전압으로부터 인체를 보호하기 위해, 사전에 기기의 노출도전성부분과 계통외 노출도전성부분 등을 전기적으로 접속하는 것

이다. 일반적으로 감전보호용 등전위본딩은 주 등전위본딩, 보조 등전위본딩으로 구분된다. 이들에 대한 각각의 목적과 역할은 다음과 같다.

② 주 등전위본딩

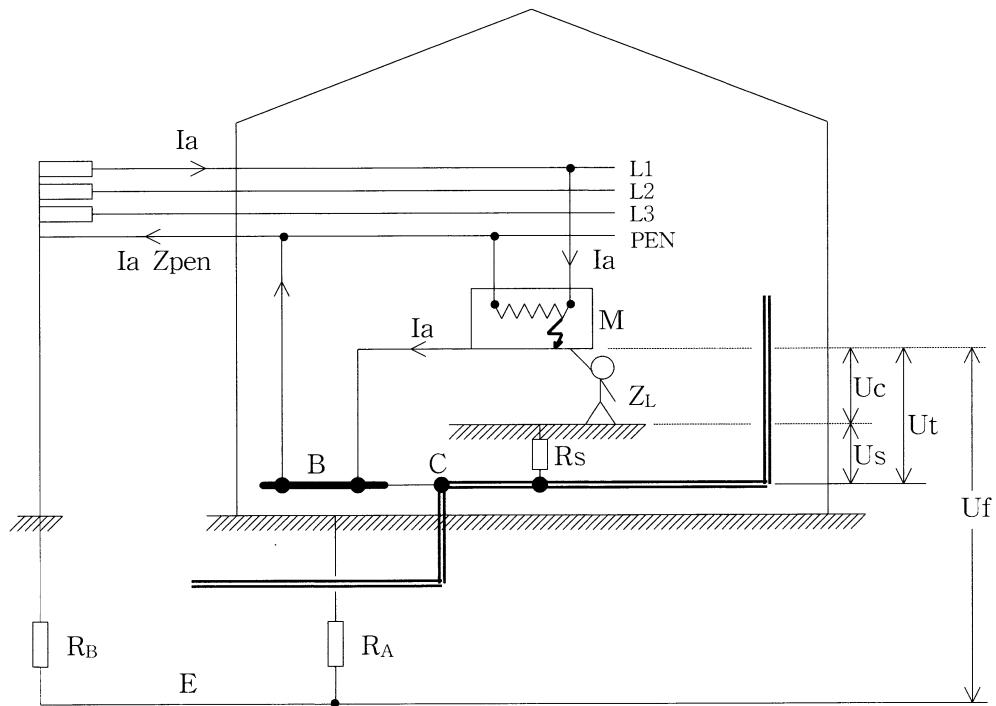
주 등전위본딩은 건물 내의 도전성부분이 거의 동일한 전위를 가지도록 보호도체, 접지선, 주접지단자, 외부에서 벌딩으로 인입하는 금속제 배관(가스관, 수도관 등), 건축물의 구성부재(철근, 철골), 금속제 공작물(덕트, 엘리베이터 레일 등), 공조설비 등을 서로 접속하는 것이다. 특히 건물로 인입하는 가스관이나 수도관 등을 건물 인입구에서 본딩하여야 하는데 그 이유는 외부에서 발생된 지락사고에 의해 해당 건축물에 위험한 접촉전압이 발생할 수 있기 때문이다. 그러나 최근에는 건물로 인입하는 각종 금속배관이 PVC로 대체됨에 따라 이러한 위험성을 줄어들고 있다. 건축물의 철근이나 철골도 가능한 한 등전위본딩과 접속해야 한다.

③ 보조 등전위본딩

주 등전위본딩의 보조 역할을 위하여 추가적으로 접속하는 국부적인 등전위 본딩을 말한다. 설비 또는 일부에서 자동차단조건이 만족되지 않는 경우 보조 등전위본딩을 실시하여야 한다. 그러나 보조 등전위본딩을 실시하였다고 해서 전원차단의 필요성이 배제되는 것은 아니다. 구체적으로 동시에 접근가능(암즈리츠 범위내)한 고정설비의 노출도전성부분, 계통외도전성부분, 콘크리트에 철근을 사용하고 있으면 그 주요철근 및 모든 기기와 콘센트의 보호도체를 접속하는 것을 말하며, 전형적으로 보조 등전위본딩은 목욕탕 또는 수영장, 농업원예용 시설 등과 같이 특수한 장소에 필수적으로 설치하여야 한다.

