

200[V]급 家庭用 電氣機器의 絕緣方式

技術報告

韓 松 曄*

— 차 례 —

- 1. 緒 論
- 2. 人體感電
- 3. 感電保護防止
- 4. 200[V]급 家庭用 電氣機器의 絕緣方式
- 5. 結 論

1. 緒 論

우리 나라 일반 수용가의 배전 전압은 1차측이 3.3 [KV] 3상3선 비접지식이고, 2차측이 100[V] 단상 2선식이다. 근래에 와서 전력 수요의 격증으로 인하여 배전계통의 전압강하 및 전력손실의 증가가 더욱 현저하게 되어 새로운 배전방식 및 배전전압의 채용이 불가피하게 되었다. 따라서 정부에서는 많은 연구끝에 1차측이 22.9/13.2[KV] 3상4선 중성선 다중접지식, 2차측이 380/220[V] 3상4선 공중중성선식을 택하게 되었다. 이미 약간의 일반 수용가에는 220[V] 단상 2선식 전원이 공급되고 있으며 앞으로 점차 이와같이 바뀌어 나가게 될 것이다.

이에 따라 제일 먼저 당면하는 문제가 100[V] 및 220[V]점용 또는 220[V]전용 가정용 전기기기(이하 200[V]급 전기기기라 한다)의 생산이다. 200[V]급 전기기기를 생산하려면 관계법령의 개정, 새로운 규격의 제정, 육내 배선의 변경등 많은 문제가 따르게 된다.

우리 나라에서도 이미 이 방면에 관심이 있는 분들이 외국의 200[V]급 가정용 전기기기에 대하여 조사연구하고 우리 나라의 새로운 배전계통에 알맞은 200[V]급 가정용 전기기기의 구조 또는 절연방식에 대하여 연구 발표¹⁾²⁾³⁾하였으며 새로운 규정도 제정하기 시작하였다.

여기서는 앞으로 200[V]급 가정용 전기기기를 제작할 제작회사나 이 기기를 사용할 일반 수용가들에게 200[V]급 전기기기의 절연방식에 대하여 알기쉽게 설명하여 드리므로써 승압과정에서 일어나는 공급증을 일부나마 해소하고 나아가서 당면한 문제점을 제기하여 서로 연구할 기회를 마련하려고 한다.

2. 人體 感電

전기기기의 절연의 목적은 첫째, 기기가 전기적으로 본래의 기능을 발휘할 수 있게 하고 둘째, 그 기기를 사용중 인체가 감전되지 않게 하려는데 있다. 그러나 제작상의 결함이나 전기기기를 오래 사용하면 절연물이 노화하여 기기의 절연이 파괴되는데, 이때 충전된 부분에 인체가 접촉되면 그림 1과 같이 인체를 통하여 대지로 전류가 흐르게 된다.

이 전류의 크기는

$$I_B = \frac{220}{R_L + R_M + R_U + R_E} [A]$$

여기서 R_L 은 전원 및 선로의 저항[Ω], R_M 은 손에서 발까지의 인체저항[Ω], R_U 는 발에서 대지까지의 저항[Ω], R_E 는 중성선의 접지저항[Ω]이다. 보통의 경우

$$R_L + R_E \ll R_M + R_U$$

이므로

$$I_B = \frac{220}{R_M + R_U} [A]$$

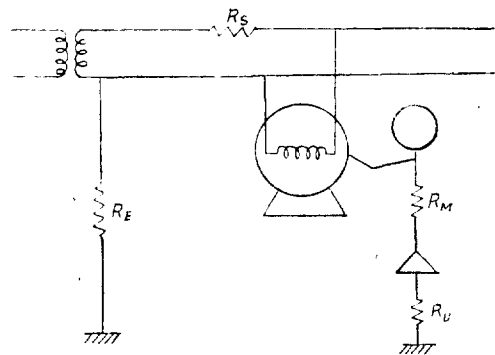


그림 1. 인체의 감전 경로

* 정회원 : 서울工大 工敎科 助敎授

이다.

