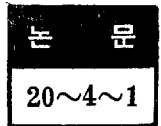


# 昇壓에 따르는 220V용 電氣機器의 絶緣方式 결정에 관한 연구



## A Study on the Insulation Methods of 220V Home Appliances and Wiring Devices

이 승 원\*  
(Sung Won Rhee)

### [ABSTRACT]

This is a study on the insulation methods of home appliances and wiring devices proper to the new electric distribution system, primary side is 22.9/13.2 KV, 3 phase 4 wire multigrounding system and secondary side is 380/220V, 3 phase 4 wire common neutral system.

1800V is determined as the electrical insulation voltage of the functional insulation because the abnormal voltage rise of the neutral line is 1300V.

In the case of the functional insulation faults, the following safety methods will be suggested to protect the accidental faults:

- (a) class I appliance (accessible metal part is earthed)
- (b) class II appliance (doubly insulated)
- (c) class III appliance (operates at low voltage source)

The mechanisms of the wiring devices are not improved to guarantee for the harmful electric shock but also the electrical insulation voltage is risen to 2000V.

### 1. 서 론

현재 우리 나라의 배전계통은 1차측이 3.3 [KV] 3相 3線式 非接地系統이고 2차측 즉, 일반 가정 수용가는 100 [V] 단상 2線式이며 옥내에 있어서 평상시 電壓線의 大地에 대한 電位는 100 [V]이고 接地線의 大地에 대한 電位는 零이다. 그러나 高低壓 혼측시 2차측 接地線의 對地電位는 최고 150[V]까지 상승하게 된다. 이에 따라 현재 100[V]용 가정용 전기기기 및 배선기구는 대개 그 절연 내압이 1000[V]로 되어 있다. 그러나 정부의 배전전압 승압계획에 따라 새로 채택된 배전 계통은 1차가 22.9/13.2[KV] 3相 4線式 多重接地系統이고 평상시 옥내 전압선의 對地電位는 220 [V]이고 中性線의 對地電位는 零이나 高低壓 혼측 또는 낙뢰로 인한 애차의 절연 파괴시는 中性線의 對地電位가 천 수백 볼트에 달하게 된다.

그러므로 앞으로 이 계통에 사용될 220[V]용 가정용

전기기기 및 배선기구의 구조 및 절연강도는 평상시 電壓線의 大地에 대한 전위 220[V]에는 물론 계통 사고시 中性線의 대지에 대한 전위 상승 천 수백 볼트에 대하여도 충분히 견딜 수 있어야 한다. 본 연구에서는 우선 우리나라 배전계통의 고장 이상전압치를 계산하여 이에 알맞는 가정용 전기기구의 절연내압치를 정하고 또 평상시 사용도중 절연파괴에 의한 인체 감전을 방지할 수 있는 전기기구의 절연방식 및 구조에 대하여 연구하였다.

### 2. 우리나라의 배전계통

정부의 배전전압 승압계획에 따라 현재 시설되고 있는 우리나라의 배전계통은 1차측이 22.9/13.2[KV] 3相 4線式 中性線 多重接地 방식이고 2차측이 380/220 [V] 3相 4線 共通中性線 방식이다.

그림 1은 이 系統의 그림이다.

변전소의 電力變壓器 T의 중성점 접지저항  $R_0$ 의 값은 보통 2[Ω]이고 중성선의 多重接地抵抗  $R_g$ 는 5[Ω/k

\*정회원 : 서울공대 전기공학과 교수

m]이다. 배전선로를 연하여 부하가 3상 평형으로 연결되어 있을 때에는 중성선의 전류는 영이고 중성선의 전위도 영이다. 또 전압선의 大地에 대한 전위는 220[V]이다. 그러나 1차 배전선로의 애자심락, 1선 단선으로 인한 부하의 불평형, 뇌직격에 의한 애자심락, 저압측 중성선의 단선 등으로 인하여 低壓側에는 천수백[V]에 달하는 異狀電壓이 발생하게 된다.