(3) TN 계통에서의 보호

TN 계통에서는 건물에 전력이 공급되는 경우의 개념도를 **그림 5-11**에 나타내었다. 노출도전성부분(M) 및 계통외도전성부분(C)은 주등전위본딩(B)에 접속되어 있고, 고장전류는 전원, 고장점까지의 상도체 및 고장점과 전원간의 보호도체(PEN)로 고장루프가 형성된다. 자동차단에 의한 간접접촉보호를 하는 경우에는 그 조건으로 교류 50[V]를 초과하는 접촉전압이 동시에 접근가능한 도전성부분에 발생하였을 때 규정시간 내에 전원을 차단하여야 한다고 규정하고 있다. 또한 주 등전위본딩을 실시한 상태에서 자동전원차단조건을 만족하지 않을 경우에는 보조 등전위본딩도 실시하여야 한다.



L1, L2, L3 : 상도체	PEN : PEN 도체
M : 노출 도전성 부분	Ia : 고장전류
RA : 설비의 노출 도전성 부분 접지 저항	RB : 전원 중성점 접지 저항
Uc : 접촉 전압	ZL : 인체 임피던스
Ut : 추정 접촉 전압	Us : Rs를 뛰어넘는 전압 강하
E : 대지(정의는 IEV 826-04-01)	Uf : 고장전압
Rs : 사람이 접촉하는 표면 또는 설비의 기준점 B(주요 등전위 본딩점)에 연결된 계통외 도전성 부분간의 저항(Rs는 사람이 이런 계통외 도전성 부분과 접촉 했을 때 0이 될 가능성이 있다)	
C : 보호 도체 및 주접지 단자와 연결된 계통외 도전성 부분	
B : 기준점(주요 등전위 본딩)	

그림 5-11 TN 계통의 감전보호

① 자동차단조건

설비내의 상도체와 보호도체 또는 노출도전성부분 사이에서 임피던스를 무시할 수 있는 정도의 고장이 발생한 경우(이 경우 추정접촉전압이 가장 높아진다) 정해지 시간 이내에 전원을 자동차단하도록 보호장치 특성과 도체의 단면적을 선정하여야 한다. 다음 조건식을 만족하는 경우에는 이 요구사항이 적합하다고 볼 수 있다.

$$Z_s \times I_a \leq U_0$$

여기에서, Z_s : 고장루프임피던스

I_a : 정해진 시간내에 보호장치를 자동차단하는 전류

U_0 : 공청대지전압(교류실효값)

② 고장루프 임피던스

고장루프는 전원, 고장점까지의 상도체 및 고장점과 전원간의 보호도체(PEN)로 고장루프가 형성된다. 고장루프 임피던스는 계통의 접지저항이 포함되지 않는 것에 주의하여야 한다.

③ 차단시간

(a) 일반회로의 최대차단시간은 표 5-3의 값을 적용한다.

표 5-3 TN 계통에서의 최대차단시간

$U_o(V)$	차단시간(초)
120	0.8
(220)	(-)
230	0.4
277	0.4
400	0.2
400 초과	0.1

[비고 1] IEC 60364-4-41의 표 41A

[비고 2] U_0 : 표준전압에 기초하는 공청대지전압(교류 심효값)

[비고 3] 이 표의 적용시 해당전로에 사용하는 운전전압을 기준으로 그 대지전압으로 바꾸어 읽는 것으로 한다.

(b) 거치형 기기에만 전기를 공급하는 분기회로에 대해 5초를 초과하지 않는 차단시간이 인정된다.

(c) 차단시간은 추정접촉전압 크기와 관계로 규정해야 한다. 그러나 추정접촉전압의 산정은 수많은 파라미터가 관계하므로 곤란하다. 따라서 각종 조사검토를 거쳐 실제적 방법으로 표 5-3과 같이 대지전압에 대하여 차단시간이 정해진다.

④ 보호장치의 종류

(a) 보호기는 TN-S 계통의 경우는 과전류 차단기 또는 누전차단기, TN-C 계통의 경우는 과전류 차단기를 사용할 수가 있다. 그리고 TN-C-S 계통에서 누전차단기를 사용할 경우는 보호 도체와 PEN 도체와의 접속은 누전 차단기의 전원측에 하여야 한다.

