

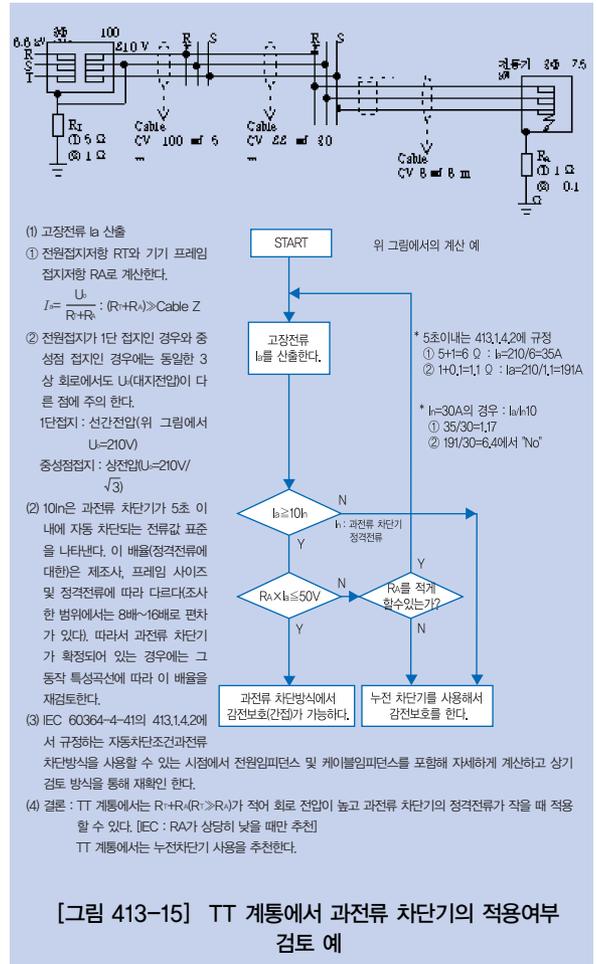
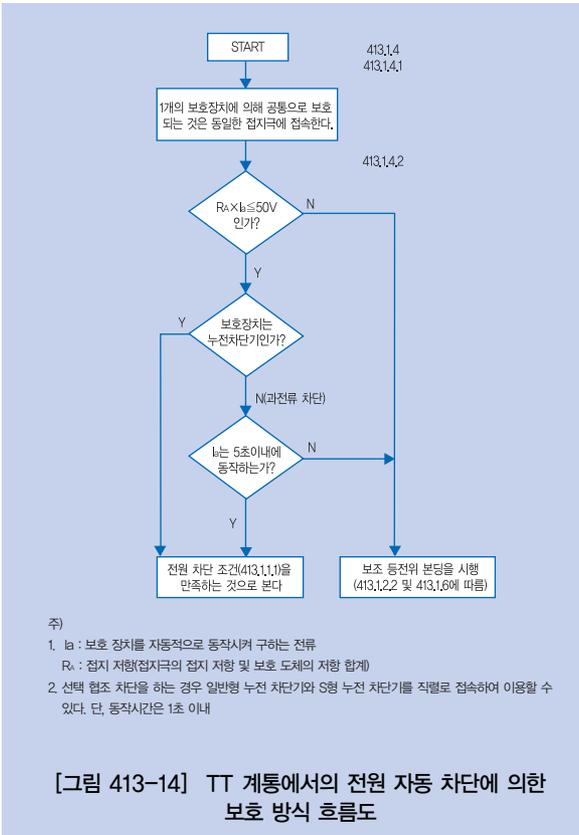
International Electrotechnical Commission IEC 60364(건축전기설비)

IEC는 International Electrotechnical Commission(국제전기표준회의)의 약자로 전기 관계의 국제 표준화를 목적으로 설립된 국제단체로서 각국을 대표하는 표준화 기관으로 구성되어 있다. IEC의 소재지는 제네바 비정부 기구이며 스위스 민법 제60조에 따른 사단법인이다.

해설 _ 한찬호 기술사 / (주)천일E&C

1. 검토순서

TT 계통에서의 전원 자동 차단에 의한 보호 방식 검토 순서 흐름도는 그림 413-14 및 그림413-15와 같다.