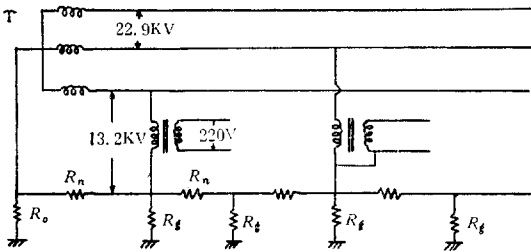


그림 1. 3상 4선식 배전 계통  
Fig. 1 3 phase 4 wire distributin system

2-1. 1차배전선로의 1선지락

배전선로 사고중 대부분을 차지하는 것은 一線地絡事故인데 이것은 주로 碍子의 閃絡에 의한 것이다. 이때 地絡電流는 中性線을 통하여 흐르게 되는데, 地絡電流의 값이 대단히 크므로 中性線의 電位上昇値도 대단히 높게 된다. 그림 1과 같은 배전 선로에서 전력 변압기의 중성점 接地抵抗  $R_o$ 를 2[Ω], 중성선의 다중

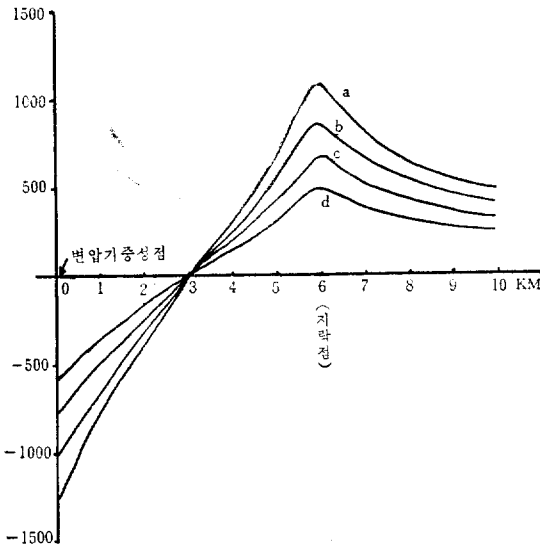


그림 2. 1선지락시 중성선 전위상승 분포  
Fig. 2 Neutral line voltage distribution of one line ground fault

접지저항  $R_g$ 를 5[Ω/km], 전선의 저항을 0.5[Ω/km], 변압기의 내부 저항을 1[Ω], 배전선의 길이를 총10[km]로 하고 변압기로부터 6[km] 떨어진 곳에서 애자를 통하여 一線地絡 사고가 발생하였을 때 中性線의 電位上昇 분포를 구하여 보면 그림 2와 같다. 여기서 전선의 인덕턴스 및 대지의 저항은 무시하였다.

그림에서 곡선 a는 地絡抵抗을 3[Ω]으로 보았을 때 인데 地絡點의 電位上昇値는 1054[V], 電力變壓器 中性點의 電位上昇値는 1260[V]가 된다. 또 곡선 b,c,d는 각각 지락저항이 5[Ω] 8[Ω] 13[Ω]일 때의 중성선 전위상승 분포 곡선이다.

곡선 a,b,c,d를 비교하여 보면 지락 저항이 크면 클수록 중성선의 전위상승치는 감소함을 알 수 있다.

또 그림 3은 그림 2와 같은 조건이고 地絡點이 電力變壓器로부터 1[km] 떨어진 경우이다.

애자의 지락저항을 3[Ω]로 볼 때 이 계통의 최고 중성선 전위상승치는 약 1300[V] 정도이다.

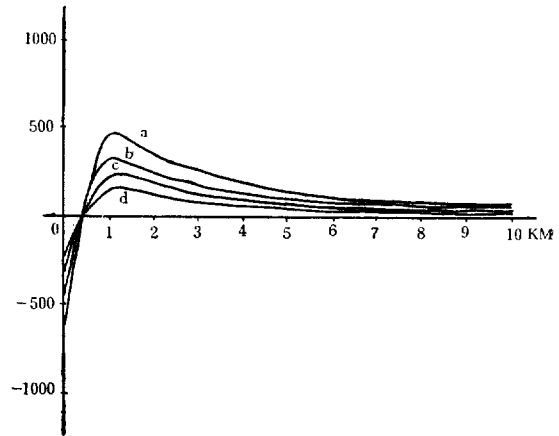


그림 3. 1선지락시 중성선 전위상승 분포  
Fig. 3 Neutral line voltage distribution of one line ground fault

2-2. 낙뢰에 의한 애자심락

1차 배전선로에 直擊雷가 와서 碍子が 절연과괴되는 경우 대부분의 雷 電流가 碍子和 中性線 接地抵抗을 통하여 大地로 흐르게 된다.

