

# 전기기구의 접지표시장치 개발에 관한 연구

안희석 · 정재희 · 김찬오 · 류보혁\* · 남궁희중\* · 김성준\*

서울산업대학교 안전공학과 · \*한국산업안전공단 전기재해예방팀

## 1. 서 론

산업의 발달과 더불어 전기기구의 보급과 전력의 사용은 날로 증가되고 있으며 따라서 전기안전의 중요성도 날로 확대되고 있다. 최근 일어난 가로등에 의한 감전사고의 경우 감전사고의 위험성을 단적으로 보여준 사건이다. 한국전기안전공사의 통계에 의하면 (99년도)전기사고 중 감전사고자는 686명 이 중 감전사망자가 총125명이며 또한 88.8%가 현장에서 즉사한 사고이다.

전기에 의한 사고 중 인체에 미치는 사고는 감전사고가 큰 비중을 차지하고 있으며 감전사고의 대부분은 접지설비를 적합하게 할 경우 예방 할 수 있었던 것도 잘 알려진 사실인 것이다. 그럼에도 불구하고 전기기술자가 아닌 일반인의 대부분은 접지상태에 대하여 확인할 방법과 조치할 기술적 접근이 전혀 되지 않아 전문가의 조언 없이는 안전조치를 할 수 없는 것이 현실이다.

최근에는 각종 전자기기에 Switching Regulator를 사용하는 관계로 인하여 금속제 외함의 전위가 100[V]이상이 측정되어 국제기준인 40~60[V], 국내기준인 안전전압 30[V]보다 높게 나타남으로서 발생하는 감전의 위험을 개선해야 할 필요성이 있다는 것이 본 연구 과정의 조사과정에서 제기되고있다.

중, 소규모의 사업장인 경우 대부분의 장비가 접지를 갖추지 않은 상태로 사용되고 있으며 대형사업장의 경우 비교적 잘 되어있는 접지설비에 반하여 그 접지상태를 판독할 아무런 장치가 없음으로서 접지상태 불량으로 인한 감전사고로 이어지는 경우가 많이 발생하고 있다.

본 연구는 산업현장이나 일상 생활환경에서 감전사고의 방지를 위해 각 전기기구가 필요로 하는 접지상태를 상시적으로 표시하여 이를 사용자에게 알림으로써 위험상태를 인식하게 하여 안전한 전기기구의 사용을 유도하는 장치를 개발, 감전사고를 방지하기 위한 수단인 간단한 접지 표시장치를 개발하는 것으로써, 안전장치는 복잡하고 고비용이란 인식에서 탈피하여 매우 간단하고 단순한 장치로도 안전장치의 실용성이 가능한 것을 인식시키기 위한 목적으로 실시되었다.

## 2. 접지실태 및 외함전위 조사

### 2.1 Switching Regulator에 의한 외함전위 형성

최근 보급되는 각종 전기기구는 그 내부 전자회로를 구동하기위한 DC전원을 위해 전원장치에 Switching Regulator를 사용하는 관계로 인하여 금속제 외함을 접촉하는 경우 감전의 위험이 있다 이 경우 감전전류에 의한 감전충격이 2차사고로 전이될 가능성이 있어 이의 개선이 요구된다. 이는 Switching regulator의 내부에 노이즈, 서어지 방지대책으로 콘덴서를 삽입함으로써 발생되는 것이며 전원측과 외함에 대해 그림 2-1과 같이 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>를 삽입함으로써 발생하고 있다.

이 경우 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>의 값은 제품마다 설계의도에 따라 매우 다르지만 0.1[μF]~0.001[μF]정도가 되어 그 교류 임피던스는 60[Hz]에 대하여 26[kΩ]~2,600[kΩ] 정도가 된다.