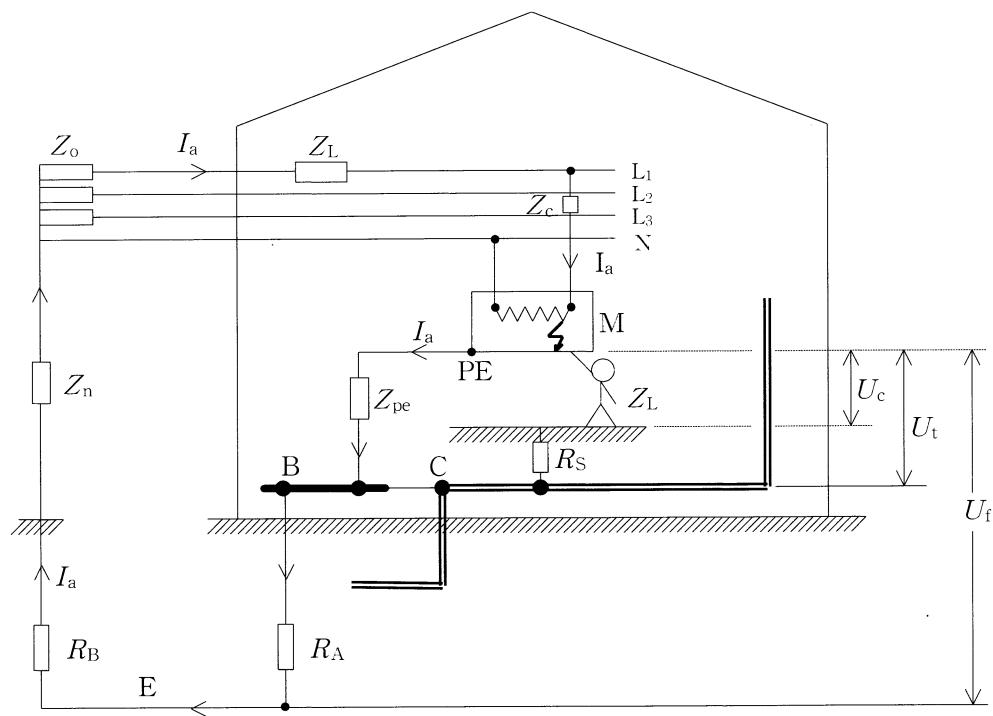
• TN-S 계통 : 과전류차단기 또는 누전차단기

• TN-C 계통 : 과전류차단기

(b) 과전류 차단기를 사용한 경우에 상기 "(1)" 및 "(3)"의 조건에 적합하지 않을 경우는 보조 등전위 본딩을 적용하든지 또는 누전 차단기를 사용하여 보호하여야 한다.

(4) TT 계통에서의 보호

TT계통에서는 건물 내의 노출도전성부분(M)과 계통외도전성부분(C)은 서로 연결되어 접지되어 있다. 고장전류는 상도체, 전기기기, 보호도체, 접지선 및 대지를 통하여 전원으로 귀환하는 고장루프가 형성된다. 규약접촉전압이 50[V] 이하가 되도록 R_A 를 선정할 수 있는 경우에는 전원의 자동차단에 의한 보호는 불필요하다. 그러나 50[V] 이상인 경우에는 자동차단에 의한 보호가 필요한데 일반적으로 누전차단기를 설치한다.



L_1, L_2, L_3	: 상전선	N	: 중성선
M	: 노출 도전부		
R_A	: 설비 노출 도전부 접지 저항(보호 접지 저항값)		
R_B	: Z_{pe} (기기 노출도전성 부분M과 기준점 B간의 보호도체 저항) + R_A (접지 기준점과 대지간 접지 저항)		
R_p	: 보호접지선 저항(M에서 B점까지)		
U_t	: 규약 접촉 전압 $U_t = U_f - (R_A \times I_a)$		
U_f	: 고장 전압	Z_L	: 인체 저항
R_s	: 계통외 도전성 부분(건물 금속 구조체 등)과 사람이 접촉하는 표면 간에 분개하는 절연물 등의 저항 또는 인체와 대지와의 접촉면에서 대지까지 저항		
B	: 등전위 접속 기준점	C	: 보호 도체와 주접지 단자에 접속하는 외부 도전부
PE	: 보호 접지선	T	: 건물 접지극
R_B	: 계통 접지 저항	U_c	: 접촉 전압
U_s	: R_s 전압 강화	I_a	: 누설 전류

그림 5-12 TT 계통의 감전보호

① 자동차단조건

TT 계통에서 고장이 발생한 경우에는 다음 조건식을 만족하여야 한다.

$$R_A \times I_a \leq 50V$$

여기에서, R_A : 접지극 접지 저항과 노출 도전성 부분을 접속하는 보호도체 저항의 합

I_a : 보호장치를 자동 차단하는 전류

(보호장치가 누전차단기인 경우는 정격감도전류)

이 조건을 만족하지 못하는 경우에는 보조 등전위본딩을 하여야 한다.

② 차단시간

보호 장치가 과전류 차단기인 경우, 상기 I_a 는 다음의 모든 조건을 만족하여야 한다.

(a) 반 한시 특성을 가진 경우 : 5초 이내에 자동 차단이 가능한 전류

(b) 순시 차단 특성을 가진 경우 : 순시 차단이 가능한 최소 전류

③ 보호장치의 종류

(a) 과전류차단기

TT계통에서의 보호장치로 **과전류차단기**를 사용하는 경우에는 R_A 값이 상당히 낮은 경우로 한정한다.