이 때의 등가 회로를 그리면 그림 4와 같이 된다.

애자로 흐르는 지락 전류를  $I_e$ [A] 중성선의 썬지 임피던스를  $Z_o$ [Ω] 전주에서의 중성점 접지저항을  $R_g$ 라 하고 중성선에서의 2차적 반사의 영향을 무시하면 P점의 전위  $E_p$ 는

$$E_p = \frac{Z_o R_g}{2R_g + Z_o} I_e \text{ [V]}$$

이다.

중성선은 가공선이므로 썬지 임피던스를 400[Ω],

전주에서의 중성점 접지저항을  $20[\Omega]$ 이라고 하면

$$E_p = 18 I_e [V]$$

이다.

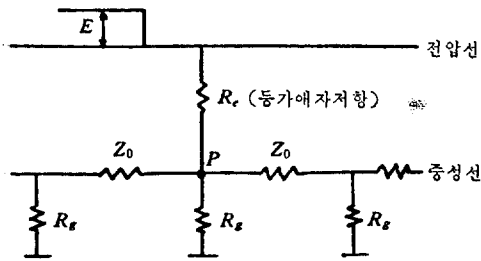


그림 4. 충격파에 대한 등가회로

Fig. 4 Equivalent circuit on travelling wave

여기서 뇌전류가  $1000[A]$ 인 경우  $P$ 점의 전위는  $18 [KV]$ 가 됨을 알 수 있다. 이와 같은 높은 충격전압에 대하여 가정용 전기기기가 절연파괴 되지 않도록 기기의 절연을 강화하는 것은 경제적으로 곤란하므로 적당한 보호 장치로 애자가 접촉하지 않도록 하여야 한다. 그 방법으로

- (1) 배전선로의 애자는 절연 계급을 올리고
- (2) 배전선로에는 많은 수의 피뢰기를 설치하고
- (3) 피뢰기의 접지는 중성선과 분리하면 뇌 직격으로 인한 중성선 전위상승은 막을 수 있다.

### 3. 220V용 가정용 전기기기의 절연방식

$220[V]$ 용 가정용 전기기기는 현재 사용되고 있는  $100[V]$ 용 가정용 전기기기보다 그 사용전압이 2배 이상이고 또 새로운 配電系統의 고장 異狀電壓值도 현 配電系統의 고장 異狀電壓值보다 10여배 정도 높으므로 전기기기의 絶緣이 파괴될 가능성도 많을 뿐만 아니라 기기의 絶緣破壞로 오는 치명적인 人體感電이 대단히 많을 것으로 예상되고 있어 경제적이고도 人體感電의 위험이 없는 가정용 전기기기의 絶緣方式이 요구되고 있다.

또한 새로운 絶緣方式을 제정함에 있어서 고려되어야 할 점은 세계적인 추세를 고려하여야 한다는 것이다.

현재 세계 각국이 적용하고 있는 각국의 電氣 安全 規程은 주로 그 나라에서 채택 되고 있는 전기방식, 기구 건축구조, 건축재료 및 생활 양식에 따라 큰 차이를 나타내고 있다. 각국이 채용하고 있는 전기방식 및 전압에 따라 각국을 2개의 계열로 나누어 보면 유럽 계열과 미국 계열로 나눌 수 있는데, 우리 나라는 현재 미국 계열에 속하고 있으며, 앞으로 채택할 전기방

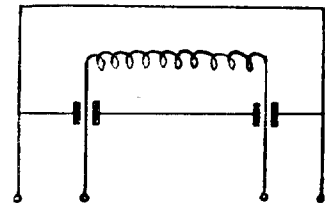
식 및 電壓은 유럽 계열에 속하게 되므로 電氣機器에 대한 安全 規程은 전반적으로 유럽 계열에서 채용되는 安全規程을 고려하여 우리 나라에 적합한 絶緣方式을 결정하여야 할 것이다.