이때 인체에 걸리는 전압을 접촉전압(U_B)이라고 하는데

$$U_B = I_B \cdot R_M [V]$$

이다.

인체의 저항(R_M)은 인체가 건조한 상태인가 또는 습한 상태인가에 따라 다르고 인체에 잠전되는 전압에 따라 다른데 그림 2는 독일의 프라이베거(Freiburger)가 인체의 손에서 발까지의 저항을 연구하여 발표한 것이다. 이 그림을 보면 200[V] 정도에서 감전되는 경우 인체의 저항은 1~3[KΩ] 정도임을 알 수 있다.

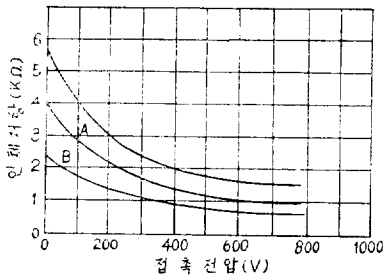


그림 2. 인체의 저항

발에서 대지까지의 저항(R_U)은 건물 바닥의 구조 및 재질, 생활양식, 습도에 따라 차이가 심하다. 우리나라의 경우 대부분이 온돌방에서 맨발로 생활하므로 이 저항은 매우 적는데 습기가 있는 경우 수백옴에 지나지 않는다²⁾.

인체의 저항과 발에서 대지까지의 저항이 결정되면 인체로 흐르는 전류가 결정된다. 그러면 인체는 얼마의 전류까지 견딜 수 있는가에 대하여 알아 보자.

인체에 치명적인 영향을 주는 최소 감전 전류는 주로 심장세동을 일으키는 전류치로 결정된다. 즉 심장세동이 일어나면 심장의 규칙적인 수축작용이 정지하여 혈액순환이 정지되고 곧 죽게 된다. 이 심장세동 전류에 대하여도 일찌기 많은 연구가 있었는데 오늘날 많이 인용되고 있는 것은 독일의 코에펜(Koepfen)이 연구한 결과이다. 이것에 의하면 심장세동 전류는 통전 시간에 반비례한다는 것이다. 즉

$$Q = I \cdot T = 50 [mA \cdot S]$$

인데 통전시간 1초 이상에 대하여는 심장세동 전류가 50[mA]이다. 이것이 그림 3의 A곡선이다. 실제로 인체를 감전으로 부터 보호하기 위한 기기나 시설을 설계할 때는 충분한 안전율을 고려하여 허용 전류시간적으로

$$Q = I \cdot T = 7 [mA \cdot S]$$

를 택하고 지속안전전류는 30[mA]로 하고 있다. 이것

이 그림 3의 B곡선이다.

예를 들면 $R_M = 2000 [\Omega]$, $R_U = 200 [\Omega]$ 이면

$$I_B = \frac{220}{2000 + 200} = 100 [mA]$$

가 된다. 계속해서 100(mA)가 인체로 통하면 이것은 30[mA] 보다 크므로 위험하다. 그러나 특수 장치로 통전 시간을 0.07초 이하로 한다면 안전하게 된다.

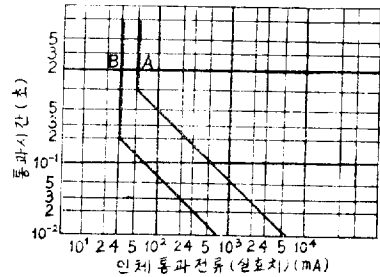


그림 3. 심장세동 전류시간적

독일의 규정 VDE에는 기기가 절연 파괴되었을 때 외피에 나타나는 전압을 65[V] 이하로 억제하고 있는데 이는 인체의 저항을 2.2[KΩ] 정도로 보았을 때 감전 전류가 30[mA] 이하로 되는 조건이라고 볼 수 있다.

3. 感電 保護方式

앞에서 설명한 바와 같이 사람은 전기기기를 사용하다가 감전하게 되는데 이때 사람이 위험하지 않도록 하기 위하여는 여러 가지 보호 방식이 있는데 이것을 크게 나누면 2가지로 대별된다.