(b) 누전차단기

일반적으로 TT계통에서는 **누전차단기**가 이용되고 있다.

(5) IT 계통에서의 보호

① 자동 차단 조건

(a) 제1고장

IT 계통은 이른바 비접지 계통이다. 따라서 최초의 고장(제1고장) 발생시에는 일반 전원의 자동 차단이 필요 없다. 전원 자동 차단이 필요한 것은 제1고장이 지속되는 상태에서 제2의 고장이 발생한 경우 또는 동시에 2개의 고장이 발생해 동시에 접근 가능한 노출 도전성 부분에 접촉한 사람이 위험해질 우려가 있는 경우이다. IT 계통에서는 다음과 같은 전기적 조건을 만족할 필요가 있다.

$$R_A \times I_d \leq 50V$$

여기에서, R_A : 노출 도전성 부분의 접지극 저항 [Ω]

I_d : 1상의 도체와 노출 도전성 부분 간에 임피던스를 무시할 수 있는 제1고장이 발생했을 때의 고장전류(I_d 값은 전기설비의 누설전류 및 전체 접지 임피던스를 고려한다.)

(b) 절연감시장치

충전부에서 노출 도전성 부분 또는 대지로 제1고장이 발생한 경우에는 고장 발생을 나타내기 위해 음향 또는 시각신호를 내보내는 기능을 갖춘 절연 감시장치를 설치한다. 또한 제1고장은 가능한 한 최소 시간으로 해결하는 것이 바람직하다.

(c) 제2고장

제1고장 발생 후(고장지속) 제2고장이 발생한 경우의 전원 차단 조건은 노출 도전성 부분의 접지 조건에 따라 다음과 같이 적용한다.

i) 노출 도전성 부분이 그룹별 또는 개별적으로 접지되어 있는 경우, 보호조건은 TT 계통으로 취급한다(TT 계통의 보호를 적용한다).

ii) 노출 도전성 부분이 보호 도체의 일괄접지에 의해 상호 접속되어 있는 경우, 보호조건은 TN 계통으로 취급한다. 다만, 조건식은 다음과 같다.

$$\textcircled{a} \text{ 중성선이 없는 경우 : } Z_s \leq \frac{\sqrt{3} \times U_o}{2I_a}$$

$$\textcircled{b} \text{ 중성선이 있는 경우 : } Z_{s'} \leq \frac{U_o}{2I_a}$$

여기에서, U_o : 상도체와 중성선 사이의 공칭 전압(교류 실효값)

Z_s : 회로의 상도체와 보호 도체로 이루어지는 고장루프 임피던스

$Z_{s'}$: 회로의 중성선과 보호 도체로 이루어지는 고장루프 임피던스

I_a : 표 B4-4의 규정시간 내에 동작하는 보호 장치의 동작 전류

② 차단시간

(a) IT 계통에서 제2고장이 발생한 경우의 최대 차단시간은 **표 5-4**에 의한다. 다만, 이것은 제2고장 발생시 TN 계통으로 취급하는 경우에 적용한다.

표 5-4 IT 계통의 최대차단시간(제2고장시)

설비의 공칭전압 * U_o / U [V]	차단시간 (s)	
	중성선이 없는 경우	중성선이 있는 경우
120~240 (220/380)	0.8 (-)	5 (-)
230/400	0.4	0.8
400/690	0.2	0.4
580/1,000	0.1	0.2

[비고 1] IEC 60364의 표41B

[비고 2] IEC 60038에 제시한 허용범위 내의 전압에 대해서는 그 공칭 전압에 따른 차단시간을 적용한다.

[비고 3] 전압이 중간값인 경우에는 표에서 바로 위의 값을 사용한다.

[비고 4] 본 표 적용시 공칭전압을 해당 전로에 사용하는 사용전압으로 바꾸어 읽는 것으로 한다.

[비고 5] ()안은 현재 국내에서 사용하는 전압으로 장래에 IEC 60038 표의 전압으로 사용하기를 권장한다.

* U_o : 대지전압(상전압) U : 선간전압

(b) TT 계통으로 취급하는 경우의 최대 차단 시간은 “TT계통에서의 보호”에 따른다.

③ 보호 장치의 종류

IT 계통에서의 보호 장치로 다음 사용을 인정하고 있다. 그러나 과전류 차단기 또는 누전차단기를 적용 시에는 TN 계통 및 TT 계통을 참조한다.