(5) IT 계통에서의 보호(IEC 60364-4-41의 413.1.5)

① 자동 차단 조건

(ㄱ) IT 계통은 이른바 비접지 계통이다. 따라서 최초의 고장(이하 “제1고장”이라 함) 발생 시에는 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.)

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

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

i) 노출 도전성 부분이 그룹별 또는 개별적으로 접지되어 있는 경우, 보호조건은 TT계통으로 취급한다(IEC 60364-4-41의 413.1.4 TT 계통의 보호를 적용한다).

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

(a) 중성선이 없는 경우 : $Z_S \leq \frac{\sqrt{3} \times U_0}{2I_a}$

(b) 중성선이 있는 경우 : $Z_S \leq \frac{U_0}{2I_a}$

여기에서,

U_0 : 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 413-6의 규정시간 내에 동작하는 보호 장치의 동작 전류

② 차단시간

(ㄱ) IT 계통에서 제2고장이 발생한 경우의 최대 차단 시간은 표 413-6에 의한다. 다만, 이것은 제2고장 발생시 TN 계통으로 취급하는 경우에 적용한다.

[표 413-6] IT 계통의 최대차단시간(제2고장시)
(IEC 60464의 표41B)

설비의 공칭전압 * U_0/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
580/1000	0.1	0.2

(비고) 1. IEC 60038에 제시한 허용범위 내의 전압에 대해서는 그 공칭전압에 따른 차단시간을 적용한다.

2. 전압이 중간값인 경우에는 표에서 바로 위의 값을 사용한다.

3. 본 표 적용시 공칭전압을 해당 전로에 사용하는 사용전압으로 바꾸어 읽는 것으로 한다.

4. ()안은 현재 국내에서 사용하는 전압으로 장래에 IEC 60038 표의 전압으로 사용하기를 권장한다.

* U_0 : 대지전압(상전압) U : 선간전압

(ㄴ) TT 계통으로 취급하는 경우의 최대 차단 시간은 IEC 60364-4-41의 413.1.4를 적용한다.

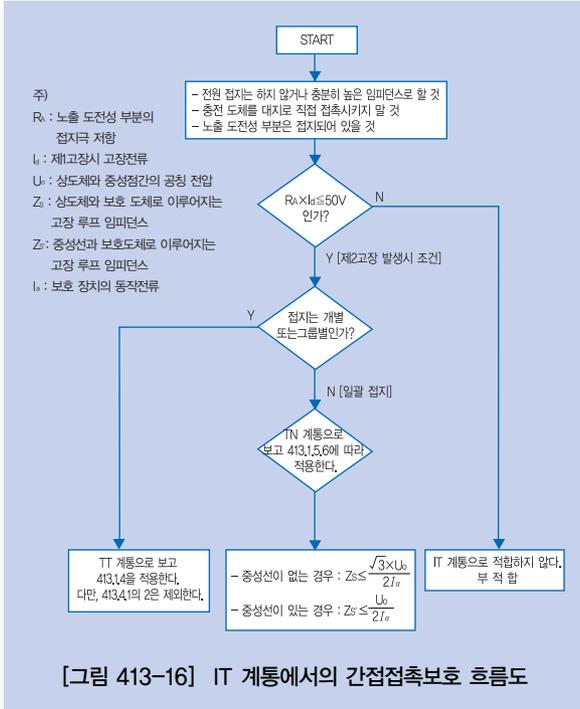
③ 보호 장치의 종류

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

- (ㄱ) 절연감시장치
- (ㄴ) 과전류차단기
- (ㄷ) 누전차단기

④ 검토 순서

IT 계통의 검토순서 흐름도를 그림 413-16에 나타낸다.



(6) 보조 등전위 본딩(IEC 60364-4-41의 413.1.6)

- ① 동시에 접근 가능한 고정기기의 노출 도전성 부분과 계통의 도전성 부분(가능하다면, 철근 콘크리트조의 주 철근도 포함)은 모두 보조 등전위 본딩을 실시하여야 한다. 등전위 본딩은 콘센트를 포함하여 모든 기기의 보호 도체에 접속해야 한다.
- ② 보조 등전위 본딩의 유효성이 의심되는 경우에는 동시에 접촉 가능한 노출 도전성 부분과 계통의 도전성 부분 사이의 저항 R이 다음 조건을 만족하는지 확인해야 한다.