첫째로 기기 외피에 위험 전압이 나타나더라도 인체 속으로 전류가 흐르지 않도록 하는 방법과 둘째, 유우즈의 차단 또는 제전기의 동작에 의하여 위험 전압을 제거하는 방식이 있다. 이것을 다시 세분하면

3-1. 접촉의 방지에 의한 법

사람이 접촉할 수 없도록 기기를 높은 곳에 설치하거나 기기에 격리방을 시설하는 방법이다. 특수하게 고정시켜 놓고 사용하는 기기에만 적용될 수 있다.

3-2. 절연물에 의한 절연법

기기의 절연이 파괴될 때 충전되는 외피 금속부를 다시 절연물로 절연하는 방법으로 안전하고 편리하여 널리 사용되는 방법이나 일반적으로 가격이 비싸다.

3-3. 절연 변압기법

절연 변압기를 사용하여 기기를 사용하는 방법이다. 2차측 단자는 어느 쪽도 접지 되어 있지 않으므로 기기의 절연파괴로 인체가 충전부에 접촉되어도 전류가

호를 수 있는 회로가 이루어지지 않으므로 안전하다. 기기마다 절연 변압기를 사용하면 경제적이 못된다.

3-4. 보호 접지법

그림 4와 같이 기기 외피를 접지하여 절연이 파괴되는 경우 기기 외피의 전위상승을 아주 낮게 하거나 유 유즈를 차단시키는 방법이다.

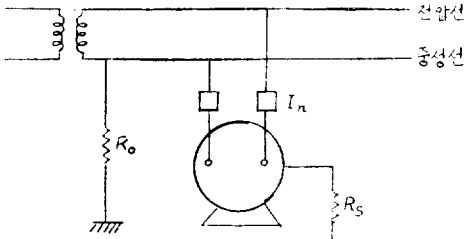


그림 4. 보호 접지법

절연이 파괴되었을 때 기기의 대지에 대한 전위는

$$U_F = \frac{220 \cdot R_s}{R_0 + R_s} [V]$$

가 되는데 예를 들어 $R_0 = 5\Omega$ 일 때 U_F 가 65[V] 이하가 되기 위하여는 R_s 를 3[Ω] 이하로 하여야 한다. 그러므로 이 방법은 접지비용이 많이 들게 되므로 수도관 접지와 같은 방법을 채용하여야 가능하다. 현재 우리나라에서는 200[V]급 전기기기에 3중접지(100Ω 이하)를 하고 있는데 기기의 절연이 파괴된 경우 기기외피에 매우 높은 전압이 나타난다.

3-5. 중성선 접속법

그림 5와 같이 기기 외피를 중성선에 접속시키는 방법으로 현재 독일에서 많이 사용되고 있고 비교적 경제적인 보호 방식이다.

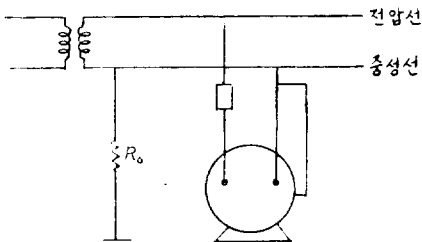


그림 5. 중성선 접속법

중성선은 다중접지되어 있어 기기의 절연파괴시 기기의 외피에는 65[V] 이하의 전압이 나타나게 된다. 그러나 이 방법에 있어서는 고저압 혼촉시 2차 접지선의 전위상승이 직접 기기 외피에 나타나므로 이 전위상승이 큰 배전계통에서는 사용하기 곤란하다. 독일의 경우는 일차 배전계통이 비접지이므로 고저압 혼촉시 전위상승이 120[V] 이하로 억제되고 있으나 우리나라

의 새로운 배전계통에서는 2[KV] 내외의 높은 전위상승이 생기므로 우리 나라에는 이 방법의 적용이 불가능하다고 생각된다.

3-6. 고장전압 보호개폐기법

그림 6과 같이 기기 외피에 위험전압이 나타나면 보호개폐기가 동작하여 고장을 제거하는 방법이다.

