

건축전기설비기술사

PART 06

지락, 감전보호

문제

IEC에서 규정한 감전 보호체계를 분류하고
그중 특별저압에 의한 보호시스템에 대하여 상술하라

I. 개요

1. 감전 보호방식의 종류

- (1) 직접 접촉보호 : 정상 운전시의 감전 보호수단
- (2) 간접 접촉보호 : 고장시 감전 보호수단
- (3) 특별저압에 의한 보호 : 전압을 낮게 제한하여 감전보호

2. 관련규격 : KSC IEC 60364-4-41

문제

II. 감전 보호체계



문제

Ⅲ. 특별저압에 의한 보호

1. 전압을 교류 50V, 직류 120V 이하로 제한하여 직접 및 간접 접촉보호를 동시에 실시하는 방법
→ SELV, PELV, FELV 등이 있음

문제

2. SELV, PELV 시스템

(1) 전원공급

- ① 안전절연변압기, 또는 이와 동등하게 절연된 전동발전기
→ 가반형(이동식)전원은 Class II 기기(2중 절연의 것) 사용
- ② 축전지 또는 디젤 발전기
- ③ 전자장치에서 내부 고장시 출력 단자전압이
50V 이하 유지

문제

(2) 회로

- ① 회로 충전부는 상호간, 또는 다른 회로로부터 안전 절연변압기의 입력회로와 출력회로간의 절연과 동등이상의 성능의 것으로 전기적으로 분리
- ② 회로도체는 모든 다른 회로의 도체와 물리적으로 분리
 - 분리할 수 없는 경우의 조치
- ㉠ 각 회로도체는 기초절연과 비금속외장이 있어야 함
- ㉡ 전압이 다른 회로의 도체는 접지된 금속제 실드 또는 접지된 금속외장이 있어야 한다.
- ㉢ 전압이 다른 회로를 다심케이블 속에 개별 또는 조합해서 시설할 경우 전압이 다른 회로의 최대전압에 견디는 절연

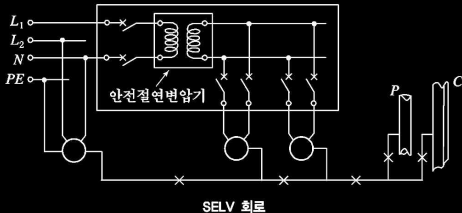
문제

- ③ 플러그 및 콘센트
 - ㉠ 사용하는 플러그는 다른 전압회로의 콘센트에 삽입되지 않을 것
 - ㉡ 콘센트에는 보호도체 접촉자가 없고, 다른 전압회로의 플러그가 삽입되지 않을 것

문제

(3) SELV시스템 설계조건

- ① 충전부는 대지 또는 다른 회로의 충전부 또는 보호도체에 접속하지 않음
- ② 노출 도전성 부분은 대지, 다른 회로의 보호도체 또는 노출 도전성 부분에 접속하지 않을 것
(계통의 도전성 부분의 전압이 50V 이하시 제외)



문제

- ③ SELV회로 공칭전압이 교류 25V,
직류 60V 초과시 직접 접촉보호 실시
- ㉠ 보호등급 IPXXB 이상의 격벽 또는 외함에 의한 보호
- ㉡ 교류 500V(실효값) 1분간 내압시험에
견딜 수 있는 절연

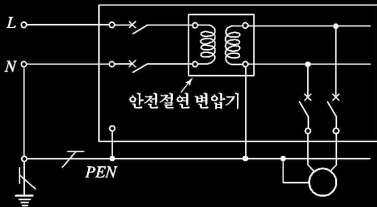
문제

(4) PELV 시스템 설계조건

- ① 회로가 접지되어 있고 ELV가 필요한 경우의 시설로써 직접 접촉보호 실시
- ㉠ 보호등급 IPXXB 이상의 격벽 또는 외함에 의한 보호
- ㉡ 교류 500V, 1분간 내압시험에 견딜수 있는 절연

문제

- ② 보호접지와 주 등전위본딩을 실시하고 PELV 공칭전압이 다음값을 초과 않을시 직접 접촉보호는 필요 없다.
- ㉠ 건조한 장소에 사용하고 접촉 우려가 없는 경우
AC 25V, DC 60V(리플프리)
- ㉡ 기타 교류 6V, 직류 15V(리플프리)