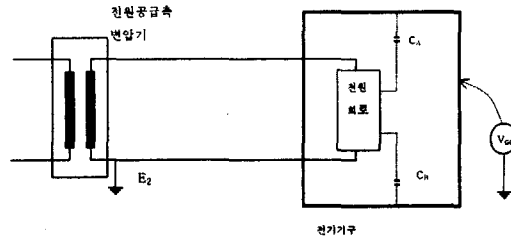


그림 2-1 단상 전기기구의 외함전위

Table 2-1. 전기기구의 외함전위측정

전기기구	전원전압[V]	V <sub>HC</sub> [V]	V <sub>GC</sub>		
			비접지시[V]	접지후[V]	접지저항[Ω]
냉장고	222.4	110.7	110.3	0.3	1.4
세탁기	222.4	110.7	110.3	0.3	1.2
전자레인지	222.4	110.7	110.3	1.7	1.3
PA AMP	228.7	113.9	112.1	0.2	1.4
자판기	221.7	119	113.4	0.4	1.5
음수기	222.1	113.9	113.1	0.1	1.5
컴퓨터	224.8	111.3	110.9	1.4	1.6
모니터	223.1	129.7	127.6	1.2	1.3
공중전화	223.7	116.7	112.8	0.7	1.2

V<sub>HC</sub> : HOT LINE 과 CASE 간의 전압  
V<sub>GC</sub> : 대지(접지측 금속체)와 CASE 간의 전압  
주1) 한국내의 통용 제품을 메이커 구분없이 측정결과이며 10개 측정의 평균임  
주2) 내부 임피던스 10MΩ의 전압계로 측정하였으며 100MΩ 이상의 절연상태에서 측정함  
주3) 전원측이 1측 접지방식인 경우에 한하여 측정함

표2-1에 의하면 대부분의 단상 전기기구의 경우 외함을 접지할 경우 그 외함 전압이 급격히

낮아져서 안전전압 이하로 유지되는 것을 알 수 있다.

산업체에서 사용되는 대부분의 전기기구의 경우에는 외함 측정전압이 0V부근으로 측정되었는 바 이는 각 상별로 형성된 등가 C에 의해 외함에 정전 유도되는 전압은 0전위가 되기 때문으로 생각된다.

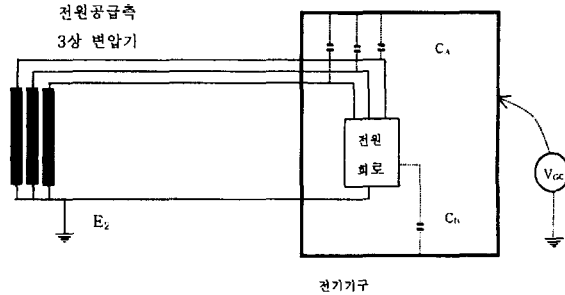


그림 2-3 3상 전기기구의 외함전위

## 2.2 접지실태 조사

본 장치의 개발에 앞서 접지에 관한 실태를 간단히 실시 하였는 바, 조사 결과 접지가 감전 사고를 방지함에 있어서 매우 중요함에도 불구하고 현실적으로 국내의 경우 비접지 전기기구가 많이 사용되고 있으며, 이에 관한 일반인의 인식이 매우 저조함을 알 수 있다. 또한 이러한 인식의 저변이 비접지 콘센트 등의 보급에도 영향을 미치고 있다.

이러한 내용을 현장 조사결과 표2-2와 같은 결과를 나타낸다.

Table 2-2. 접지콘센트 보급 조사

조사대상	조사대상	조사 콘센트[개]	비접지콘센트[개]	불량율[%]
교회	2개소	89	89	100
사무실	3개소	54	54	100
주공 APT (98년도 완공)	30세대	250	0	0
연립주택	16	171	171	100
A정유사 주유소	98개소	1764	1682	95
A정유사 본사 사옥	1개소	200	30	15
계		2528	2026	80.1

비접지 콘센트를 사용하게 되는 요인은

- ① 사용기기 전원 주변에 접지극이 없다.
- ② 사용기기를 위한 콘센트 등의 전원인출기구에 접지가 시공되지 않았다(비접지 콘센트의 사용)등의 원인인 것으로 확인되었다.

접지에 대한 인식 조사한 결과 대부분의 일반인이 접지에 대한 지식이 없는 것으로 확인되었는 데 그 결과는 다음과 같다.

① 사용자가 기기의 접지선 사용법을 인식하고 있지 않다.

- 일반인 대상 50인 조사결과 49인(98%)이 사용법을 모름

② 접지에 관한 인식이 매우 낮다.

