

## 단자대 이완 검출 장치 개발

주남규\*, 신봉일\*, 박기식\*, 임용배\*\*

\* (주) 피에스디테크, \*\* 한국전기안전공사 전기안전연구원

### A Development of Detection Device for Terminal Block Looseness

Joo Nam Kyu\*, Shin Bong Il\*, Park Ki Sik\*, Lim Young, Bae\*\*

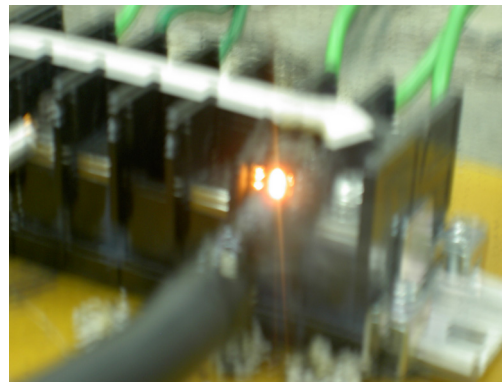
\* PSDTech, \*\*Korea Electrical Safety Corporation Electrical Safety Research Institute

**Abstract** - 산업이 발달함에 따라 전기는 우리 일상 생활에 있어 없어서는 안 될 중요한 요소이나 그 사용에 따른 화재 위험성 또한 날로 증가하는 추세이다. 특히 전기 화재의 경우 전기는 시각적인 흐름을 볼 수 없어 전기용품 사용에 있어 그 사고를 미리 감지하기 어려워 사고 위험성에 대하여 무방비 상태가 된다. 특히 우리나라의 경우 전체 화재 건수 중 전기 화재가 차지하는 비율은 30%이상으로 일본, 미국등 선진국에 비해 높아 화재원으로서 전기 화재 예방에 대한 그 중요성 대두된다.. 본 논문에서는 전기화재 발화 원인 중 단자대 접촉부 접촉 불량으로 야기된 과열에 의한 화재를 예방하기 위하여 접촉부 접촉 저항을 검출 하는 시스템에 대하여 알고리즘 개발 및 설계 하였다.

에서 전위가 원활하게 변화하지만 접촉면에서는 접촉 저항으로 인해 전위가 불연속적으로 변화한다. 이 전위차와 전류의 비를 접촉 저항이라고 한다. 접촉 저항의 증가로 접점의 온도가 상승하게 되어 변색 또는 융착될 수 있으며, 상승온도가 단자를 따라 전도되어 단자대의 수지가 녹기도 하고 화재의 원인이 되기도 한다.

## 1. 서 론

전기는 다른 에너지원에 비해 취급이 용이하고 안전하기 때문에 산업이 발달함에 따라 공장, 빌딩, 사무실 및 가정에서 전기 기계 기구들의 사용이 날로 증가하고 있으며, 그에 따라 전기 화재 또한 증가하고 있는 실정이다. 전기 화재를 유형별로 분류하면 합선, 과부하, 절연 불량에 의한 사고, 접촉 불량에 의한 사고 등으로 분류 할 수 있다. 이에 대한 대책으로 과전류 및 절연 불량에 의한 누전의 경우 과전류 차단기, 누전 차단기 등으로 보호하여 방지 되지만 단자대 등과 같이 접촉면을 가지는 접촉부 접촉 불량에 의한 과열로 발생하는 화재에 대해서는 그 방비가 미흡한 실정이다. 일반적으로 케이블이나, 접촉면에서 발생하는 화재의 경우 아크 발생을 검출하여 비연에 방지하는 AFCI가 미국을 중심으로 개발, 연구되고 있으나 접촉부 접촉 불량에 의한 과열로 발생하는 발화의 경우 국부적으로 발열이 발생하며, 시간의 경과에 따라 접촉부 변형으로 접촉부 접촉 저항이 증가하여 발화원이 될 수 있으며, 화재가 발생하면 전기배선 및 전기기계 기구 등이 화염에 의해 소실되기 때문에 정확한 화재 원인을 밝히는데 그 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 단자대 접촉 불량에 의한 전기 화재로부터 보호하기 위하여 단자대 접촉부 접촉 저항을 감지하여 단자대 풀림에 의한 전기 화재를 사전에 예방하는 목적을 두고 개발 하고자 한다.