PELV 회로

문제

3. FELV시스템에 의한 보호

(1) 기능적인 이유로 전압이 AC 50V 이하(DC120V 이하)의

회로에서 적절한 보조수단을 이용하여 직접 및
간접 접촉보호를 추가하는 방식

→ 회로전원은 단권변압기 사용

(2) FELV 직접 접촉보호

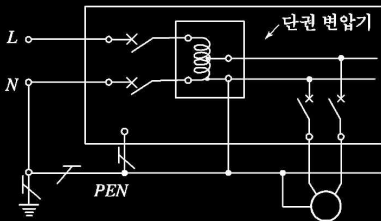
① 격벽 또는 외함에 의한 보호

② 1차측 회로에 요구되는 내압시험에 견디는 절연

문제

(3) FELV 간접 접촉보호

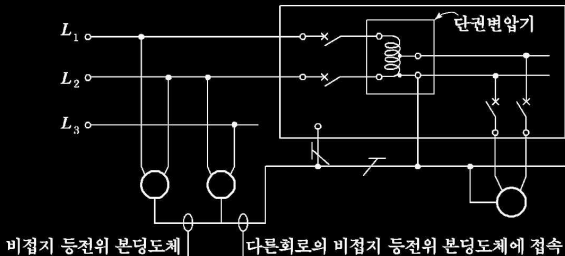
- ① 1차측 회로에 전원의 자동차단에 의한 보호 적용시
1차측 회로의 보호도체에 FELV 회로의
기기 노출 도전성 부분(충전용 도체포함)을 접속



FELV 회로1

문제

- ② 1차측 회로에 전기적 분리에 의한 보호 적용시
1차측 회로의 비접지 등전위 본딩 도체에
FELV회로의 기기 노출 도전성 부분을 접속



FELV 회로2

문제

(4) FELV회로의 콘센트와 플러그

- ① 플러그는 다른 전압 회로의 콘센트에 삽입할 수 없다.
- ② 콘센트에는 다른 전압 회로의 플러그가 삽입될 수 없다.

문제

4. SELV, PELV, FELV 비교

항목	전원	회로	대지와의 관계		적용
SELV	안전 절연변압기 또는 이와 동등전원	구조적 분리	비접지회로		감전보호 설비
PELV			접지회로 허용		
FELV	안전전원이 아님 (단권변압기)	구조적 분리 없음	전원자동차단에 의한 보호	접지회로 허용	기능상 전압제한 설비
			전기적 분리에 의한 보호	비접지 등전위 본딩	

문제

KSC-IEC 60364에서 규정한 간접접촉 보호 중 전원의 자동차단에 의한 보호에 대하여

I. 간접접촉 보호

1. 전원의 자동차단에 의한 보호
2. II 급기기의 사용 또는 이와 동등한 절연에 의한 보호
3. 비도전성 장소에 의한 보호
4. 비접지(Earthfree) 국부적 등전위본딩에 의한 보호
5. 전기적 분리에 의한 보호

문제

감전 보호체계



문제

Ⅱ. 전원의 자동차단에 의한 보호

1. 전원의 차단

교류 50V 초과 접촉전압 발생시

2. 보호접지

(1) 노출도전성 부분은 각 접지계통별(TN, TT, IT)

조건에 따라 보호도체에 접속

(2) 동시 접촉 가능한 노출 도전성 부분은

상기보호 도체에 접속

문제

3. 등전위 본딩

(1) 주등전위 본딩

계통외 도전성 부분을 설비의 주 접지단자에 접속하여
등전위영역 형성

(2) 보조 등전위 본딩

- ① 동시 접근 가능한 계통외 도전성 부분 및 노출 도전성 부분간 또는 노출도전성 부분 상호간 접속
- ② 전원의 자동차단 조건을 만족하지 않을 경우 실시
(보조등전위 본딩을 실시했다고 해서 전원의 자동차단 필요성이 배제되는 것은 아님)