- 일반인 대상 50인 조사결과 48인(96%)이 접지 모름

(조사대상: 안전관리대행업체인 H사에서 관리대상 건물의 직원과 관리자를 무작위로 추출 50인을 선정하여 설문으로 함)

전기기구의 접지기능도 열악한 것이 발견되고 있는 바,

① 일부 접지가 필요한데도 불구하고 접지선을 인출하지 않는 기구도 많다.

- 믹서기, 선풍기 등

② 접지가 되지 않은 상태에서도 기기 동작이 사고발생 이전까지 아무런 위험 상태를 느끼지 못하며 경보 등의 기능이 없다.

### 2.3 그 외 감전의 요인

고장발생에 따른 누전상태에 있는 전기기구에 인체 등이 접촉되어 누전전류가 흘러서 감전되는 경우로서, 절연불량의 전기기기 등에 인체가 접촉되어 발생하는 경우가 많고, 또 이러한 불량전기설비가 시설된 철 구조물, 외함 등에 인체가 접촉되어 발생하는 경우도 있다. 또한 금속제 외함을 사용하는 전기기구의 경우 그 내부회로의 절연 성능 열화 등의 원인으로 누전이 발생 할 경우 감전의 위험이 발생한다.

변압기를 사용하거나 전동기 등을 사용할 경우 등 코일과 외함 케이스간의 부유 정전용량의 영향이 클 경우 이를 접촉하는 인체와 대지간 포유용량의 회로가 형성되어 감전의 위험이 발생하고 있다.

## 3. 접지표시장치의 개발

### 3.1 개발시 고려사항 및 특징

① 부품의 최소화

안전장치는 비용부담이 보급에 장애가 되는 특성이 있는 바 제작비용의 부담을 최소화하고 고장요인을 억제하기 위하여 최대한 단순하고 저 비용이 저 운영비가 가능한 부품을 활용한다.

② 전원전압에 Transistor를 직접 Drive한다. 이로서 크기의 최소화를 기하고 최소비용이 가능케 한다.

③ 안전전압의 감지

접지가 필요한 전기기구의 종류나 사용 환경이 다양하므로 감전방지를 위한 안전전압 30[V]가 되지 않도록 그 이하의 전압(실험장치는 15[V])에서 감지 되도록 한다.

④ 감전방지

전기적으로 케이스 부분에 접속되는 회로가 존재하므로 이로 인체가 감전되지 않도록 하여야

한다. 이를 위해 입력단에 교류 220[V]에 대한 임피던스가 약 5.5[MΩ]이 되도록 하였다. 이는 220[V]의 기구를 인체가 접촉하여도 0.04[mA]정도의 미소전류가 흐르므로 안전하게 하기 위함이다.

⑤ 절연측정 오류 방지

입력단에 1000[pF] 콘덴서를 사용하여본 장치가 여러대 사용되는 회로에 절연저항을 측정하여도 절연저항 측정에 오류를 일으키지 않도록 하였다.

3.2 동작의 원리

가. 실험 모델링

일반전기기구의 내부 등가회로를 접지, 비접지 시에 의해 2가지로 분류해서 모델링 하였다. 그림은 내부회로가 평형상태를 이루고 있어 각 회로 분포정수가 외함에 대해 부유정전용량으로 작용하고 그 값이 비교적 평형을 이루는 경우( $C_1 \approx C_2$ ), 또는 Common Noise 방지를 위해 인위적으로  $C_1, C_2$ 를 삽입하고 그 중점을 사시-어스하는 경우로서 가장 일반적인 경우이다.

전원회로는 공급 전력회사 측에서 1측이 접지 되어 공급되어지며 따라서 공급되는 전로 중 접지 측 전선은 항상 대지에 대해서 0[V]의 전위를 유지한다.

이에 반하여 외함 측은 전원회로 측과 형성된 등가 회로에 의해 분배된 일정한 전압이 형성되어진다.

본 장치는 이 그림과 같이 외함 측이 비접지 상태를 유지할 경우 일반적으로 전계기 형성되는 것을 이용한다.