- (a) 절연감시장치
- (b) 과전류차단기
- (c) 누전차단기

(6) 보조 등전위본딩

- (a) 동시에 접근 가능한 고정기기의 노출 도전성 부분과 계통외 도전성 부분(가능하다면, 철근콘크리트조의 주 철근도 포함)은 모두 보조 등전위 본딩을 실시하여야 한다. 등전위 본딩은 콘센트를 포함하여 모든 기기의 보호 도체에 접속해야 한다.
- (b) 보조 등전위 본딩의 유효성이 의심되는 경우에는 동시에 접촉 가능한 노출 도전성 부분과 계통외 도전성 부분 사이의 저항 R 이 다음 조건을 만족하는지 확인해야 한다.

$$R \leq \frac{50}{I_a}$$

여기에서, I_a : 보호장치의 동작전류

누전 차단기의 경우 $I_{\Delta n}$ (정격 감도 전류)

과전류 보호장치의 경우 5초 이내에 동작시킨 전류

3) 클래스 II 기기(동등한 절연 포함) 사용에 따른 보호

이 방법은 기초절연 고장으로 노출도전성부분에 위험한 전압이 발생하는 것을 방지할 목적으로 전기기기를 클래스II기기 또는 이와 동등한 성능으로 만들도록 간접접촉보호를 하는 것이다.

여기에서 클래스II기기란 IEC 60536(감전보호에 관한 전기, 전자기기의 분류) 정의에 적합한 기기이다. IEC 60536에서는 절연레벨 및 접지와의 관계에 따라 기기를 분류하며 클래스0 기기, 클래스 I 기기, 클래스II 기기, 클래스III 기기가 있다.

4) 비도전성장소의 공사에 의한 보호

충전부의 기본절연 고장으로 인해 서로 다른 전위가 발생할 우려가 있는 부분에 대한 동시 접촉을 방지하는 것을 목적으로 하는 보호방식이다.

이 방식은 비도전성장소를 기본으로 하며 보호도체는 시설하지 않고, ① 두 개의 노출도전부 ② 하나의 노출 도전부과 계통외 도전부는 사람이 동시에 접촉하지 않도록 배치하는 조건이 랍이된다.

비도전성장소의 절연성바닥 및 벽의 저항은 설비의 공칭전압이 500V 이하인 경우에는 $50k\Omega$, 500V 초과인 경우에는 $100k\Omega$ 이상이어야 한다.

5) 비접지 국부적 등전위본딩에 의한 보호

위험한 접촉전압의 발생을 방지할 목적으로 노출도전성부분, 계통외 도전성부분 및 대지와

관련되어 발생하는 위험한 접촉전압을 방지하여 간접접촉보호를 실시하는 것이다.

간접접촉보호의 조건으로는 동시접근이 가능한 모든 노출도전성부분 및 계통외 도전성부분을 본딩하는 것이다. 비접지 국부 등전위접속계통은 노출도전부 또는 계통외 도전부를 통하여 대지에 직접 전기적으로 접촉해서는 안 된다.

6) 전기적 분리에 의한 보호

개별회로를 전기적으로 분리함으로서 회로의 기본절연 고장으로 인해 노출도전성부가 충전되고 거기에 접촉함으로써 감전전류가 흐르는 것을 방지하는 것을 목적으로 한다. 따라서 회로는 분리전원, 즉 절연변압기 또는 이와 동등한 안전등급의 전원에서 공급되어야 하며, 회로의 충전부는 다른 회로 또는 대지로 접속되지 않아야 한다.

5.2 열 영향에 따른 보호

5.2.1 일반사항

전기기기로부터 발생하는 열 또는 열방사에 따른 유해한 영향, 특히 다음과 같은 영향으로부터 전기기기에 인접한 인체, 고정기기 및 고정된 물질을 보호하여야 한다.

- ① 재료의 연소 또는 분해
- ② 화상의 위험
- ③ 설치된 기기의 안전기능 손상

5.2.2 화재에 대한 보호

- 1) 전기기기는 인접한 물질에 화재원인을 제공해서는 안 된다.
- 2) 고정식 기기의 표면온도가 인접 물질에 화재위험을 초래할 수 있을 정도의 표면온도에 도달할 우려가 있는 경우 해당 기기는 다음과 같아야 한다.
 - (1) 최대 표면온도에 견디고 열전도율이 낮은 물질의 상부 또는 내부에 설치되어야 한다.
 - (2) 최대 표면온도에 견디고 열전도율이 낮은 물질을 사용하여 건축구조물의 부재로부터 차폐시켜야 한다.
 - (3) 최대 표면온도가 유해한 열적 영향을 미칠 수 있는 모든 물질로부터 충분히 거리를 유지하여 열이 안전하게 소실되도록 설치함과 동시에 열전도율이 수단을 사용해야 한다.
- 3) 통상 운전 시 영구적으로 접속된 기기에서 아크 또는 스파크가 발생할 우려가 있는 경우 해당 기기에 다음 중 한 가지 조치를 취한다.
 - (1) 내 아크 재료로 기기 전체를 봉함한다.
 - (2) 건축부재가 아크의 영향을 받지 않도록 내아크 재료로 보호
 - (3) 아크의 유해한 열적 영향을 받을 수 있는 건축부재와 충분한 거리를 유지하여 아크가 안전하게 소실되도록 기기를 설치한다.