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

여기에서, I_a : 보호장치의 동작전류
 누전 차단기의 경우 I_{An} (정격 감도 전류)
 과전류 보호장치의 경우 5초 이내에 동작시킨 전류

1) 2종기기의 사용 또는 이와 동등한 절연에 의한 보호 (IEC 60364-4-41의 413.2)

(1) 보호 개념

- ① 이 보호방식은 기초절연의 고장에 의해 전기기기의 접근이 가능한 부분에 위험한 전압이 발생하는 것을 방지할 목적으로 한다.
- ② 이중절연 또는 강화절연을 실시한 전기기기를 사용함에 따라 전기회로 등에 고장이 발생하여도 감전보호를 할 수 있는 방식이다.
- ③ 또한 기초절연만의 전기기기에 대해서 전기설비의 시공 공정에서 2종기기를 사용하는 경우 등과 동등의 안전성을 갖도록 감전보호 대책을 실시하는 방식 등이 있다

(2) 2종기기

2종기기란 IEC 60536(감전 보호에 관한 전기, 전자기기 분류) 정의에 적합한 기기이다. IEC 60536에서는 절연 레벨 및 접지와와의 관계에 따라 기기를 분류하며 0종기기, 1종기기, 2종기기, 3종기기가 있다. 각 종의 개요는 다음과 같다.

① 0급기기

기초 절연이 이루어져 있지만 노출 도전성 부분을 설비 등 보호 도체에 접속하는 수단이 없는 기기

② I 급기기

기초 절연이 이루어져 있으며 노출 도전성 부분을 설비 등 보호 도체에 접속하는 기기

③ II 급기기

기능(기초) 절연과 보호 절연으로 구성되는 이중 절연 구조 또는 이와 동등한 레벨의 절연이 기기 전체에 걸쳐 이루어져 있는 기기

④ III 급기기

특별 저압(SELV)으로 공급되며 내부에서 SELV를 초과하는 전압이 발생하지 않는 기기

[표 413-7] 간접 접촉에 대한 보호용 보호 수단의 요소 구분

구분	기기에서	설비에서
0종기기	기초절연	비 도전성 장소
1종기기	기초절연	보호 본딩 보호 도체
2종기기	기초절연	
	강화절연	
3종기기		SELV

(3) 보호 수단

보호 수단 요소를 표 413-7에 나타낸다.



(4) 간접 접촉 보호조건

- ① 2중기기 또는 중합 절연이 있는 전기 기기의 공장 조립품을 사용할 것. 이 전기 기기에는(관련규격에 대한)형식 시험 및 표시가 필요하다.
- ② 기초 절연만 이루어진 기기에는 시공 과정에서 보조 절연이 추가되어 있을 것. 보조 절연은 ①의 전기 기기와 동등한 안전 등급으로 ③~⑥에 적합할 것
- ③ 비 절연 충전부에는 시공 과정에서 강화 절연이 이루어져 있을 것. 강화 절연은 ①의 전기 기기와 동등한 안전 등급이 있으며 ⑤, ⑥에 적합할 것. 이 절연은 구조상 이중 절연이 불가능 한 경우로 한정한다
- ④ 운전용 준비가 이루어져 있는 전기 기기로 기초 절연에만 의존해 충전부에서 모든 도전부가 분리되어 있는 것은 보호 등급 IP2X의 절연 폐쇄함에 수납되어 있을 것
- ⑤ 절연 폐쇄함은 열적, 기계적 스트레스에 견딜 수 있을 것
- ⑥ 전위를 전달하는 도전성 부품이 절연 폐쇄함을 관통하지 않을 것
- ⑦ 공구 또는 열쇠를 사용하지 않고 열 수 있는 절연 폐쇄함의 접근이 가능한 도전성 부분은 보호 등급 IP2X 이상의 절연 격벽 뒤쪽에 있을 것
- ⑧ 절연 폐쇄함으로 둘러싸인 도전성 부분은 보호 도체에 접촉하지 말 것

2) 비 도전성 장소에 의한 보호(IEC 60364-4-41의 413.3)

(1) 보호 개념

이 방법은 충전부의 기초절연 고장에 따라 다른 전위가 발생하는 부분으로서의 동시 접촉을 방지 할 목적으로 이루어져 있다. 또한 다른 전위를 일으키는 부분에 동시 접촉하는 것을 방지해 간접 접촉 보호를 하는 것이다.