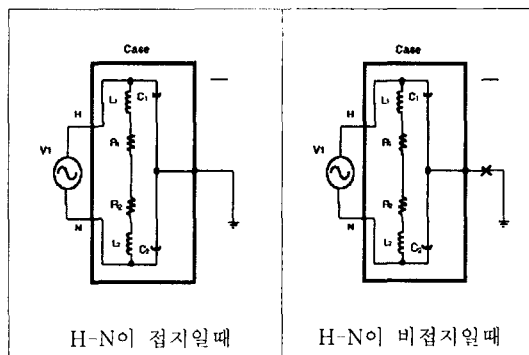


그림 3-1 전기기구에서의 외함전위

외함이 비접지 상태가 되면 대부분의 금속제 외함의 기구는 그 대지 전압이 상승하는 것을 알 수 있다. 이는 전술한 표 2-1의 내용과 같다.

본 장치는 이에 해당하는 전압을 관측함으로써 15볼트 이상의 전압이 외함에 형성되는 것을 감지하도록 하였으며 그 감지 전압은 환경에 따라 제조단계에서 조정이 가능하도록 하였다.

이를 Transistor를 이용하여 구성된 완성회로를 그림 3-4에 나타내고 있다.

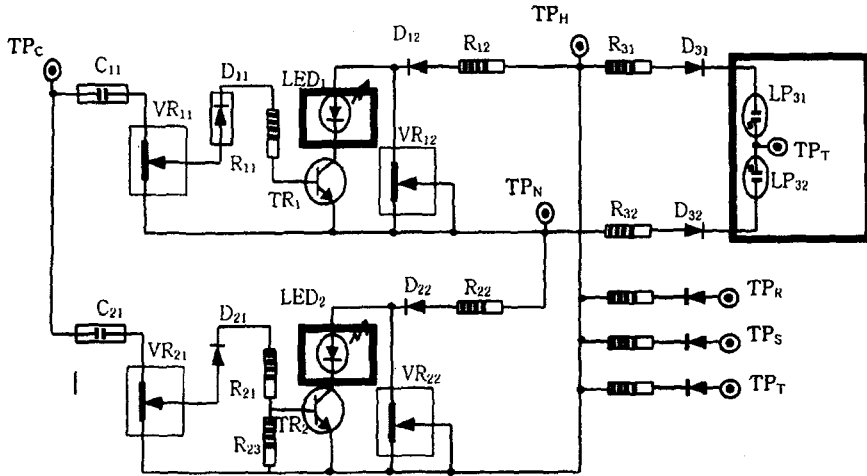


그림 3-2 접지표시장치 회로도

나. 부품별 기능 설명(상단회로를 중심으로)

TP<sub>c</sub> : 케이스에 연결(또는 접지가 필요한 대상체의 적절한 부위)하여 외함의 전압을 얻어내는 단자.

C<sub>11</sub> : 동작회로에 외함전압을 전달하는 결합 콘덴서 단, 기기를 절연저항 측정할 경우에는 DC 차단 효과를 갖음으로서 절연측정시 오차를 방지한다.

VR<sub>11</sub> : 감도 조절용 볼륨

D<sub>11</sub> : 전원을 DC신호로 바꾸는 콘덴서

TR<sub>1</sub> : 전류증폭용 TR

LED<sub>1</sub> : 발광다이오드로서 적색은 비접지 녹색은 접지상태로 표시한다.

D<sub>12</sub> : 전원측에서 TR구동을 위한 DC전원을 얻는 전류 다이오드

VR<sub>12</sub> : 드라이브 전류를 조정(Bypass)하거나 감도를 조절한다.

D<sub>31</sub>, D<sub>32</sub> : 전원공급용 다이오드

R<sub>31</sub>, R<sub>12</sub> : 전압강하용 저항

LP<sub>31</sub> : HOT Line 감지용 램프

LP<sub>32</sub> : 전원 바뀔 감지용 램프

TP<sub>T</sub> : 전원 극성 판독용 단자

TP<sub>H</sub> : HOT Line 전원단자

TP<sub>N</sub> : 뉴트럴 Line 전원단자

TP<sub>R</sub>, TP<sub>S</sub>, TP<sub>T</sub> : 3상전원 인가용 단자.

