

# 전력릴레이 고장사고 사례분석 및 고장예측 알고리즘 연구

김용규, 곽동걸, 이승철  
강원대학교

## A Study on Fault Prediction Algorithm and Failure Instance Analysis of Electric Power Relay

Yong Kyu Kim, Dong Kurl Kwak, Seung Chul Lee  
Kangwon National University

### ABSTRACT

According to 2014 fire statistical yearbook in the National Fire Data System, a main cause of fire is electrical fire except carelessness fire. Joint/contact badness is the one of the main cause of electrical fire. Furthermore, power relays which are used in electric panel board, motor control center and automation controller, are main element of automation system in the industry field. Overload, voltage unbalance and open phase due to joint/contact badness of terminal make electric accidents or electrical fires. In order to prevent joint/contact badness of terminal, this paper proposes a sensing circuit of chattering, tracking, arc current, voltage unbalance and open phase etc. Some experimental tests of the proposed apparatus confirm practicality and validity of the theoretical results.

### 1. 서론

국민안전처 국가화재정보센터의 2014년도 화재현황통계에 따르면 총 화재건수 42,135건 중 주요 화재원인으로 부주의가 가장 많은 부분을 차지하는 21,489건으로 51.0%이며 그 다음으로 전기적 요인에 의한 화재사고가 9,445건 22.4%로 집계되어 전기화재가 우리나라 화재에서 차지하는 중요성이 매우 크다는 것을 알 수 있다.<sup>[1]</sup>

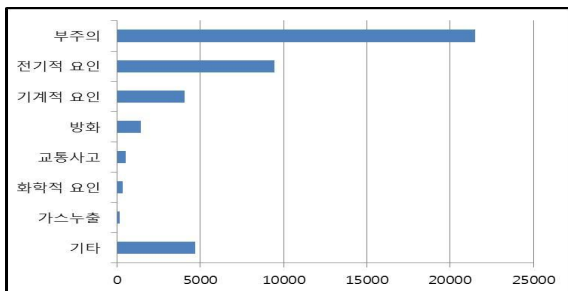


그림 1 2014년 화재통계분석

전기화재의 주요 원인으로는 전선 간 합선에 의한 단락으로 인한 발화, 전선의 허용전류 이상으로 전류가 흘러 주열( $IR^2$ )에 의한 전선피복의 직·간접 발화에 의한 과부하/과전류, 전선

또는 전기기계 기구의 절연특성이 약화하여 정상적인 통로로 전류가 흐르지 못하고 누설되어 이에 의한 발열로 착화원이 되는 누전/지락, 그리고 전선 및 단자 등의 접속·접촉불량에 따른 과열로 점화원이 되는 접속불량으로 크게 구분할 수 있다.<sup>[2]</sup>

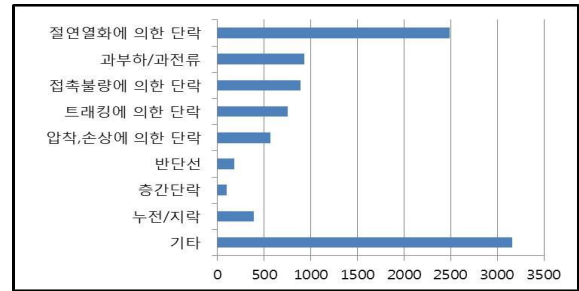


그림 2 2014년 전기화재 요인별 분석

또한 화재로 전이되지 않는다고 하더라도 전원접속의 불량에 따른 부하기기의 소손, 열화, 사용불능의 사고 등은 통계 자료에 적용되지 않지만 실제 사고는 더욱 많이 있을 것으로 추정된다. 특히, 전기분전반, 전동기제어반, 자동화 제어기 등에 다량으로 이용되고 있는 중전류형의 전자접촉기, 전자개폐기 등의 전력릴레이들은 모든 산업현장의 자동화 시스템을 구축하는데 있어 필수적으로 사용되는 부품소자이다. 더욱이 전동기 및 전동기제어반에서 발생하는 전기사고 및 전기화재의 60% 이상이 이들 전력릴레이의 노화 및 접촉부 마모, 접촉불량, 절연 노화 등으로 인한 과부하, 전압불평형 및 결상사고에 의한 전동기 과열 및 화재, 제어반의 화재, 정전사고로 인한 손실증대를 초래하는 것으로 분석된다.