#### 3-1. 가정용 電氣機器의 絶緣種別

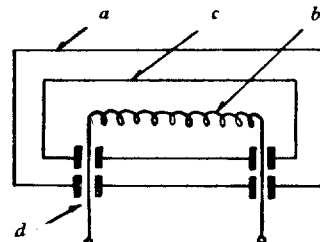
家庭用 電氣機器의 絶緣種別을 그 機器의 기능 목적 및 주위의 여건을 고려하여 아래와 같이 3가지로 구분한다.

##### (a) 第一種 電氣機器

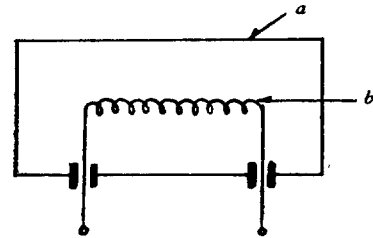
電氣機器 外皮의 人體와 접촉될 수 있는 金屬部分과 充電部와의 사이에 전기기기로서의 기능상 필요한 絶緣(基本絶緣)만으로 되어 있으며, 접촉될 수 있는 外部金屬部分을 接地하여야 하는 電氣機器이다.



제 1종 전기기기



제 2종 전기기기



제 3종 전기기기

- a: 금속부분
- b: 기본절연
- c: 보호절연
- d: 보강절연
- e: 접지단자

그림 5. 절연종별

Fig. 5 Insulation classification

예를 들면, 난방용 電熱器나 조리용 電熱器 등은 그 기기의 목적상 熱素子와 外部金屬部分 사이에 絶緣을 강화하면 할수록 그 機器의 効能이 저하하므로 絶緣階級을 낮게 하는 대신 絶緣破壞로 일어나는 기기의 피급속의 充電化를 막기 위하여 外皮金屬部分을 接地하는 형으로 한다. 그 외에 물을 취급하는 전기세탁기, 전기집시뒹기 등도 의피급속 부분을 검지하는 第一種 電氣機器로 추천된다.

第一種 電氣機器에는 정상상태에서 電流가 흐르는 電線外에 外皮金屬을 接地할 接地線이 필요하며 機器의 絶緣破壞時, 短絡電流에 의한 過熱 또는 短線을 방지하기 위하여 機器와 接地線과의 접속을 機械的 또는 電氣的으로 튼튼히 하여야 한다.

第一種 電氣機器에 사용되는 프리그 및 콘센트에는 接地極이 있어야 하며, 프리그와 콘센트가 잘못 접속되지 않도록 편의 크기, 모양, 위치의 적당할 조질이 필요하다. 또는 키 및 키웨이를 두어 誤接續을 방지한다. 接地線 接地極 接地端子 등은 誤接續을 방지하도록 「색」이나 「E」자나 또는 特別한 記號로 表示한다.

(b) 第二種 電氣機器

2중으로 絶緣된 電氣機器이다.

第一種 電氣機器와 같이 電氣機器로서 機能上 필요한 基本絶緣을 한 다음 이 基本絶緣이 熱化되어 金屬部分이 充電되는 경우에도 感電되는 것을 防止하기 위하여 金屬部分위에 또 한번 絶緣한 電氣機器이다. 후자의 絶緣을 保護絶緣이라고 한다. 구조상 위와 같이 2중으로 絶緣을 할 수 없는 부분은 그 絶緣耐力이 위와 동등 이상의 絶緣을 하여야 하는데, 그 절연을 保強絶緣이라고 한다. 二重絶緣된 電氣機器의 外皮金屬部分은 充電部와 二重으로 絶緣되어 있으므로 接地할 필요가 없다.

그러므로 여기에 사용되는 프리그나 콘센트는 接地極이 필요없고, 그 구조는 二重으로 絶緣되어야 한다.

第二種 電氣機器에서는 손잡이와 같은 부분의 절연을 충분히 하여 급속으로 되어 있는 손잡이 쪽이나 고정쇠가 内部의 絶緣劣化로 充電되어도 感電되지 않도록 하여야 한다.

(c) 第三種 電氣機器

小電壓으로 사용되는 전기기기이다. 45[V] 이하에서 사용되며 주로 이발기, 면도기와 같이 人體의 피부에 접하여 사용되는 기기 또는 농어촌용 전기기기에 사용된다.

