

3상 전기제어반 전기사고 예방을 위한 계측시스템 설계

곽동걸, 최정규, 김재중, 권영준*, 송강**
 강원대학교, *신화건설(주), **대우강건(주)

An Instrumentation System Design for Electrical Accident Prevention of 3-Phase Electrical Control Panel

D. K. Kwak, J. K. Choi, J. J. Kim, Y. J. Kwon*, G. Song**
 Kangwon National University, *Shinhwa Construction Co., **Daewoo Metal Co.

ABSTRACT

The main cause of electrical fires are caused due to short circuit and open circuit. This is generates an instantaneous electric arc or spark accompanied with such electric faults. These arcs generate a pressed wire, contact badness, and a weakness in the wire coating etc.. This research proposes a protection circuit to prevent open-phase accident due to contact failure of electromagnetic contactor, tracking arc fault, open-phase within the three-phase electrical control panel which is the most commonly applied in the industry. The proposed circuit also alarms and cuts off of power system when electrical faults occurs. In addition, the proposed circuit is validated by various electric accident simulator.

단락·단선으로 발생하는 전기화재 사고가 54.49%로 상당히 높은 비율을 차지하고 있으며, 누전·지락, 과부하·과전류, 기타 부분이 21.35%를 차지하고 있는 것을 확인 할 수 있다^[1,2]. 이는 대부분의 전기화재가 단락이나 단선으로 인하여 발생한다는 것을 증명하는 것이다^[3].

따라서 단락·단선으로 인하여 발생하는 전기화재를 미리 예방 할 수 있다면 전기화재사고를 많은 부분 예방 할 수 있을 것으로 예상된다. 이에 본 논문에서는 전기를 가장 많이 사용하는 3상 유도전동기에 대하여 집중해 전기사고를 예방하고자 한다. 3상 유도전동기에서의 전기사고는 대부분 전자접촉기의 노화, 불량 및 마모로 인하여 과부하, 전압불평형 및 결상사고에 의해 전기화재 및 기기소손이 발생하는 것으로 분석된다^[4]. 따라서 본 논문에서는 전기제어반에서 발생하는 채터링에 의한 아크 전류를 감지하여 전기사고를 미연에 방지하고 결상 시 신속하고 정밀하게 작동하는 보호회로를 제안하고자 한다.

1. 서론

현재 삶에 질의 향상을 위하여 자동화된 시스템들을 많이 사용하고 있다. 이 시설들은 전기의 공급을 기본으로 하고 있으며 전기를 제어하는 목적으로 각종 전기부품이 사용된다. 이런 시스템들은 편리성 향상을 위하여 사용이 늘어나고 있다. 이에 전기사고를 예방하기 위하여 다양한 보호장치들이 사용되고 있지만 전기화재사고는 꾸준히 발생하고 있는 실정이다.

2. 전기화재사고의 발생요인 분석

2.1 채터링과 아크에 의한 전기화재 사고

스위치나 릴레이 또는 접촉기의 접점 계폐 시 짧은 시간에 접점이 붙었다 떨어지는 현상을 반복하는 현상을 채터링이라 한다. 이러한 채터링이 발생하면 아크에 의한 불꽃 방전이 발생하여 접점의 탄화로 결상사고의 원인이 된다.

정상적인 접점은 수 개의 채터링이 발생하지만 노화, 불량 및 마모가 발생한 스위치들은 수십~수백개 이상의 채터링을 발생시켜 트래킹 전류에 의한 전기사고를 유발한다. 또한 3상 유도전동기의 경우에는 이러한 접촉 불량으로 인하여 1상이 결상되면 정격전류의 약 1.5배의 전류가 흐르게 되며, 결상이 된 상태에서 전동기를 기동하게 되면 정격전류의 약 6~8배의 기동 전류가 흐르게 되어 전기사고를 발생시킨다.

2.2 기존의 전기제어반 보호장치

각종 제어반에 설치된 제어기들을 보호하기 위하여 열동과 전류 계전기, 전자식 모터 보호계전기 등을 사용하고 있으나 과부하, 결상사고, 전압불평형에 대한 차단동작 시간이 길어 전기사고 예방에 문제가 있으며, 각종 릴레이들의 채터링을 감지하는 기능이 없어 현재 상태의 예상이 불가능하고 고장 상황의 발생 시에만 인지 할 수밖에 없다.

제어반 보호회로의 동작 특성을 알아보기 위하여 인위적인 결상사고를 만들어 시뮬레이터 하였으며 과전류보호기로는 KS

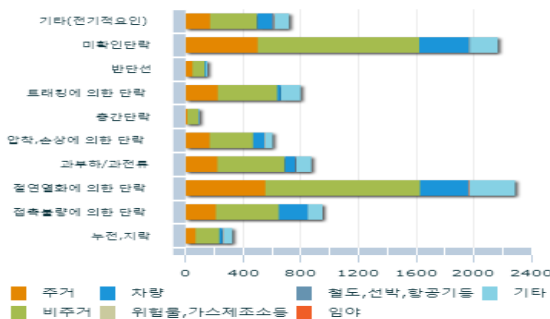


그림 1 2015년 전기화재 원인별 화재현황
 Fig. 1 2015 electrical fire caused by fire status

국민안전처 국가화재정보센터의 2015년 전기화재 원인별 화재현황을 살펴보면 그림 1에서와 같이 미확인 단락을 제외한

C 4504와 IEC 60947의 인증을 받은 열동과전류 계전기를 사용하였다.