문제

4. TN계통의 보호

(1) 자동차단 조건

$$\textcircled{1} Z_s \times I_a \leq U_o$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_s : \text{고장 루프 임피던스} \\ U_o : \text{공칭대지전압} \\ I_a : \text{아래표에 제시한 시간내 차단 시키는 전류} \end{array} \right.$$

문제

② 최대차단 시간

㉠ 일반회로, 콘센트 사용기기, I 급 이동형 기기,
휴대용 기기

U_o (V)	차단시간(Sec)
120	0.8
230	0.4
277	0.4
400	0.2
400 초과	0.1

㉡ 간선, 거치형 기기(고정형 전기기계기구) : 5초 이하

문제

(2) 보호장치(차단기)종류

① 일반적으로 과전류 차단기 사용추천

보호기 종류	TN-S 계통	TN-C 계통	TN-C-S 계통
과전류 차단기	○	○	○
누전 차단기(RCD)	○	×	○(요주의)

② TN-C 계통의 경우 누전차단기 적용 불가

(동작불능에 의한 인체 감전위험)

③ TN-C-S 계통의 경우 누전차단기 적용시 PE와

PEN도체 접속은 그 전원측에 할 것

(단로시 위험 접촉전압 발생)

문제

5. TT계통의 보호

(1) 자동차단 조건

$$R_a \times I_a \leq 50V \quad (R_a = R_A + Z_{PE}),$$

여기서 $\begin{cases} R_A : \text{접지극저항} \\ Z_{PE} : \text{보호도체임피던스} \end{cases}$

I_a : 보호장치를 자동차단 시키는 전류
(누전차단기의 경우 정격감도 전류)

문제

(2) 보호장치의 종류

- ① 과전류 차단기 : R_a 값이 상당히 낮은 경우로 한정
- ② 누전차단기(사용추천)

(3) 차단시간

- ① 과전류차단기 적용시

{	반한시 특성 : 5초 이내
	순시트립 특성 : 순시동작
- ② 누전차단기 적용시(일반형) : 정격 감도전류에서 0.3초 이내

문제

6. IT계통의 보호

(1) 계통 요구조건

① 1차(초기) 고장시 절연 감시 및 경보

② $R_A \times I_d \leq 50V \rightarrow$ 불만족시 채택불가

$$\begin{cases} R_A : \text{노출도전부 접지극 저항} + \text{보호도체 접지저항} \\ I_d : \text{1차 고장시 고장전류} \end{cases}$$

문제

(2) 자동 차단조건(2차 고장시)

① 노출 도전부 그룹 or 개별 접지시

→ TT계통의 보호조건 적용

② 노출 도전부 보호도체에 일괄 접지시

→ TN계통의 보호조건 적용

(3) 단, TN계통 보호조건 적용시 다음을 만족

$$\textcircled{1} \text{ 고장 루프 임피던스 } \begin{cases} \text{중성선 無의 경우 : } Z_S \leq \frac{\sqrt{3} U_o}{2I_a} \\ \text{중성선 有의 경우 : } Z_S' \leq \frac{U_o}{2I_a} \end{cases}$$

문제

② 최대 차단시간(제2차 고장시)

U_o (V)	차단시간(Sec)	
	중성선 無	중성선 有
120~240	0.8	5
230/400	0.4	0.8
400/690	0.2	0.4
580/1000	0.1	0.2

문제

(4) 보호장치의 종류

① 1차 고장시 : 절연 감시 장치

② 2차 고장시 { 과전류 차단기 : TN계통 보호조건 적용시
누전 차단기 : TT계통 보호조건 적용시

문제

고압계통 지락시 저압설비 보호

I. 개요

1. 관련규정 : 내선규정 제 5220-1절,
KSC IEC 60364-4-442

2. 과전압에 대한 보호

(1) 고압계통의 지락사고에 대한 저압설비 보호(내규 5220-1)

(2) 대기현상 또는 개폐로 인한 과전압에 대한 보호
(내규 5220-2)