표 1은 가정용 電氣機器의 機能上 적용 가능한 絶緣種別을 나타낸다.

電熱器 種類나 물을 많이 취급하는 機器는 第一種 電氣機器가 유리함을 알 수 있다.

표 1

기 기 종 류	제 1 종	제 2 종	제 3 종
전기 난방기, 전기 난로	○		
전기수, 수보일러	○		
전기토스터	○		
전기커피 주전자	○		
전기세탁 보일러	○		
전기 투입 가열기	○		
전기 다리미	○		
전기 집회기	○		○
옷 건조기	○	○	○
전기 진공 소제기	○	○	○
전기 면도기		○	○
전기 드라이어	○	○	
전기 믹서	○	○	○
전기 집시뒹기	○	○	○
전기 세탁기	○	○	○
전기 환풍기	○	○	○
전기 냉장고	○	○	

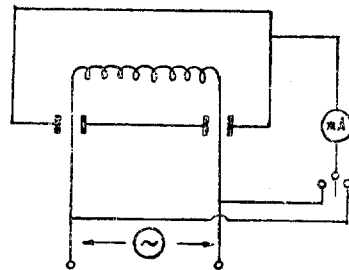
3-2. 動作溫度에서의 絶緣耐壓

被試驗 電氣機器를 常溫에서 定格電壓 定格出力으로 運轉하여 各部分의 溫度上昇이 포화점에 도달한 후 累洩電流 및 絶緣耐壓을 試驗한다.

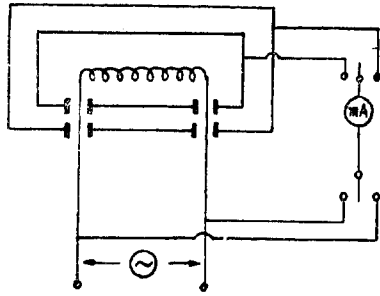
(a) 累洩電流 試驗

一般需用家の 引込口에는 電氣機器나 屋內配線의 絶緣이 破壞되거나 또는 이들로 부터 많은 累洩電流가 흐르면 自動的으로 屋內線路를 차단하는 高感度 차등전류 保護開閉器가 施設되어 있다. 電氣機器에서 正常的인 累洩電流가 너무 많이 흐르면 이 開閉器의 誤動作의 원인이 되고 또 各需用家 마다의 機器累洩電流는 大地를 통하여 變壓器로 흘러 들어 가는데, 이는 誘導障害의 원인이 된다.

그러므로 한 需用家當 電氣機器의 累洩電流는 약 10 [mA] 이하로 제한되어야 한다. 그림 6과 같이 回路를



제 1 종, 제 3 종 전기기기



제 2종 전기기기

그림 6. 누설전류 측정회로

Fig. 6 Measuring circuit of leakage current

構成하여 漏洩電流를 측정하는데, 표 2의 값을 초과해서는 안된다.

표 2

구	분	전 류 값
제 1종 전기기기	기본 절연사이	0.5mA/KW (최고 5mA)
제 2종 전기기기	기본 절연사이	5mA
	보호 절연사이	0.5~1.0mA
제 3종 전기기기	기본 절연사이	0.1mA

(b) 絶緣耐壓試驗

앞에서 설명한 바와 같이 우리 나라 配電線路의 最高異狀 電壓値는 1300[V] 정도이므로 基本絶緣에 대하여는 絶緣耐壓値를 1800[V]로 한다.

즉 機器의 各部分에 표 3과 같은 正弦波 60[HZ] 交流電壓을 引加하여 1분간 견디어야 한다.

표 3

위	치	전 압[V]
제 1종 전기기기	전극간	1800
	충전부와 외부금속간	1800
제 2종 전기기기	전극간	1800
	기본 절연사이	1800
	보호 절연사이	2500
제 3종 전기기기	보강 절연사이	4000
	전극간	500
	기본 절연사이	500

3-3. 外形構造檢査

電氣機器의 사용중 사람의 손가락이 機器의 틈으로 들어가 機器의 充電部에 접촉하여 感電될 가능성이 있는가를 시험한다.

시험방법은 규정에 의하여 육안으로 검사하거나 또는 試指(Test Finger)를 만들어 실제로 감전 가능성을

시험한다.