(2) 간접 접촉 보호조건

- ① 2개의 노출 도전성 부분, 노출 도전성 부분과 계통의 도전성 부분은 사람이 동시에 접촉하지 않도록 배치할 것
- ② 비도전성 장소에 보호도체를 시설하지 말 것
- ③ 절연성 바닥과 벽이 있는 장소로 다음 규정 중 1개 이상이 적용되면 상기 “1) 보호 개념”에 적합하다.

- (ㄱ) 노출 도전성 부분 상호, 노출 도전성 부분과 계통의 도전성 부분의 격리거리를 2m 이상으로 할 것. 다만, 압스리치 범위 밖에서는 1.25m 로 할 수 있다.
- (ㄴ) 노출 도전성 부분과 계통의 도전성 부분 사이에 장애물을 삽입하고 장애물에 의한 거리가 상기 “ㄱ”의 거리를 초과하지 않도록 할 것. 다만, 장애물은 대지나 노출 도전성 부분에 접촉하지 말 것.
- (ㄷ) 충분한 기계적 강도가 있어 2,000V 이상의 시험 전압에 견디는 절연을 할 것. 또한 누설전류를 1mA 이하로 할 것.
- (ㄹ) 설비의 공칭전압이 500V 이하인 경우에는 절연성 바닥 및 벽의 저항을 50kΩ, 500V 초과인 경우에는 100kΩ으로 할 것
- (ㅁ) 배치는 항구적일 것.
- (ㅂ) 계통의 도전성 부분이 해당 장소 외부에서의 전위를 인입하지 않을 것.

〈해설〉 바닥 및 벽의 절연저항 측정 방법

1. 측정 방법

약 500V(설비 정격 전압이 500V를 초과할 때는 1,000V)의 무부하 전압을 가진 자석식 저항계 또는 전자식 절연 저항계를 직류전원으로 사용한다.

2. 측정 장소

저항은 시험 전극과 설비의 보호 도체 간에 측정한다.

3. 시험 전극

시험 전극은 아래 타입 중 한 가지를 선택한다. 선택에 이견이 있을 경우에는 시험 전극 1을 기준으로 한다.

※ 비교 시험은 표면처리(니스 칠, 페인트 도장, 유사한 도장) 전에 실시하는 것이 바람직하다.

가. 시험전극 1

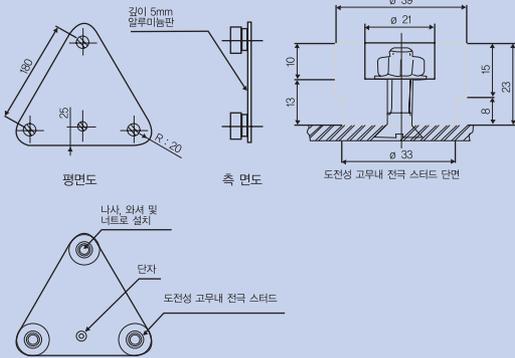
전극은 한 변이 250 mm 인 정방형인 금속판 및 시험할 표면과 금속판과의 사이에 설치한 한 변이 약 270 mm로 여분한 흡수성 있는 종이 또는 천으로 구성한다. 측정 중에 바닥은 약 750N, 벽은 약 250N의 힘을 금속판에 가한다.

나. 시험전극 2

시험전극은 바닥에 접하는 곳이 정삼각형 모양으로 된 금속제 삼각대로 한다(그림 413-22 참조). 각 지지부는 유연한

기초로서 압력을 가했을 때 피 시험면에 약 900 mm² 이상의 면적에 밀착하여 5,000Q 미만의 저항이 되도록 한다.

- 1) 측정을 하기 전에 피시험 표면에 물을 뿌리거나 젖은 천으로 닦는다.
- 2) 측정 중에는 바닥은 약 750N, 벽은 약 250N의 힘을 삼각대에 가한다.