이 보호수단에 이용하는 내아크 재료는 불연성이고 열전도율이 낮으며 충분한 기계적 강도를 갖는 두꺼운 것이어야 한다.

4) 통상 조건에서 열의 발생이나 집중을 야기하는 고정식 기기는 주변에 그로 인한 영향을 미치지 않도록 물체나 건축부재와 충분한 거리를 유지해야 한다.

5) 단일 장소의 전기기기에 상당량의 가연성 액체가 함유되어 있는 경우에는 액체의 연소 또는 그 연소산물(재, 연기, 유독가스)이 건물의 다른 구역으로 퍼지는 것을 막는 예방조치를 취해야 한다.

[비고1] 이를 위한 예방조치에는 다음과 같은 방법들이 있다:

- ① 누설된 액체를 모아서 화재 시 소화를 확실히 할 수 있는 배수피트를 설치한다.
- ② 기기를 적절한 내화성이 있는 챕버에 설치하고 연소하는 액체가 건물의 다른 구역으로 확산하는 것을 방지하기 위한 제방 및 기타의 조치를 챕버에 적용한다.
또한 이 챕버는 외기로만 환기되어야 한다.

[비고2] 일반적으로 인정되는 상당량이란 25ℓ 이상을 말한다.

[비고3] 25ℓ보다 양이 적은 경우는 액체 누설 방지조치 만으로 충분하다.

[비고4] 화재 발생시에는 전원을 차단하는 것이 바람직하다.

6) 시공 중 전기기기 주위에 설치하는 외함 재료는 해당 기기의 최대 표면온도를 견뎌야 한다. 이 외함 재료로서 가연성 재료는 부적합하다. 다만, 열전도율이 낮고 불연성 또는 난연성 재료로 피복하는 등 발화에 대한 예방조치를 시행한 경우는 예외이다.

5.2.3 화상에 대한 보호

팔의 도달범위(arm's reach) 내에 있고, 접촉 가능성이 있는 전기기기의 부품류는 인체에 화상을 일으킬 우려가 있는 온도에 도달해서는 안 되며, [표 42A]에 제시된 제한값을 준수해야 한다. 설비의 통상 동작 시 단시간이라도 표42A에 제시된 제한 온도를 초과하는 부분은 어떠한 우발적 접촉도 발생하지 않도록 보호장치를 적용하여야 한다. 다만 관련 기기의 형식에 대하여는 IEC 규격을 준수한 경우에는 [표 42A]의 값을 적용하지 않는다.

표 5-5 접촉범위 내에 있는 기기에 접촉 가능성이 있는 부분에 대한 온도제한

접촉할 가능성이 있는 부분	접촉할 가능성이 있는 표면의 재료	최고표면온도 (°C)
손으로 잡고 조작시키는 것	금속	55
	비금속	65
손으로 잡지 않지만 접촉하는 부분	금속	70
	비금속	80
통상 조작 시 접촉할 필요가 없는 부분	금속	80
	비금속	90

5.2.4 과열에 대한 보호

1) 팬(Fan) 식의 난방시스템

(1) 축열 히터를 제외한 강제 난방기(air-heating)에서 열소자(heat element)는 풍량이 규정 값에 도달할 때까지는 동작되지 않도록 하며, 또 강제통풍이 정지한 때에 동작되지 않도록 팬식 난방 시스템을 설치해야 한다. 또한 2개의 온도제어장치를 개별적으로 설치하고 이 장치가 에어덕트 내의 혼용온도를 초과하지 않도록 한다.

(2) 열소자의 프레임과 용기는 불연성 재료로 구성된 것이어야 한다.

2) 온수기 또는 증기발생기

온수 또는 증기를 발생시키는 장치는 어떠한 운전상태에서도 과열보호 되도록 설계 또는 시공을 해야 한다. 관련된 IEC 규격 모두에 적합한 장치는 제외하고, 보호 장치는 기능적으로 독립된 자동온도조절장치로부터 독립적 기능을 하는 비자동 복귀형 장치이어야 한다. 장치에 개방입구가 없는 경우에는 수압을 제한하는 장치를 설치해야 한다.

5.3 과전류에 대한 보호

5.3.1 일반사항

전선의 과부하보호 및 단락보호는 하나 이상의 자동 차단기로 한다.