이에 본 논문에서는 전력릴레이들의 노화, 접촉부 불량으로 인한 채터링(chattering)현상을 상시 감지하여 현장기술자에게 교체시기, 노화정도를 초기에 경고하여 사고를 예방할 수 있도록 하고, 접촉불량 및 접촉부 마모로 인한 전압불평형, 결상사고 등의 전기사고가 발생하였을 경우 이를 신속히 감지 및 차단하여 전력계통을 보호하는 보호장치를 제안하고 이론적 해석과 실험측정을 통하여 그 유효성을 검증하고자 한다.

### 2. 전력릴레이 고장사고 사례분석

산업현장의 각종 제어반에 설치된 전자접촉기(EMC), 전자개폐기(EMS), 과부하검용누전차단기(RCD) 또는 모터보호계전

기 등의 전력릴레이들의 접점은 정상적인 개폐 동작 시 각각의 접점들은 기기에 흐르는 전류의 세기에 따라 스파크의 세기도 각각 다르며 접점의 재질과 사용환경 및 사용정도에 따른 각각의 서로 다른 마모의 진행이 있게 된다. 이러한 이유로 인하여 전력릴레이의 일괄적인 상태의 예상이 불가능하고 고장상황의 발생 시 비로소 인지하게 된다. 국내에서 사용되는 각종 자동화제어반, 전동기 제어반 등에 사용하는 전력용 릴레이는 과부하, 전압불평형, 결상사고 등의 전기사고에 대하여 차단 동작시간이 길어 전기화재 예방의 문제점이 있고 각종 릴레이들의 채터링 트래킹전류를 감지하는 기능은 전무하여 전기사고의 사전 예방에는 취약할 수 밖에 없다.

더욱이 결상의 원인은 전동기의 기동과 정지를 담당하는 전자접촉기 단자의 노후와 잦은 사용에 따른 단자의 접촉불량에서 주로 발생한다. 3상 전동기의 1상이 결상되는 경우 전동기에는 정격전류의 약 1.5배의 전류가 흐르게 되고 이에 따른 전동기 내부의 권선의 열화에 의한 화재의 원인으로 주목된다.<sup>[3]</sup>

현재 전동기를 보호하는 목적으로 열동 과전류계전기(THR) 또는 전자식 모터 보호계전기를 사용하고 있으나, 이러한 보호장치는 과전류나 과열이 발생되어야만 검출이 가능하고 또한 전압불평형률이 70% 이상에서 3초 이내에 차단하도록 설계되어 있어, 그 응답속도가 느리고 현장의 환경적 요인에 의하여 잦은 오동작과 정밀도가 저하되는 문제점을 갖는다.

그림 3은 1상 결상에 대한 열동 과전류계전기(THR)의 동작 성능을 분석하기 위한 동작파형으로써 1상 결상에 대해 약 7초 후에 트립동작을 이루었으며, 특히 무부하 또는 경부하시에는 오동작과 동작불능의 문제점을 보였다.

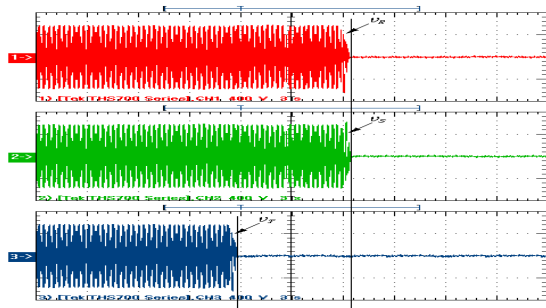


그림 3 1상 결상에 대한 THR 동작성능 파형

실례로써, 서울 소재 A공장의 냉방용 실외기가 차단되어 관리자가 다시 차단기를 올리는 순간 콤프레서가 소손되는 사고가 발생했다. 콤프레서 단자의 전압을 확인한 결과 서로 다른 전압이 확인되었으며 이는 전자접촉기의 단자 불량에 따른 결상으로 인한 사고로 확인되었으며 전자접촉기에는 그림 4와 같이 미세한 탄화흔을 발견할 수 있는 사례였다.