여기서는 고압계통 지락 사고시 저압설비 보호에 대해
설명하고자 함

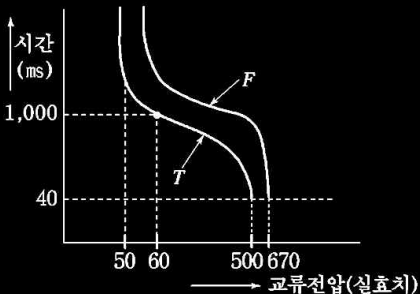
문제

Ⅱ. 목적

1. 고장전압에 대한 인체의 안전 확보
2. 스트레스 전압에 대한 저압기기의 절연 확보

문제

Ⅲ. 고장전압과 스트레스 전압의 기준



문제

2. 스트레스 전압

(1) 고압계통 1선 지락시 설비의 노출 도전부와
저압 선로간 발생전압

(U_1 : 변전소측, U_2 : 부하설비(수용가)측)

문제

(2) 스트레스 전압의 크기와 지속시간은 아래 표의 값을 초과할 수 없다.

저압설비의 기기 허용 스트레스 전압(V)	차단시간(sec)
$U_o + 250V$	> 5
$U_o + 1200V$	≤ 5

문제

Ⅳ. 고압계통 지락시 고장전압 및 스트레스 전압(접지계통별)

접지 계통	결선도	고장 전압 U_f	스트레스 전압	
			변전소 저압 기기측 U_1	부하설비 저압 기기측 U_2
TN 계통		$R \times I_m$	U_o	U_o
		0	$R \times I_m + U_o$	U_o

문제

접지 계통	결선도	고장 전압 U_f	스트레스 전압	
			변전소 저압 기기측 U_1	부하설비 저압 기기측 U_2
TT 계통		○	U_o	$R \times I_m + U_o$
		○	$R \times I_m + U_o$	U_o

문제

접지 계통	결선도	고장 전압 U_f	스트레스 전압	
			변전소 저압 기기측 U_1	부하설비 저압 기기측 U_2
IT 계통		$R \times I_m$	U_0	U_0
		0	U_0	$R \times I_m + U_0$

문제

V. 과전압 보호대책

1. TN계통

(1) TN-a 채택시

고장전압 $R \times I_m$ 기 고장전압-시간 곡선에 제시된 시간 이내 차단되도록 저항값을 만족시키거나 수용가 저압기기의 노출 도전부 등전위본딩 필요

(2) 상기조건 충족 않을시 TN-b 채택

저압계통 중성선을 변전소 노출 도전부 접지극과 전기적으로 독립된 접지극을 통해 접지함이 경우 변전소 저압기기에 스트레스 전압이 인가되므로 그 크기와 제시된 표의 값을 만족하도록 R값 선정

문제

3. IT계통

(1) IT-a 채택시 상기 곡선에 제시된 시간이내의

고장전압 $R \times I_m$ 이하하도록 R 선정,

또는 수용가 저압기기 등전위본딩 실시

(2) 상기조건 충족 않을시 IT-b 채택

수용가 측 노출 도전부를 변전소측 노출 도전부의

접지전극과 전기적으로 독립하여 접속

(또는 중성선 임피던스를 전기적으로 독립된

접지전극을 통해 접지)

문제

4. 기타 고려사항

(1) 계통별 사고시 스트레스 전압상승 고려

- ① TN 및 TT계통의 중성선 단선시 : $\sqrt{3} U_0$
- ② IT계통의 접지 사고시 : $\sqrt{3} U_0$
- ③ 상도체와 중성선간 단락시 : 5초동안 $1.45 U_0$

(2) 변전설비 노출 도전부 접지저항 1Ω 이하

(3) Cable 길이 1km 넘는 경우 충전전류 고려 적절한 접지된 금속제 외장 Cable 사용

문제

Ⅵ. 결론

최근 국제규격인 IEC 방식의 도입에 따라 인체감전과 기기 절연파괴에 대한 허용전압과 차단시간에 대한 기준 및 그 보호대책이 계통별(TN, TT, IT)로 제시됨으로써 종래 접지저항 위주의 방식에서 탈피하여 보다 명확한 근거로 근본적이고 합리적인 대책을 마련할 수 있게 됨