<그림 2> 단자대 접촉 불량 발화 상태

## 2. 본 론

### 2.1 접촉 불량

우리가 일상적으로 사용하는 전기 설비 내부에는 전기적 접속부가 있으며, 이러한 접속부에는 압착 가공된 단자와 볼트, 너트의 체결로 접촉하여 접속 하는 경우가 많다. 특히 나사 등과 같은 것을 사용해 체결 한 접속은 접속 시 시공불량이나 전기적 스트레스에 의한 이완, 기계적 스트레스에 의한 이완 등이 나타나기 쉬우며, 그 결과 접촉 저항이 증가하게 되어, 줄열에 의한 발열이 발생하게 되므로 장기간 사용 시 고온 상태가 되어 도체의 접속부의 표면에 산화물의 막이 형성되는 아산화동 증식 발열 현상이나, 단자대에 사용되는 플라스틱과 같은 유기 절연체 표면이 미소하게 탄화되면서 전기통로가 생겨 줄열에 의해 점차적으로 확대해 감에 따라 접촉 저항의 증가하게 되어 더욱 전류가 증가하게 되어 발열량도 증가하므로 발화현상이 일어나게 된다

#### 2.1.1 접촉 저항

2개의 도체를 접촉 시켰을 때 그 접촉면에 생기는 저항으로 2개의 도체를 직렬로 접속시켰을 때 보통 전체 저항은 각 도체의 저항의 합보다 큰데, 이 어분의 저항이 도체의 접촉면에 생기게 된다. 이것은 도체 표면의 요철 등으로 인하여 전류가 흐르는 실제 도체의 접촉 단면적이 외견상의 접촉 단면적보다 작거나, 도체 표면에 산화물과 같은 전류가 통과하기 어려운 물질로 더럽혀져 있는 데서 일어난다. 접촉저항은 접촉 압력이 증가하면 감소하게 된다. 도체에 전류를 흐르게 하면 도체 내부

#### 2.1.2 줄열

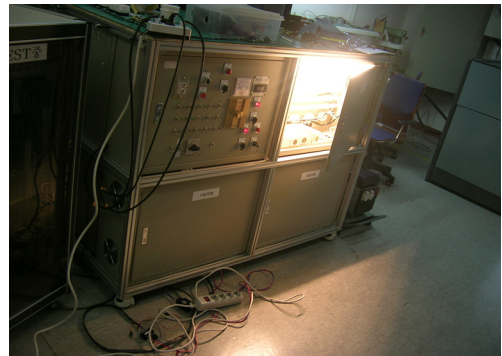
도체에 전류를 흘렸을 때 발생하는 열량은 전류의 2승과 도체 저항의 곱에 비례한다. 이것을 줄의 법칙이라고 하며, 이때 발생하는 열을 줄열이라고 한다. 또한 여기서 발생하는 저항은 도체의 단면적에 반비례하게 되므로 접촉부 단면적이 작아질수록 접촉 저항은 증가하게 되어 줄열은 증가하게 된다.

일반적으로 전로에 쓰이는 도체의 고유 저항은 대단히 적기 때문에 보통의 사용 조건에서는 전로로부터 발열량은 적고 온도가 극도로 상승하는 것은 없지만 전선의 허용전류보다 큰 전류를 흘릴 경우, 배선 접속부 접촉 저항이 증가하는 경우, 전선이 단락되는 경우 등에 의해 줄열이 증가하게 된다.

### 2.2 실험 장비

실험용 부하 장비로 일반적으로 사용되는 단자대에 연결된 부하가 일정하지 않기 때문에 복합 부하 장비를 제작 사용하여 실험을 하였다.