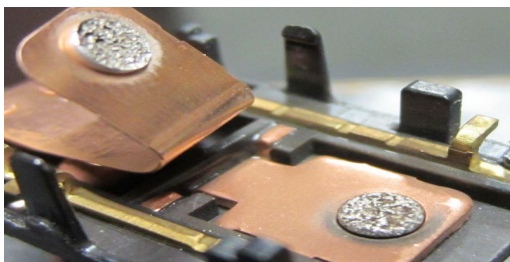


그림 4 릴레이 단자접촉부의 마모 일례

### 3. 전력릴레이 고장예측 알고리즘 설계

전력릴레이의 결함, 노후정도 및 교체여부 분석을 위하여 그림 5에서와 같이 릴레이의 고장예측을 감지하기 위한 알고리즘 회로 블록도를 설계하였다. 이는 전력릴레이의 채터링 현상에 의한 트래킹 전류 아크 펄스를 감지하고 카운터(디지털 계수기)를 통한 아크펄스의 수를 카운팅하여 일정 수에 도달하는 경우 차단기를 트립시키거나 경보장치를 올리는 알고리즘으로 설계된다. 그림 6과 7은 전력릴레이 채터링 현상에 따른 트래킹 아크전류 예시도와 트래킹 감지기 설치 블록도를 나타낸다.

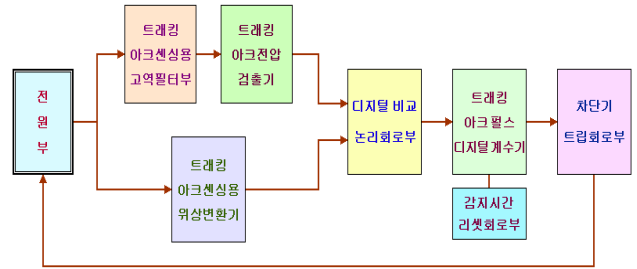


그림 5 전력릴레이 고장예측 알고리즘 회로설계 블록도

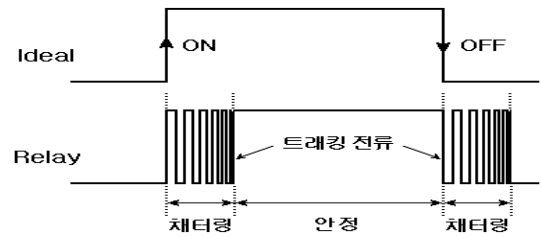


그림 6 전력릴레이 채터링 현상에 따른 트래킹 아크전류 예시도

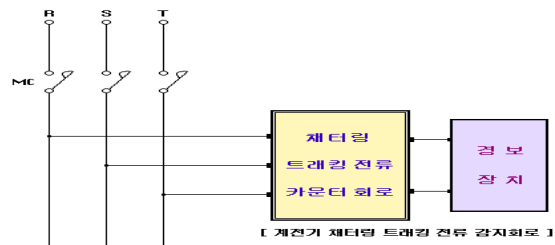


그림 7 전력릴레이 채터링 트래킹 전류 감지회로 설치 블록도

### 4. 결론

제안한 전력릴레이 고장예측 알고리즘 설계는 전력릴레이의 노화 및 교체여부를 사전에 예고하여 적기 교체에 따른 전력계통의 보호를 유지하고, 기기의 고장 또는 소손으로 인한 가동중지 및 재 설치에 소요되는 막대한 비용 발생을 방지하고, 특히 전기사고를 미연에 방지하는 큰 기대효과를 가진다.

### 참고 문헌

- [1] 국민안전처 국가화재정보센터, “화재현황통계”, 2014.
- [2] 장정태, “전기화재의 특성고찰 연구(I)”, 한국화재소방학회 춘계학술논문발표회, pp. 318-325, 2009.
- [3] 김성호, “저압모터는 왜 결상보호를 해야만 되는가”, 계장기술, No. 11, p. 16, 2006.