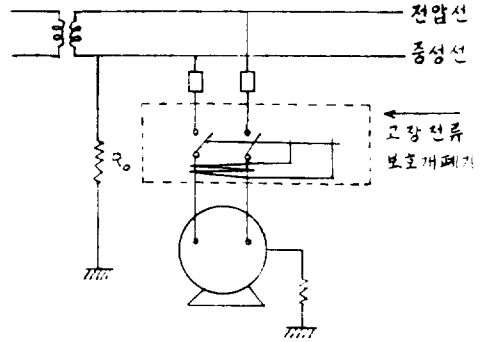


그림 6. 고장전압 보호개폐기법

3-7. 고장전류 보호개폐기법

그림 7과 같이 기기로부터 대지로 전류가 흘러 회로에 영상 전류가 생기면 보호개폐기가 동작하여 고장을 제거하는 방법이다.

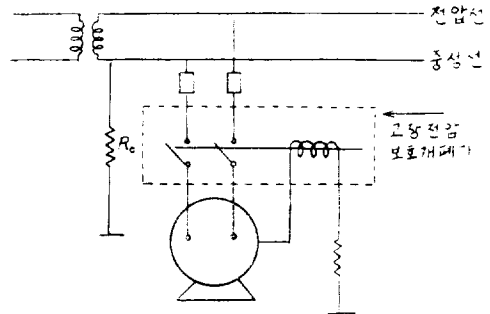


그림 7. 고장전류 보호개폐기법

동작전류 30[mA], 동작시간 30[ms] 정도의 고감도 개폐기를 사용할 경우에는 기기 외피를 접지하지 않아도 무방하다. 즉 인체를 통하여 고장전류가 흐르는 순간 계전기가 동작하기 때문이다. 이 개폐기를 사용하면 누전에 의한 전기화재의 예방도 될 수 있어 현재 가장 좋은 보호방식으로 되고 있어 불란서를 비롯하여 구주 제국에서는 점차 이 방법을 채용하고 있다. 그러나 이 개폐기의 가격이 고가인 것이 문제이다.

4. 200[V]급 家庭用 電氣機器의 絶緣方式

현재 200[V]급 배전방식을 채용하고 있는 나라는 독

일, 영국, 불란서등 구라파의 대부분의 나라들이다. 이 나라들은 CEE (The International Commission on Rules for the Approval of Electrical Equipment) 라는 기구에 가입되어 있고 여기서는 가정용 전기기기, 배선기구, 전동기 구동 소형 공구, 코오드 및 가요 케이ابل 등 많은 전기용품에 대한 규격을 정하였다. 20여국에 달하는 가입국들은 각기 이 규격을 기본으로 하고 각국 마다의 특수성을 고려하여 각국의 전기 용품에 대한 규격을 정하였다. 그러므로 여기에서는 구라파 각국 규격의 근본이 되는 CEE의 규격 Specification for Electric Motor-Operated Appliances⁴⁾와 Specification for Electric Cooking and Heating Appliances for Domestic and Similar Purposes⁵⁾에 규정한 전기기기의 절연방식을 소개하기로 한다.

4-1. 감전 보호방식에 따른 가정용 전기기기의 절연방식

감전 보호방식에 따라 가정용 전기기기를 나누면 제 0종 전기기기, 제 1종 전기기기, 제 2종 전기기기, 제 3종 전기기기의 4종으로 분류된다.

제 0종 전기기기는 기능절연만으로 되어 있고 접지설비가 없는 전기기기이다. 이와 같은 기기는 3절에서 설명한 바와 같이 3-1, 3-3, 3-7항에 해당되는 회로에 사용할 수 있는 전기기기이다.