3) 어스프리용(비접지) 국부적 등전위 본딩에 의한 보호 (IEC 60364-4-41의 413.4)

(1) 보호 개념

이 방법은 위험한 접촉 전압이 발생하는 것을 방지함을 목적으로 한다. 1개의 장소 내에 있는 모든 노출 도전성 부분 및 계통의 도전성 부분은 접지되어 있고 모두 동시에 접촉 가능한 노출 도전성 부분 및 계통의 도전성 부분에 등전위 본딩을 실시한 것에 의한 감전보호이다.

이 경우 등전위 본딩용 도체는 접지해서는 안 된다.

(2) 간접 접촉 보호조건

- ① 등전위 본딩용 도체에 의해 동시 접근이 가능한 모든 노출 도전성 부분 및 계통의 도전성 부분을 접속할 것
- ② 부분적 등전위 본딩 시스템은 노출 도전성 부분 또는 계통의 도전성 부분을 통해 대지와 전기적으로 접속하지 않을 것
- ③ 대지에서 절연된 도전성 바닥이 비접지 등전위 본딩과 접속된 경우 등전위 장소 내에 있는 사람이 전위차에 노출되지 않을 것

4) 전기적 분리에 의한 보호 (IEC 60364-4-41의 413.5)

(1) 보호 개념

이 방법은 회로의 기초 절연 고장으로부터 충전된 노출 도전성 부분과의 접촉에 의한 감전 전류가 흐르는 것을 방지함을 목적으로 한다.

절연 변압기 또는 그와 동등의 절연 권선을 갖는 전동 발전기 등에서 전원을 공급하고 그 회로의 어떤 부분에서도 접지하지 않은 회로(비접지 계통)로 하는 감전보호이다.

(2) 간접 접촉 보호조건

- ① 회로는 분리 전원, 즉 절연 변압기 또는 이와 동등한 안전 등급의 전원에서 공급할 것.
- ② 회로의 전압은 500V 이하일 것.
- ③ 회로의 충전부는 다른 회로 또는 대지로 접속하지 않을 것
- ④ 분리회로 및 다른 회로용에 동일한 배선 계통의 전선을 사용하는 경우는 금속제 외피가 없는 다심 케이블 또는 절연성 전선관, 덕트, 몰드에 수납한 절연전선을 사용할 것.
- ⑤ 콘센트는 등전위 본딩 시스템에 접속하기 위한 보호 접촉자가 있을 것
- ⑥ 2중기기에 접속하는 경우를 제외하고 가요 케이블은 등전위 본딩용 전선으로 사용하기 위한 보호 도체가 있을 것.
- ⑦ 극성이 다른 도체에서 전원을 공급하는 2개의 노출 도전성 부분에 영향을 미치는 2개의 고장이 발생한 경우 표 413-1 시간 내에 전원을 차단할 것

TN, TT, IT 계통에서의 감전 보호 방식

1. TN 계통

- 1) TN 계통에서 발생하는 고장전류는 금속도체를 경유해 전원으로 귀류(歸流)하고 대지를 경유해서 귀류하지는 않는다. 따라서 기체내(機體內) 지락 고장시에는 단락전류에 해당하는 큰 고장전류가 흐른다. 또한 대부분의 경우 전선을 보호하기 위해 필요한 과전류 보호장치가 고장난 전기기기를 회로에서 차단하는 역할을 담당한다. 구내 배선회로에서 사용한 적절한 보호 수단에 의해 고장 발생점에서 위험한 접촉 전압이 사용설비에 전달되는 것을 방지



해야 한다.

- 2) TN 계통에서 전원 자동차단에 의한 보호(간접접촉보호)인 경우 특히 중요한 것이 차단시간이다. 기체내 지락(임피던스=0)일 때 흐르는 고장전류에 대응하는 과전류 차단기의 차단시간이 규정 시간(표 413-1 참조)을 초과하지 말아야 한다. 이 표에 규정하는 차단시간이면 고장시 추정접촉전압이 그림 41-3 추정허용접촉전압-시간곡선 이내가 된다.

$$Z_s \leq U_o/I_a$$

여기에서, Z_s : 고장 루프 임피던스

I_a : 정해진 시간(표 413-1)내에 보호장치들 자동차단하는 전류

U_o : 공칭 대지 전압(교류 실효값)

만약 고장 루프 임피던스가 커서 상위 과전류 차단기가 규정시간 내에 차단동작이 가능한 고장전류를 흘려보내지 않는 경우에는 보호장치로 누전차단기를 설치한다. 그러나 이것은 예외적인 경우이다.