다. 동작 설명

본 장치를 전원측 H/N을 구분하여 TP<sub>H</sub>, TP<sub>N</sub>에 연결하고 TP<sub>c</sub>를 금속Case에 접속한다

단상기기에 사용할 경우 전원의 H/N의 구분이 명확하지 않을 경우 TP<sub>T</sub>단자에 손을 접촉하여 LP<sub>31</sub> Neon lamp의 점등을 확인한다 이 경우 점등 상태에 따라 다음과 같이 판단한다.

Table3-1 기기의 Neon lamp 동작

점등Neon lamp	현상
LP31	정상접속
LP31,LP32	중성점 접지방식으로 본기기 사용 불가
LP32	역접속으로 전원을 바꾸어 연결필요
점등안됨	전원측 이상이거나 비접지의 경우

Neon lamp가 역접속인 상태 즉 LP<sub>32</sub> 가점등되면 콘센트의 플러그를 반대로 뒤집어 연결한다. 정상접속인 상태 즉 LP<sub>31</sub>이 점등될 때 녹색LED가 점등되면 그 급속 외함의 전압은15[V]이하로서 안전한 상태이나 적색 LED가 점등되면 외함의 전압이 15[V]이상으로서 위험한 상태를 나타낸다.

### 3.3 접지표시장치 동작 시험결과

사용된 LED는 실험결과 0.1[mA] 이상에서 실용감도의 밝기가 유지되는 특성을 가지고 있다. 특성시험은 접지저항의 변화와 외함 전압의 변화에 대해서 실시되었다.

#### 가. 녹색 LED의 동작

외함전압 15[V]의 범위에서 실용감도 이하의 밝기가 되도록 기판의 가변저항을 이용하여 조절하여 VR<sub>22</sub>의 값 10.29[kΩ]의 적정값을 얻었다.

이 값을 고정하고 접지저항 값을 1~10000[kΩ]까지 단단으로 변화 할 경우 LED의 감도와 케이스 전압을 변화 할 경우의 전류 변화를 그림 3-3 에 나타내었다. 실험그래프와 같이 15[V] 이상의 외함 전압에서는 밝기가 현저히 감소하므로 거의 소등된 느낌을 갖게된다. 외함 전압 60[V] 이상에서는 거의 전류가 흐르지 않게 유지된다.

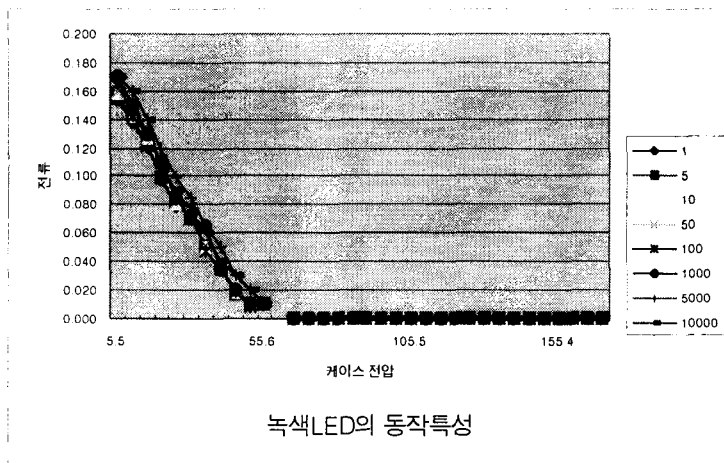


그림 3-3 녹색 LED의 동작 특성

### 나. 적색 LED의 동작

3외함전압 15V의 범위에서 실용감도 이상의 밝기가 되도록 기관의 가변저항을 이용하여 조절하여 VR<sub>12</sub>의 값 1.9[kΩ]의 적정 값을 얻었다.

이 값을 고정하고 접지저항 값을 1~10000[kΩ]까지 단단으로 변화 할 경우 LED의 감도와 케이스 전압을 변화 할 경우의 전류 변화를 그림 3-4에 나타내었다. 실험그래프와 같이 15[V] 이상의 외함 전압에서는 밝기가 현저히 증가하므로 위험상태를 표시하게 된다.