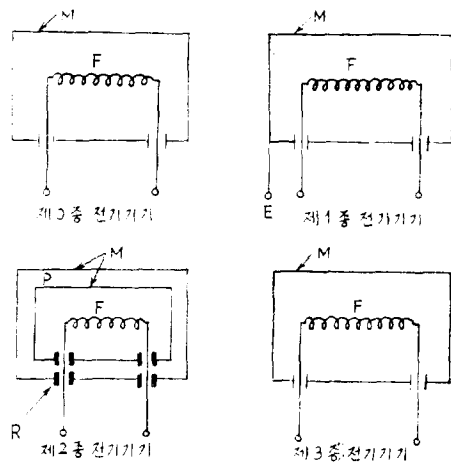
제 1종 전기기기는 기능절연 또는 이와 동등 이상의 절연으로 되어 있고 접지단자를 시설하거나 또는 코오드가 있는 기기는 접지선이 있는 코오드와 접지극이 있는 플러이 있는 전기기기이다. 이와 같은 기기는 3-4, 3-5, 3-6, 3-7항과 같은 회로에 사용할 수 있는 전기 기기이다.

제 2종 전기기기는 기기 전체를 통하여 2중절연이나 강화절연으로 되어 있고 접지설비가 없는 기기이다. 이와 같은 기기는 3-2, 3-7항과 같은 회로에 사용할 수 있는 전기 기기이다.

제 3종 전기기기는 초저압에서 사용되는 전기기기인데 농촌지방에서 가축을 많이 취급하는 곳에서 사용하는 전기기구나 전지용 전기기기에 사용되는 전기기기이다. 이들의 구조를 간단히 그려보면 그림 8과 같다.

위의 설명에서 기능절연(functional insulation)이라 함은 기기 본래의 기능상 필요한 절연으로 감전에 대하여 기초적(또는 일차적) 보호가 되는 절연이다. 보조절연(supplementary insulation or protective insulation)이란 기능절연이 파괴되었을 때 감전을 방지하기 위하여 기능절연에 부가하여 설치한 물리적으로 독립된 별개의 절연이다. 2중절연(double insulation)이란 기능절연과 보조절연으로 구성된 절연이다. 강화절연(reinforced insulation)이란 기계적 및 전기적으

로 감전에 대한 보호도가 2중절연과 동등한 정도로 개량된 기능절연으로 구조상 2중절연을 하기 어려운 곳에 하는 절연이다.



M : 금속부분 F : 기능절연
P : 보호절연 R : 강화절연
E : 접지단자

그림 8. 전기기기의 절연방식

그러면 어떤 전기기기를 제작하려고 할 때 앞에서 설명한 4종중 어떤 방식을 택하느냐 하는 것은 첫째, 배전계통의 배전방식 및 보호장치 물체, 경제성을 고려하여 택하여야 한다. 예를 들면 전열기류인 경우 2중절연 즉 제 2종 전기기기로 하면 열소자로부터 열의 방출이 잘 되지 않으므로 기기의 성능이 저하될 것이다. 그러므로 전열기류는 일반적으로 제 0종 또는 제 1종 전기기기로 하는 것이 유리하게 될 것이다. 현재 우리나라에서 사용되는 대부분의 가정용 전기기기는 제 0종 전기기기에 해당하고 전기세탁기등 접지하여 사용하는 기기는 제 1종 전기기기에 해당된다.

4-2. 절연 저항

기기를 온도가 20~30(°C)내의 어떤 일정한 온도로 유지하고 상대습도가 91~95(%)인 흡습상 속에 48시간 동안 흡습처리를 한후 500[V] 직류 절연저항계로 기기 각부의 절연을 측정한다. 이때 절연저항은 표 1의 값 이상이어야 한다. 참고로 BS 3456⁶⁾과 JIS C 9605⁷⁾에 규정한 값을 기재한다.

표 1. 절연저항

측정개소	절 연 저 항 [MΩ]		
	CEE	BS	JIS
기능절연	2	1	1
보조절연	5	10	2
강화절연	7	10	3

4-3. 절연 내압

절연저항을 측정 한 후 상용주파의 정현파에 가까운 교류전압을 표 2의 개소에 해당하는 전압을 1분간 가하였을 때 이에 견디어야 한다. 참고로 BS 3456, VDE 0730, JIS C 9605에 규정된 값을 기재한다.