4. 配線器具

家庭用 配線器具는 器具를 사용하는 도중에 인체가 充電部에 접촉되는 일이 없도록 되어야 하고 손잡이와 같이 破壞되기 쉬운 부분은 二重으로 絶緣되어야 한다 絶緣耐壓은 2000[V]를 원칙으로 한다.

4-1. 프리그 및 콘센트類

(a) 사용도중 人體가 充電部에 접촉되기 쉬운 구조로 되어서는 안된다.

그림 7은 현재 사용되고 있는 프리그 및 콘센트의 그림인데 매우 위험한 구조이다.

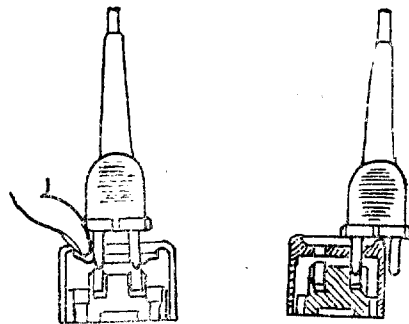


그림 7. 현재의 위험한 프리그 및 콘센트

Fig. 7 Dangerous plug and consent.

그림 8은 개량된 프리그 및 콘센트인데 콘센트가 凹와 같이 되어 있어 안전한 형태이다.

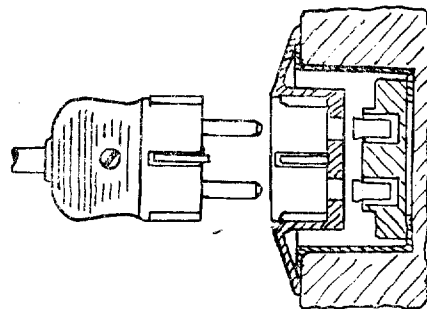


그림 8. 안전한 프리그 및 콘센트

Fig. 8 Safety plug and consent

(b) 第一種 電氣機器에 사용되는 接續器類는 정상적인 電極 以外에 接地極을 하나 더 설치하고 接續機器類 外皮의 金屬部分은 接地極에 연결되어 接地 되어야 한다.

그림 9는 接地極이 있는 接續器類인데 이것은 프리그

에 뚜껑을 붙인 형이다.

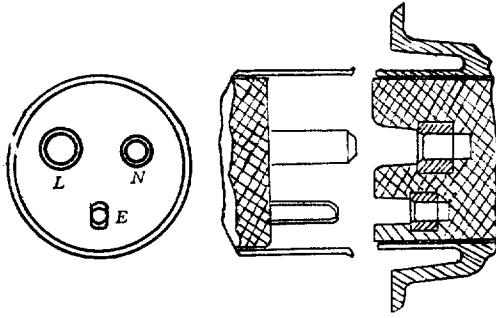


그림 9. 접지극이 있는 프러그 및 콘센트  
Fig. 9 Plug and consent with earth pin

(b) 키가 없는 쥘리로 한다.

그림 11 은 리셉타클의 구조인데 a는 과거의 것이고 b는 絶緣物 덮개를 충분히 길게 한 改良型이다.

### 5. 결 론

앞에서 결정한 결과를 요약하면,

(1) 새로운 配電系統에 있어서의 中性線故障電位 上昇値는 1300[V] 정도이다.

(2) 電壓線과 大地間에 피뢰기를 설치하고 碍子の 絶緣階級을 높임으로서 낙뢰에 의한 中性線 電位上昇은 고려치 않는다.

(3) 基本絶緣에 대한 絶緣耐壓値는 正鉸波 交流 60 [Hz] 1800[V]에 1분 이상 견디는 것으로 한다.