문제

KSC-IEC 60364에서 규정한 안전보호 중 과전류에 대한 보호

I. 개요

1. 과부하 보호

일반적으로 회로에 과부하 전류가 흘러 전선의 절연부, 접속부, 단자부 또는 주위에 유해한 온도상승이 일어나기 전에 과부하 전류를 차단하는 보호기 시설을 규정함

2. 단락보호

일반적으로 전선 및 접속부에 위험한 열적, 기계적 영향이 생기기전에 회로에 흐르는 어떠한 단락전류도 차단하도록 시설함

문제

Ⅱ. 과부하 보호

1. 과부하 보호 조건

- (1) 과전류 차단기의 정격전류 또는 설정값 I_N 은 회로 설계전류 I_B 이상이어야 하며, 사용전선의 연속허용전류 I_Z 를 초과하지 않아야 함

문제

(2) 과전류 차단기의 동작전류 I_2 는 I_Z 의 1.45배를 초과하지 않을 것

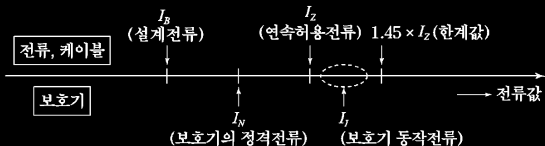
① $I_B \leq I_N \leq I_Z$ (Nominal Current rule)

② $I_2 \leq 1.45 I_Z$ (Tripping Current rule)

여기서 $\left\{ \begin{array}{l} I_B : \text{회로 설계전류} \\ I_N : \text{과전류 차단기 정격전류} \\ I_Z : \text{전선의 연속 허용전류} \\ I_2 : \text{최대동작전류(보호기의 유효한 동작을 보증하는 전류)} \end{array} \right.$

문제

③ 전선과 보호기의 협조



문제

2. 과부하 보호기의 설치위치

과부하 보호기는 전선의 단면적, 종류, 시설방법 또는 구성의 변경(이하 전선 단면적 등의 변경)에 따라 그 허용전류가 감소되는 개소에 시설할 것

문제

Ⅲ. 단락보호

1. 단락보호조건

(1) 단락보호기의 정격 차단전류는 그 설치지점의

추정 단락전류 이상일 것

단, 전원측에 시설된 다른 보호기가 필요한 정격 차단전류

값을 갖고 있는 경우에는 제외

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 중요함

문제

(2) 단락보호기는 회로의 어떤 점에서 발생하는 단락전류라도 그 전선의 단시간 허용온도를 초과하기 전에 차단할 수 있을 것

지속시간 5초 이하인 단락의 경우, 일반 사용 상태에서 전선의 최고 허용온도로부터 단락전류에 의해 전선의 단시간 허용온도에 도달할 때까지의 시간 t 는 다음과 같다.

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

여기서

$$\left\{ \begin{array}{l} t : \text{지속시간(Sec)} \rightarrow 5\text{초 이하} \\ S : \text{전선 표면적(mm}^2\text{)}, I_s : \text{단락전류 실효치(A)} \\ k : \text{도체 재료 저항률} \rightarrow \text{XLPE 에 } \left\{ \begin{array}{l} \text{동 : 143} \\ \text{Al : 94} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

문제

2. 단락보호기의 설치 위치

단락보호기는 전선 단면적 등의 변형에 의해
그 허용전류가 저감되는 개소에 설치함

문제

Ⅳ. 보호기의 생략조건

1. 전선 단면적 등의 변경지점으로부터 보호기까지의 배선이 다음조건을 동시에 만족하는 경우

- (1) 배선의 전체길이가 3m 이하 일 것
- (2) 배선은 단락이 일어날 위험이 최소가 되도록 시설
- (3) 배선은 가연성 물질에 근접하여 시설하지 않을 것
- (4) 전선 단면적 등의 변경지점으로부터 전원측에 설치된 보호기에 의해 유효하게 보호될 수 있는 동작특성을 가지는 경우