[비고1] 충전용 전선이 5.3.3에 의해 과부하 보호되는 경우 과부하 전류와 동일한 정도의 과전류가 생기는 지락에 대해서도 보호되는 것으로 본다.

[비고2] 적용 조건에 대해서는 IEC 60364-472를 참조

[비고3] 본 장(章)에 전선보호가 반드시 그 전선에 접속된 기기를 보호한다고 한정할 수 없다.

5.3.2 보호장치의 종류

1) 과부하전류 및 단락전류 모두 보호하는 기구(IEC 60364-4-43의 432.1)

과부하 및 단락보호는 그 시설지점에서 추정 단락전류 이상의 과전류를 차단할 수 있는 능력이 있어야 한다. 그 보호기는 다음과 같다.

- ① 과부하 차단기능을 삽입한 차단기
- ② 퓨즈와 조합한 회로 차단기
- ③ g I 형 퓨즈 또는 g II 형 퓨즈리그를 가진 퓨즈

2) 과부하만 보호할 수 있는 기구(IEC 60364-4-43의 432.2)

이것은 일반적으로 반한시형 보호기로서 그 차단 용량은 보호기의 설치점에서 추정 단락 전류보다 줄일 수 있다.

3) 단락만 보호할 수 있는 기구((IEC 60364-4-43의 432.3))

이 기구는 다른 방법으로 과부하 보호를 하는 경우 또는 제47장에서 과부하 보호 생략이 인정되는 경우에 시설해도 된다. 이 보호기는 추정 단락 전류 이하의 단락전류를 차단할

수 있는 것으로 규정한다. 이 경우 IEC 60364-434 요구사항에 적합한 것으로 한다. 이 보호기에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 단락 차단기능을 가진 회로 차단기(IEC 60157-1)
- ② 퓨즈(IEC 60269-1, IEC 60269-2, IEC 60269-3)

5.3.3 과부하에 대한 보호

일반적으로 회로전선에 과부하 전류가 흘러 전선의 절연부, 접속부, 단자부 또는 주위에 유해한 온도 상승이 일어나기 전에 과부하 전류를 차단하는 보호기를 시설하도록 규정하고 있다.

1) 과부하 보호조건

과전류 보호는 차단기에 의해 배선 · 전기기기 보호를 하는 것이다. IEC 60364 제43장 과전류 보호에서 과부하보호와 단락 보호로 구분해 규정하고 있다. IEC 60364에서 도체를 과부하 보호하기 위한 과전류 차단기의 적용조건은 다음과 같다.

- ① 과전류 차단기의 정격전류 또는 설정값 I_N 은 회로 설계전류 I_B 이상이어야 한다.
- ② 과전류 차단기의 정격전류 또는 설정값 I_N 은 사용하는 전선의 연속허용전류 I_Z 를 초과하지 않아야 한다.
- ③ 과전류 차단기의 동작전류 I_2 는 I_Z 의 1.45배를 초과하지 않아야 한다.

이 조건을 만족하면 도체의 단시간 온도가 160 °C를 초과하지 않는 사실을 확인할 수 있다. 상기 조건을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (\text{nominal current rule})$$
$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_Z \quad (\text{tripping current rule})$$

여기에서, I_B : 회로의 설계전류(추정전류)

I_N : 보호기(과전류 차단기)의 정격전류(rated current)

조정이 가능한 경우는 선택된 설정값이다.

I_Z : 전선의 연속 허용 전류

I_2 : 보호기가 규약시간 이내에 유효하게 동작하는 것을 보증하는 전류(최대동작전류). 실제로 I_2 는 보호기가 규정시간 내에 동작하는 전류로 한다.

이러한 관계를 그림으로 나타내면 다음 **그림 5-13**과 같다.

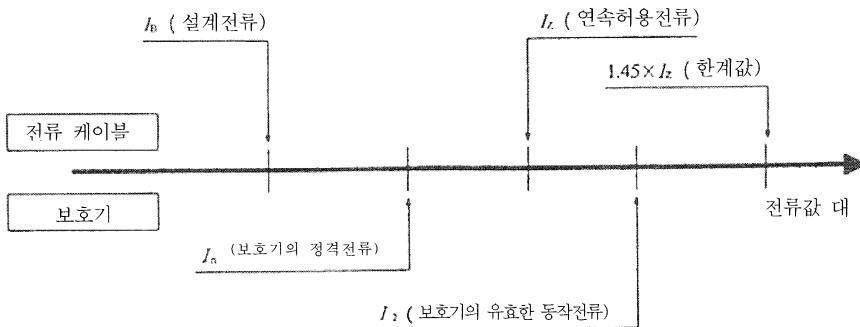


그림 5-13 보호기의 조건(전선과 보호기의 협조)

5.3.4 단락에 대한 보호

1) 단락 보호기의 설치

일반적으로 보호기는 전선 및 접속부에 위험한 열적, 기계적 영향이 생기기 전에 회로 전선에 흐르는 어떠한 단락 전류도 차단하도록 설치해야 한다.