- 3) TN 계통에서 보호차단기로 누전차단기를 설치하는 경우 PEN 도체 배선 개시점 보다 하위의 충전선과 PEN 도체 간의 단락시에는 상위 과전류 차단기가 곧 바로 차단동작을 해야 한다. 그렇지 않으면 그림 413-17과 같이 보호도체, PEN 도체에 위험한 접촉전압이 발생하고 이를 경유해 기기의 노출 도전성 부분에 위험한 접촉 전압이 전달된다.

이 경우 그림과 같이 보호 도체가 누전 차단기의 영상 변류기를 관통하지 말아야 한다. 또한 같은 이유로 TN-C 계통에 누전 차단기를 적용하지 말아야 한다.

곧 이 위험이 등전위 본딩에 의해서도 피할 수 있다. 한편 과전류 보호기능 내장 누전 차단기를 많이 사용하고 있는데 이 경우에는 문제가 자동적으로 해소되지만 주의가 필요하다.

- 4) 표 413-1에 나타난 차단시간과 별도로 거치형 기기에만 급전하는 분기회로에서는 5초까지의 차단시간이 허용된다. 거치형 기기의 경우는 사람이 항상 접촉하지 않으므로 5초의 위험접촉전압 지속시간 중 사람이 여기에 접촉할 확률은 상당히 낮다.

다만, 거치형 기기와 동일한 구내 배전회로에서 급전되는 경우에는 다음의 몇 가지 조건 중 하나를 만족하는 경

우에 5초까지의 차단시간이 허용된다.

- (1) 배전반(또는 분전반)에서 보호도체가 주요 등전위 본딩과 접속되는 점까지의 보호도체 임피던스가 다음의 값을 만족할 것.

$$ZPE \leq (50[V]/U_o) \times Z_s$$

여기에서, ZPE : 배전반(또는 분전반)에서 보호도체가 주요 등전위 본딩과 접속되는 점 까지의 보호도체 임피던스

Z_s : 전원, 고장점까지의 충전도체, 고장점에서 전원까지의 보호 도체로 구성되는 고장 루프 임피던스

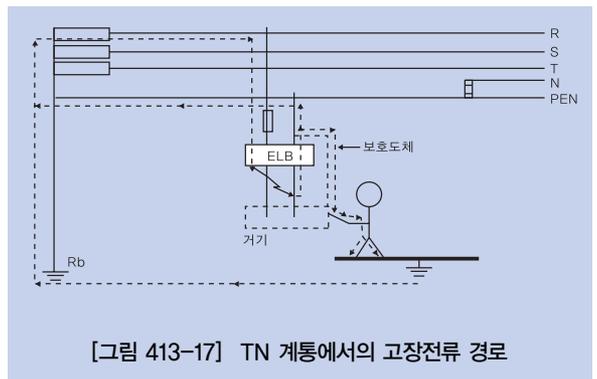
50[V] : 일반 상태에서의 연속 허용 접촉 전압

U_o : 공칭 대지 전압(실효값)

주) TN의 경우 기체내(機體內) 지락발생시 일반적으로 전원 대지전압의 약 절반(예 : 400V 배전의 경우는 공칭 대지 전압이 230V 이므로 약 100V) 정도의 접촉전압이 발생하는 것으로 여겨진다. 따라서 그 접촉전압에 대응하는 짧은 시간 내에 고장회로를 차단해야 한다. 그러나 위 식의 조건을 만족한다는 것은 허용접촉전압 50V 를 초과하는 접촉 전압 발생이 없다는 것이다.

- (2) 배전반(또는 분전반)에서 등전위 본딩을 실시하고 있다. 그 등전위 본딩에 대해 국부적이기는 하지만 계통 외 노출 도전성 부분이 주요 등전위 본딩 처럼 삽입되어 있다.

이런 국부적 등전위 본딩인 경우에도 주요 등전위 본딩과 동일한 요구사항은 만족해야 한다. 이 등전위 본딩을 “추가-주요 등전위 본딩”으로 표현하는 경우도 있다.



[그림 413-17] TN 계통에서의 고장전류 경로

계속