문제

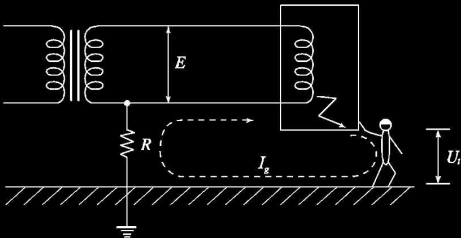
2. 발전기, 변압기, 정류기, 축전지와 부속제어반에 접속하는 회로
→ 이 보호기는 제어반 내부에 설치함
3. 회전기의 여자회로, 기중기 자석의 전원회로 또는
변류기 2차회로 등 회로차단으로 인해 위험을 초래하는 경우
→ 과부하 경보기 시설 권장
4. 통신, 제어, 신호 등의 설비

문제

저압 전기설비 감전보호

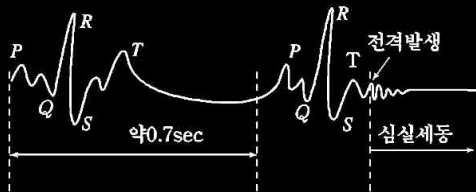
I. 개요

1. 감전 : 통전전류에 의해 인체가 받는 충격 즉, 전격(Electric-Shock)을 의미
2. 감전사고 : 전격에 의해 인체의 사상(死傷)이 발생하는 것
3. 관련규정 : KSC IEC-60364-4-41



문제

II. 감전 Mechanism



P파 : 심방의 동작

Q → R → S → T파 : 심실의 동작

전격시 체내의 이상전류 흐름 → 심장의 제어신호 교란 →
심근진동(심실세동) → 혈압저하 → 사망

문제

Ⅲ. 감전보호의 기본

1. 기본조건

교류 50V, 직류 120V 초과 접촉전압이 생리학상 유해한 시간동안 지속 않도록 함

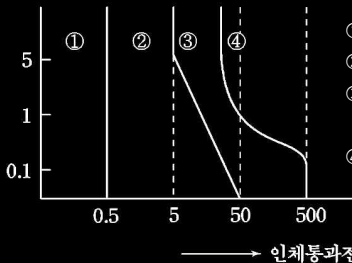
2. 기본보호수단

- (1) 고장전류가 순환하는 루프의 설정(TN, TT, IT 계통별)
- (2) 적절한 보호장치에 의한 규정시간 내 차단
(과전류 차단기, 누전차단기)

문제

IV. 감전에 영향을 주는 요소

1. 인체 통과시간, 전류크기(IEC 60479)



① 감지전류(0.5~2mA) : 감지할 수 있는 전류

② 이탈전류(5~10mA) : 자의적 이탈가능

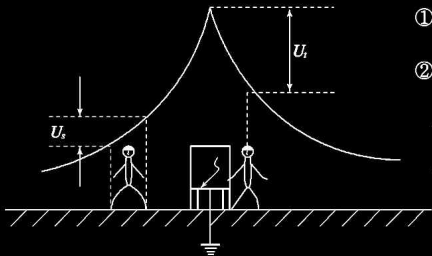
③ 불수전류(10~15mA) : 근육수축, 경력
(자의적 이탈불가)

④ 실실세동(수십 mA 이상) : 심장 Shock, 감전사

문제

2. 접촉전압과 보폭전압

(1) 접촉전압과 보폭전압의 크기



① 접촉전압 $U_t \leq \frac{I_0}{F} (R_B + R_H + \frac{R_F}{2})$

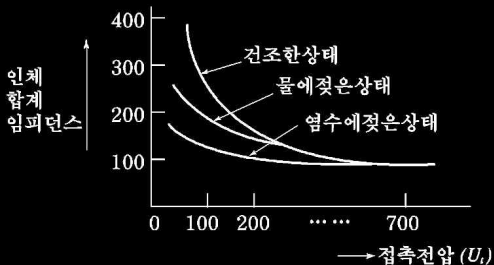
② 보폭전압 $U_s \leq \frac{I_0}{F} (R_B + 2R_F)$

I_0 : 감전전류의 안전한계치 = $\frac{0.116}{\sqrt{t}}$ (A)

F : 심장계수(인체 통전경로에 따라 다름)

문제

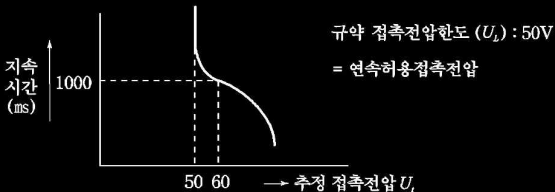
(2) 접촉전압과 인체 임피던스(Biegelmeier 곡선)