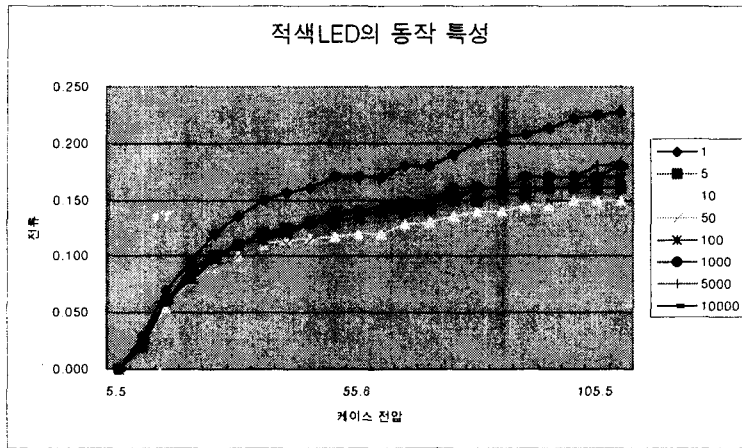


그림 3-4 적색 LED의 동작 특성

이 두가지 LED의 동작 특성을 비교하면 그림3-5 와 같이 서로 반대의 특성을 갖게되어 가시적으로 녹색->적색의 변화를 감지하게 된다. 이로서 외함 전압 15[V]이하에서는 녹색 LED의 발광을 느끼며 그 이상의 외함 전압에서는 적색의 발광상태를 감지하게 된다.

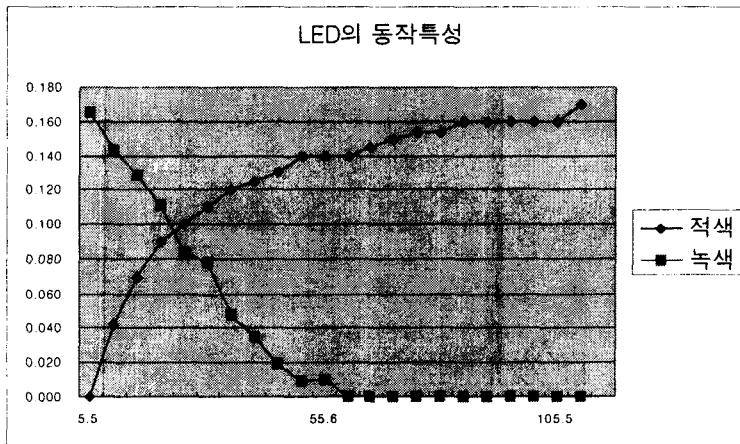


그림 3-5 LED 합성특성(접지 100오옴의 경우)

동작 실험의 결과 외함의 전위상승에 따라 정상적인 0V에서 15V까지 녹색등이 점등되어 외함 전압에 따라 밝기가 감소되며 15V가 넘어가면 적색등이 점등되기 시작하여 그 이상의 전압에 따라 밝아지게 된다.

동작 최대전류는 외함전압 15[V]일 때로서 이때 전류는 0.2[mA]이므로 전력사용량은



220[V]를 기준하여 0.045[W]이므로 본 기기의 동작에 다른 전력사용부담은 매우 적다.

접지의 저항값 변화에 대하여는 큰 전류 변화 및 동작의 변화를 가지지 못하는 것으로 확인된 바, 이는 대지 접지 저항값(제3종 100[Ω]) 보다 본 기기의 내부 임피던스가 매우 높으므로 (5.5[MΩ]) 그 변화에 따른 내부 회로 정수의 영향이 미미한 것으로 판단된다.

접지 저항값의 변화에 따른 특성변화를 얻는 것은 낮은 내부 임피던스에서 가능한 것으로써, 이 경우는 장치의 내부 임피던스에 의한 감전위험을 초래하므로 향후 새롭게 연구되어야 할 과제이다.

#### 4. 결 론

본 연구과정을 통하여 일반적으로 접지는 범규상의 의무임에도 불구하고 그 보급이 매우 저조한 것이 확인되었다.

최근 늘어나는 각종 정보화 기기, 첨단 전자기기의 경우 보급 확대와 더불어 전원회로의 기술적 변화가 많이 발생되고 있지만 전원장치에 의한 감전의 연구가 제대로 이루어져 있지 않은 새로운 과제이며 특히 Switching Regulator와 같이 금속제 외함에 접속하는 전기회로가 필요한 경우 회로를 설계할 때 인체감전에 미칠 영향에 대한 충분한 기술적 검토가 필요한 것으로 확인되었다.