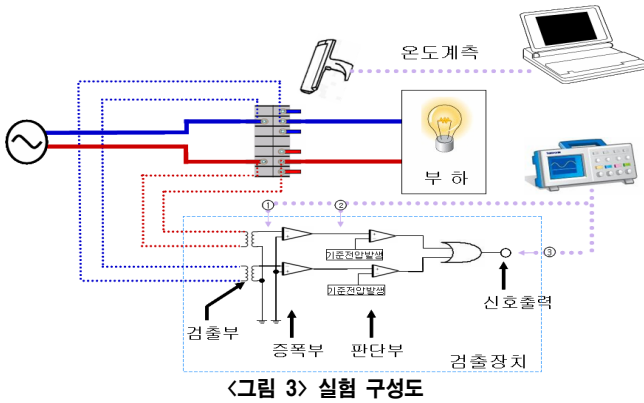
실험용 부하 장비에 사용된 부하로 저항 부하, 백열등, 형광등, SMPS, 디머와 같은 장비를 내장 하였고, 기타 부하에 대해서는 출력 콘센트를 설치하여 추가 구성을 할 수 있게 하였다.



<그림 2> 부하 장비

### 2.2.1 실험 구성도

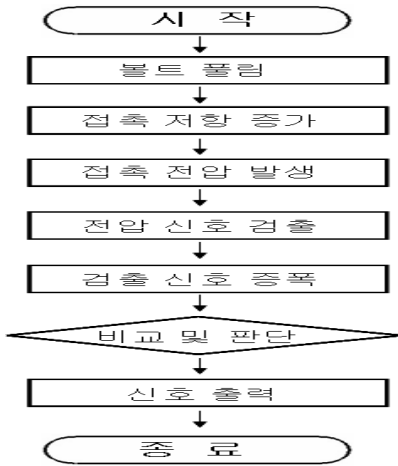
아래와 같이 단자 2선으로 실험을 하였으며, 실험 부하 장비는 상기의 내용으로 입력 전류를 점차 증가 시켰으며, 단자 턴수를 점차 풀어 가며 그 변화에 따른 접촉 전압의 크기를 검출하였다.



〈그림 3〉 실험 구성도

### 2.2.2 검출 Block Diagram

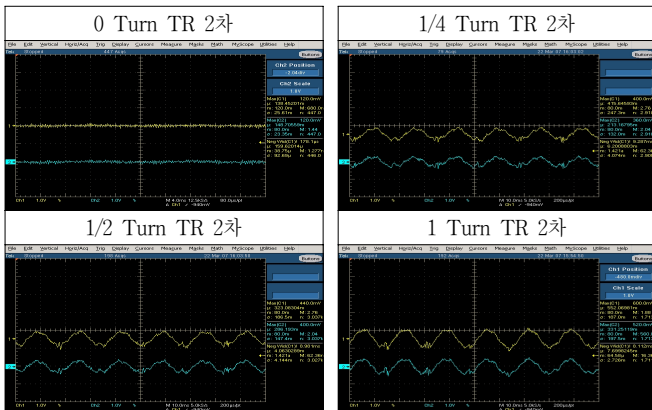
그림 4는 단자대 이완 검출 Block Diagram을 보여 준다. 단자대 이완 검출은 단자대 입출력에 대하여 동시에 TR을 설치하여 접촉 저항의 증가에 의한 전류에 의해 유기되는 2차 전압을 검출함으로써 간단하게 단자 이완을 검출하도록 설계하였다.