2) 단락 보호기의 조건

단락 보호기는 다음 2가지 조건에 적합해야 한다.

(1) 단락 보호기의 정격 차단 전류

단락 보호기의 정격 차단 전류는 그 설치 지점의 추정 단락 전류 이상일 것. 다만, 전원측에 시설된 다른 보호기가 필요한 정격 차단 전류 값을 갖고 있는 경우에는 적용하지 않는다. 이 경우 2개의 보호기를 통과하는 에너지가 부하측 보호기 및 보호 전선이 손상을 받지 않고 견딜 수 있는 에너지를 초과하지 않도록 양쪽 보호기 특성의 협조를 꾀하는 것이 중요하다.

(2) 단락고장시 도체의 온도상승과 차단시간

단락 보호기는 회로의 어떠한 점에서 발생하는 단락 전류라도 그 전선의 단시간 허용 온도를 초과하기 전에 차단할 수 있어야 한다. 지속 시간이 5초 이하인 단락의 경우 일반 사용 상태에서 전선의 최고 허용 온도로부터 단락전류에 의해 전선의 단시간 허용 온도에 도달할 때까지의 시간 t는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$\sqrt{t} = k \times \frac{S}{I_S}$$

여기에서, t : 지속시간[s], S : 전선의 단면적[㎟], Is : 단락 전류 실효값[A]

k : 도체 재료의 저항률(온도 계수 및 열용량 그리고 해당 초기 온도 및 최종 온도를 고려한 계수. 일반적으로 이용되는 도체 및 절연 재료에 대해 상 도체에 대한 k 값을 표 5-6에 나타낸다.)

표 5-6 상 도체에 대한 k 값

구 분	도체 절연					
	PVC		EPR XLPE	고무 60°C	무기 재료 ^(주)	
	$\leq 300\text{mm}^2$	$>300\text{mm}^2$			PVC 피복재료	노출
초기 온도 °C	70	70	90	60	70	105
최종 온도 °C	160	140	250	200	160	250
도체 재료	동	115	103	143	141	115
	알루미늄	76	68	94	93	—

(주) 사람이 접촉할 우려가 있는 노출 케이블(무기 절연)은 이 값을 사용하지 않는다.

[비고1] 전류의 비대칭분(직류분)이 중요시 되는 단시간(0.1초미만)의 경우나 한류 차단기의 경우에 k^2S^2 는 보호기의 제조업자가 제시하는 통과에너지(I^2t) 값보다 커야 한다.

[비고2] 이외의 다음 k 값은 검토 중에 있다.

- ① 가는 전선(특히 단면적 10 mm^2 미만)
- ② 5초를 초과하는 단락 지속 시간
- ③ 다른 종류의 전선 접속
- ④ 충전용 전선
- ⑤ MI 케이블

[비고3] 단락 보호기의 정격 전류는 케이블 · 전선의 허용전류보다 커야 한다.

5.3.5 과부하 및 단락보호 협조

1) 1개의 기구에 의한 보호(IEC 60364-4-43의 435-1)

이 규정은 과부하 보호기로서 IEC 60364-4-43의 “433. 과부하 보호”로 규정하는 조건을 만족하며 설치점의 추정 단락 전류 차단이 가능한 것을 사용하는 경우는 부하측 전선에 대해 단락 보호되는 것으로 보고 단락 보호기와 공용이 가능한 것을 나타낸다. 단, 단락보호 유효성에 대해서는 어디까지나 IEC 60364-4-43의 “434.3 단락 보호기의 특성”에서의 확인이 필요하다. 또한 인용하는 다른 규격의 개요는 다음과 같다.

(1) 과부하 보호(IEC 60364-4-43의 433)

회로의 과부하 전류에 대해 전선 절연, 회로의 온도상승 허용값과의 협조를 구한 과부하 보호기를 시설해야 하도록 규정하며 그 구체적인 협조 조건식을 나타낸다.

(2) 단락 보호기의 특성(IEC 60364-4-43의 434.3)

다음 2개 조건에 적합한 내용을 규정한다.

- ① 단락 보호기의 차단용량 \geq 설치점 추정 단락 전류일 것(전원측에 설치된 것이 이를 만족하는 경우는 제외한다. 단 해당회로 통과에너지와의 협조를 구할 것).
- ② 단락 발생시 회로로 사용하는 전선의 허용 제한 온도를 초과하지 않도록 전류를 차단 할 것(5초 이하에서의 단락으로 전선이 제한 온도에 이르는 시간의 계산식을 나타낸다).