부득이 외함에 대해 전원회로를 콘덴서 접지를 할 경우 그 임피던스는 최소감지전류 이하의 조건이 되게 하기 위하여 220[V]의 기기의 경우

$$Z = 1/(2\pi f \times C) = 220[V] / 1[\text{mA}] = 220[\text{k}\Omega]$$

$$C = 1/(Z \times 2\pi f) = 1/(2 \times 3.14 \times 60 \times 220[\text{k}\Omega]) = 0.012[\mu\text{F}] \text{ 이므로}$$

0.01[μF] 이하로 하여야 할 것이다.

이 경우에도 외함전압은 전원전압의 1/2일 가능성이 크므로 접지는 반드시 실시하여야 한다.

접지는 과거와 달리 인체보호 기능의 중요성뿐 아니라 노이즈, 전자파 차폐에 의한 오동작 방지의 현실적 대안이 되어 가는 실정이다. 그럼에도 불구하고 이를 인식하는 장치의 부재로 인해 접지가 필요한 수많은 기기들이 비접지 상태로 사용되고 있다. 특히 일반인의 접지에 대한 인식은 거의 전무하며 감전 등의 안전사고에 대한 대책으로서 접지설비는 일반인의 주거 환경에서 무방비인 상태인 것이 드러났다.

본 기기는 보급형 기기로서 접지상태를 Analogue의 형태로 보여지게 하였다. 실험 결과 전 기기구의 접지상태에 대하여 적색에서 녹색에 이르는 가시적 표현으로 외함의 전압에 대해 실용적인 표시를 확인 할 수 있었다. 다만 내부의 고 임피던스로 인하여 접지저항값 보다는 외함 전압에 반응되도록 만들어졌으며 외함전압의 15볼트 이상에서 위험을 표시함으로써 안전장치로 사용이 가능한 것으로 판단된다.

안전장치의 필수조건은 저렴하고 단순하며 보급이 쉬워야 한다는 것이 이번 연구진의 기본 생각이다. 본 장치의 개발은 매우 단순하고 저 비용으로 접지상태를 인식하고 표시하는 장치가 가능함을 알리며 그 목적이 있다 하겠다. 그러나 의료기기 등 정밀급 기기에 있어서는 그 접

지저항 값의 정밀도가 매우 중요하므로 외함의 전위나 접지저항을 직독 할 수 있는 수치형의 기기도 개발이 필요할 것으로 판단된다.

본 장치의 회로를 많은 전기기구에 적용함과 동시에 향후 각종 인공 지능적 회로를 부가한다면 접지에 관한 많은 정보를 인식하는 장치로의 발전도 기대 될 것으로 판단되고 있다. 이로써 본 장치가 감전의 위험이 있는 모든 전기기구에 보급되어 감전 위험으로부터 사용자를 보호하는 중요한 기능으로 인식 될 때까지 계속 진화시켜 갈 예정이다.

## 참고문헌

- 1) 김찬오. “산업재해 원인분석의 개선방안에 관한 연구”, 서울산업대학교 논문집 제41집, 1995
- 2) 김성모외 1인, “접지기술입문”, 동일출판사, 1995.11.
- 3) 정재희외 5인, “전기안전공학”, 동화기술, 1995.2.
- 4) 이형수와 1인, “피뢰설비 가이드북”, 도서출판 의제, 1996.8.
- 5) 한국전기안전공사, “컴퓨터의 노이즈발생 원인분석 및 접지에 관한 연구”,
- 6) 한국산업안전공단, “전기설비 기기의 접지기술”, 1992.12.
- 7) 한국전기안전공사, “전기안전기술지침”, 삼우상사, 1996.1
- 8) 이용식, “건설 현장의 감전사고로 인한 사망재해의 특성분석과 예방에 관한 연구”, 서울산업대학교 공학석사 학위논문, 1995
- 9) 사단법인 대한산업안전협회, “전기재해의 원인과 예방대책”, 1997.7.