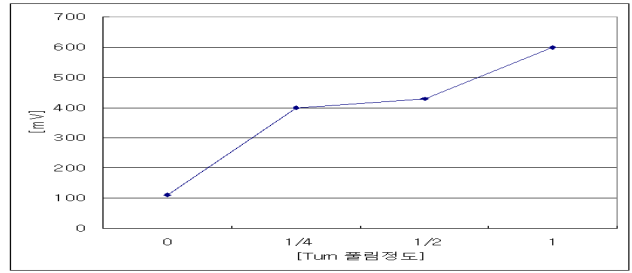
〈그림 4〉 실험 구성도

### 2.2.3 실험 결과

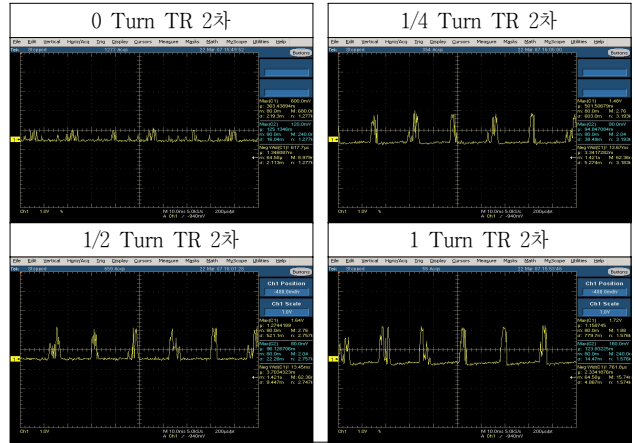
그림 5, 6은 0Turn, 1/4Turn, 1/2Turn, 1 Turn씩 단자를 이완 시키면서 TR 2차측에 유기되는 전압을 측정한 파형 및 그 유기된 전압의 변화를 그래프화 한 것이다. 아래의 그림에서 볼 수 있듯이 단자 이완정도가 많아 질 수록 유기되는 전압이 커지는 것을 알 수 있었고, 그림 7은 유기 전압 증폭파형이고, 그림 8은 단자 이완 검출 장치 최종 출력으로 1/4Turn 이상 이완 발생 시 high를 출력하여 위험성을 사용자에게 보여 줄 수 있음을 확인 할 수 있었다.



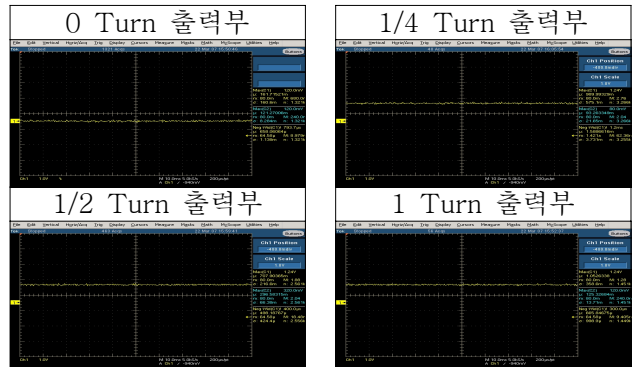
〈그림 5〉 TR 2차 유기 전압 파형



〈그림 6〉 TR 2차 유기 전압 파형 크기 변화 그래프



〈그림 7〉 유기 전압 증폭 파형



〈그림 8〉 단자 이완 검출 장치 최종 출력 파형

### 3. 결 론

본 연구에서 랜덤한 부하를 사용하는 단자대에 대하여 단자 이완으로 접촉 저항이 증가로 발생할 수 있는 전기화재를 미연에 방지 할 수 있도록 단자 이완 검출 장치를 개발하였으며, 실험을 통하여 1/4Turn이상 단자가 이완 될 경우 초기에 이완 신호를 검출하여 사용자에게 화재 위험을 인지 시켜 줄 수 있음을 확인 할 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 전력 산업 기반 기금 전력산업연구개발 사업으로 연구 되었으며, 관계 부처에 감사를 드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 신명호, "배선기구등의 접촉불량으로 인한 전기 화재 위험성에 관한 연구", 서울 산업대학교 졸업논문, 2004년도
- [2] 송충석, 송길목, 김향근, 김동욱, 김동우 "열적 피로에 의한 발화 특성 과전기화재 분석에 관한 연구", 한국 화재, 소방학회 춘계 학술대회 논문집, pp 164-169, 2003년도
- [3] "전기화재통계분석" 한국전기안전공사. 2003년