- ① 접촉전압이 낮을 경우(교류 25V)는 전압에 대한 임피던스 비가 커짐(약 3배 차이)
- ② 전압이 높을수록 그 비는 작아짐

문제

(3) 규약 접촉전압과 차단시간 관계(IEC 61200-413)



문제

3. 통전 경로에 의한 인체의 영향

(1) Micro shock($10\mu\text{A}$)

(2) Macro shock(0.1mA)

4. 전원의 종류 : 저압 < 고압 < 특고압, 직류 < 교류

문제

V. 감전사고의 원인

1. 직접접촉에 의한 사고 : 충전부 노출, 안전거리 미확보
2. 간접접촉에 의한 사고 : 전기기기 고장, 절연열화,
전선 피복손상, 접지불량
3. 기타 : 정전기, 낙뢰방전, 잔류전하 등

문제

Ⅵ. 감전 보호대책

1. 직접 접촉보호(기본보호)

(1) 의식적 · 무의식적 접촉보호 : 충전부 절연, **Barrier** 또는 **Enclosure**에 의한 보호

(2) 무의식적 접촉보호 : **Obstacle**에 의한 보호,
Arm's reach 밖 설치

(3) 누전차단기(30mA 이하의 RCD)에 의한 추가보호
→ 사용자의 부주의로 직접접촉에 일어난 경우로써
단독 보호수단으로는 인정불가

문제

2. 간접 접촉보호(고장보호)

(1) 보호도체(PE) 있는 경우

- ① 전원의 자동차단 보호
- ㉠ 기기 노출 도전부 보호도체에 접촉 및 등전위 본딩
- ㉡ 규약 접촉전압 초과시 자동차단

문제

· 계통별 차단조건

계통별	차단조건
TN	$Z_s \times I_a \leq U_0$ 단, Z_s : 고장루프 임피던스 I_a : 보호기 차단전류 TN-S : 과전류 차단기, 누전차단기 TN-C : 과전류차단기(누전차단기 사용불가)
TT	$R_a \times I_a \leq 50V$, $R_a = Z_{PE} + R_A$ (Z_{PE} : 보호도체저항 R_A : 노출 도전부 접지저항) 누전차단기 사용추천(R_a 가 매우 낮을 경우만 과전류차단기 허용)
IT	$R_a \times I_d \leq 50V$, I_d : 제 1고장전류 1st 고장시 : 절연감시(경보) 2nd 고장시 : 전원차단(과전류차단기, 누전차단기)

문제

· 계통별 차단시간(IEC 60364-4-41의 표 41A, B)

TN계통		IT계통(제 2고장시)		
설비의 공칭전압(V)	차단시간(sec)	설비의 공칭전압(V)	차단시간(sec)	
			중성선 無	중성선 有
120	0.8	120~240	0.8	5
230	0.4	230/400	0.4	0.8

문제

(2) 보호도체(PE) 없는 경우

① Class II 기기 사용에 의한 보호

: 이중, 강화 절연, IP2X 이상

② 비도전성 장소에 의한 보호

: 절연(절연저항 규정값 준수), 이격

③ 비접지 국부적본딩 : 동시 접근 가능한 노출,
계통외 도전부 등전위본딩 및 비접지

④ 전기적 분리 : 절연 TR 또는 동등이상 전원에서 공급
(기본절연 고장시 감전예방)

문제

3. 특별저압에 의한 보호(전압밴드 I : AC 50V, DC 120V)

구분	전원	회로	대지와의 관계	
			1차회로	2차회로 (* : 충전부, 노출 도전부)
SELV	안전절연TR(2권선 TR) 또는 이와 동등한 전원	구조적 분리	비접지	* 1차 PE에 접속안함
PELV			접지허용	* 1차측 PE에 접속
FELV	안전전원이 아님 (단권 TR)	구조적 분리 없음	접지허용	* 1차측 PE에 접속 (전원자동차단 보호)
			비접지	* 1차측 등전위본딩 도체에 접속 (전기적 분리보호)