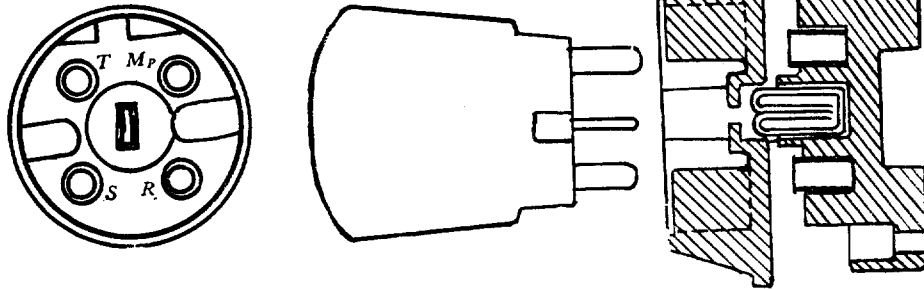


그림 10. 키와 키웨이가 있는 3상 프러그 및 콘센트  
Fig. 10 Three phase plug and consent with key and key way

(c) 第二種 電氣機器에 사용되는 接續器類는 接地極을 두어서는 안되고 二重絶緣 또는 保強絶緣을 하여 손잡이 부분이 파괴 되어도 充電部가 露出되지 않도록 하여야 한다.

(d) 接續機器에는 칼 및 칼반이 구멍의 크기 위치를 바꾸거나 또는 키 및 키 웨이를 두어 電壓의 種別에 따라 誤接續이나 中性線과 電壓線의 誤接續이 생기지 않는 구조이어야 한다.

(e) 接續機器를 사용하지 않을 때는 칼반이 구멍이 닫히는 구조로 하여야 한다.

### 4-2. 스위치류

(a) 2중 絶緣의 구조로 만들어야 한다. 특히 손잡이 부분이 파괴되었을 때 充電部가 露出되지 않는 구조로 하여야 한다.

(b) 가능하면 리모컨 스위치나 풀스위치를 사용하는 것이 추천된다.

(c) 스위치는 電壓線에 취부한다.

### 4-3. 電球用 소켓 및 리셉타클

(a) 電球를 소켓에 取付하는 도중에 導電部가 人體에 닿지 않는 구조로 하여야 한다.

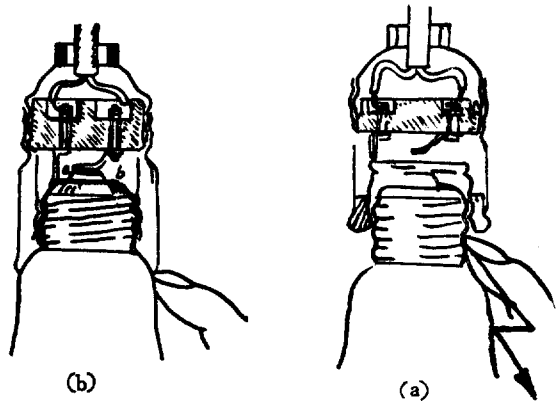


그림 11. 리셉타클  
Fig. 11 Receptacle

(4) 基本絶緣의 파괴로 오는 人體感電을 방지하기 위하여 電氣機器를 제 1種 電氣機器, 제 2種 電氣機器, 제 3種 電氣機器로 구분하여 안전을 강화한다.

(5) 配線機器의 絶緣耐壓値는 正鉸波 交流 60[Hz]

2000[V]에 1분간 견디는 것으로 하고 그 구조는 사용도중 人體가 充電部에 접촉되지 않게 한다.

(6) 제 1종 電氣機器用 接續器는 接地極을 설치한다 등이다.

基本絶緣에 대한 絶緣耐壓值 1800[V]는 외국의 경우보다 높은 값인데, 이는 우리나라 配電系統이 외국과 다르기 때문이다. 앞으로 配電系統이 개량되어 中性點 電位上昇值가 낮아지면 電氣機器의 絶緣耐壓值도 낮아질 것이며, 이 문제는 앞으로 제작될 220[V]용 家庭用 電氣機器의 경제성과 직결되는 것으로 보다 깊은 연구와 협조가 있어야 할 것이다.

참고문헌

- (1) British Standard 3456: Specification for the Testing and Approval of Domestic Electrical Appliance  
Part A: Cooking and Heating Appliance

- Part B: Motor Operated Appliance
- Part C: Electrical Refrigerate
- (2) British Standard 196
- (3) British Standard 3676
- (4) VDE 0730
- (5) DIN 49441  
DIN 49440  
DIN 49448  
DIN 49447  
DIN 49451  
DIN 49450
- (6) Standard for Safety (U.L.)  
U.L. 507  
U.L. 560  
U.L. 73  
U.L. 197  
U.L. 45