표 2. 절연 내압

측정 개 소	절 연 내 압[V]			
	CEE	BS	VDE	JIS
기 능 절 연	1500	1000	1500	1500
보 호 절 연	2500	2500	2500	2500
강 화 절 연	4000	4000	4000	4000

앞으로 우리 나라의 새로운 배전 계통에 사용될 200[V]급 가정용 전기기기에 있어서 가장 문제가 되는 것 중의 하나가 기능절연에 대한 절연 내압이다.

구라과 제국의 1차 배전선로는 10~30[KV] 비접지 계통으로 되어 있어 고저압 혼촉시 2차 배전선로의 전위 상승이 100~150[V] 정도에 지나지 않으나 앞에서 설명한 바와 같이 우리 나라에서는 전위 상승이 2[KV] 내외가 되어 기능절연에 대한 절연내압을 1500[V]로 하여서는 안된다는 점이다. 그런데 우리나라의 경우 고저압 혼촉시 이상 전압의 지속시간은 수 Herz 에 지나지 않으므로 우리 나라의 경우 기능절연에 대한 절연 내압으로는 1500[V]에 1분간 견디고 2500[V]에 0.5초간 견디게 하는 것이 추천되고 있다. 이에 따라 우리 나라의 전기기기는 외국의 것보다 더 비싸게 되는데 이것이 과연 새로운 배전계통을 택하므로써 얻어지는 이익과 비교하여 더 경제적인 가는 앞으로 중요한 연구 과제로 남아 있다.

앞에서 설명한 3가지 사항 이외에도 동작온도에서의 절연내압 또는 누설전류, 구조에 있어서 공간거리, 누설거리 또는 절연거리가 엄격히 규정되어 있고 2중 절연 전기기기에 있어서의 내부배선, 제1종 전기기기에 있어서의 접지설비에 대하여도 엄격히 규정되어 있으나 지면관계상 설명을 약하기로 한다.

5. 結 論

앞에서 설명한 것을 요약하여 우리 나라 배전계통에

적용 가능한 보안대책 및 전기기기의 절연방식을 열거하면

- (1) 보호접지법을 택하고 여기에 제1종 및 제2종 전기기기를 사용하는 방법
- (2) 고장전압 보호개폐기법을 택하고 여기에 제1종 및 제2종 전기기기를 사용하는 방법
- (3) 고장전류 보호개폐기법을 택하고 여기에 제0종, 제1종 및 제2종 전기기기를 사용하는 방법

이 있다. 그러므로 관계 당국은 이상 3가지 방법에 대한 경제성과 안전성을 충분히 검토하여 이것을 하루속히 법제화 하여 제작회사나 수용가에 피해를 입히는 일이 없도록 하여야 할 것이다.

또한 기능절연에 대한 절연내압으로 1500[V]에 1분간 견디고, 2500[V]에 0.5초간 견디는 것을 추천하였는데 이로 인한 전기기기의 가격 상승과 새로운 배전 계통에서 얻어지는 이익과의 경제성 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- (1) 유형주, 이승원, 최계근, 한만춘, 이윤종 : 220/380[V] 2차 배전계통에 대한 보안대책에 관한 연구, 서울대학교 공과대학 응용과학연구소, 1969년 9월
- (2) 이승원 : 승압에 따르는 220V용 전기기기의 절연 방식 결정에 관한 연구, 대한전기학회지, 1971년 7월
- (3) 원종수, 한송열 : 110/220V 양용 전기기기의 형식 승인 기술기준 설정에 관한 연구, 1972년 9월
- (4) CEE Publication 10 Part 1, Specification for Electric Motor-Operated Appliances for Domestic and Similar Purposes, 1964년
- (5) CEE Publication 11, Part 1, Specification for Heating and Cooking Appliances for Domestic and Similar Purposes, 1964년
- (6) BS 3456 : Heating and Cooking Appliances (section AI) and Motor-operated Appliances (section BI), 1966년
- (7) JIS C 9605 : 휴대용 전기 드릴, 1969년