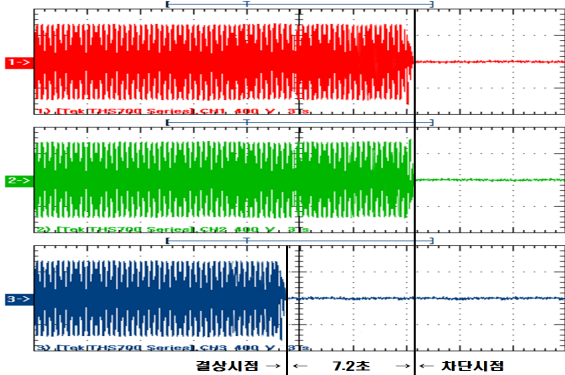


그림 2 결상에 대한 열동과전류 계전기의 동작 파형
Fig. 2 Operating waveforms for open-phase of THR

보호회로로 사용된 열동과전류 계전기의 시뮬레이터 결과 그림 2와 같이 1상 결상시 약 7.2초 후에 차단 동작을 하였으며, 이는 상당히 느린 응답속도를 가지고 있는 것이 증명되었으며, 특히 경부하 결상 시에는 동작을 하지 않는 문제점이 발견되었다.

3. 3상 전기제어반 전기사고 예방 계측시스템

3.1 제안한 계측시스템 회로도

전자접촉기의 노화, 불량 및 마모 여부를 분석하기 위하여 마이크로 컴퓨터를 이용하여 그림 3과 같이 설계하였다. 시스템 구성은 전원부, 하이패스필터부, 추출부, 성형회로부, 정류부, 감압부, 연산부, 차단회로부, 경보부로 구성된다.

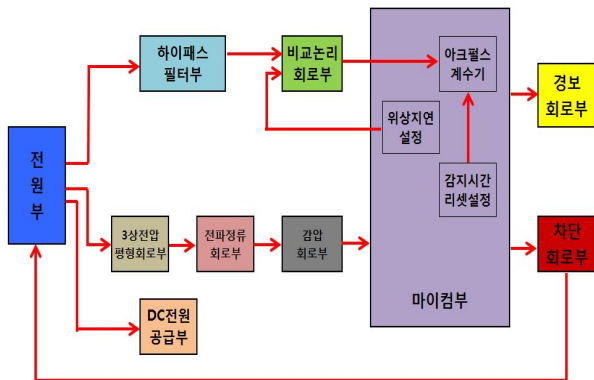


그림 3 제안한 계측시스템의 회로 블록도
Fig. 3 A circuit diagram of proposed instrumentation system

하이패스 필터부에서 아크신호와 고주파 신호를 필터링 한 다음 추출부에서 아크신호만 감지하여 마이크로컴퓨터로 카운터를 한다. 또한 결상을 찾기 위하여 성형회로부에서 이상전압이 발생을 하면 이를 전파 정류하여 마이크로컴퓨터에 무리가 가지 않을 정도로 감압을 한 다음 신호를 받아 약 30ms 지연 후 차단기를 작동시킨다. 이는 혹시 모를 오작동을 방지하기 위하여 설계하였다. 또한 차단회로부는 열동계전기의 특성을 유지하면서 응답 속도를 높이기 위하여 강제 단락회로를 구성하여 설계하였다.

3.2 제안한 계측시스템의 동작 특성

제안한 전기사고 예방 계측시스템은 열동과전류 계전기의 시뮬레이터와 동일한 조건으로 시뮬레이터 하였다.

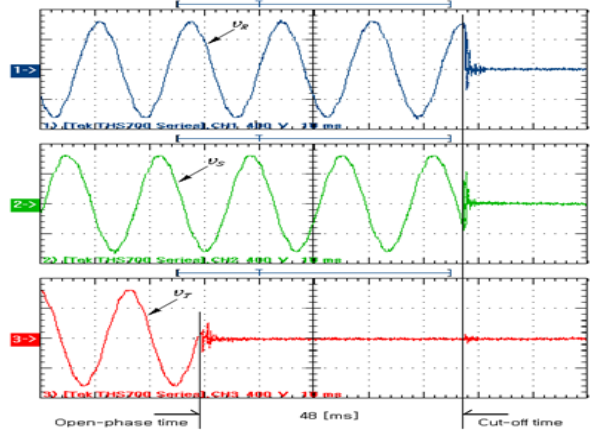


그림 4 결상에 대한 제안한 시스템의 동작 파형
Fig. 4 Operating waveforms of proposed system

제안한 계측시스템은 그림 4와 같이 사고발생 후 차단기 트립 동작까지 약 48ms에 작동을 하였으며 기존의 동작성능과 비교하여 상당히 빠른 응답특성을 가지고 있는 것으로 확인되었다. 또한 경부하 결상 시에도 정확히 작동하는 것으로 확인되었다.

4. 결론

본 논문에서는 산업현장에서 많이 사용하는 3상 유도전동기의 제어반의 문제점을 파악하고 이를 개선하기 위한 전기사고 예방 계측시스템을 제안하였다. 또한 마이크로컴퓨터를 이용하여 차후 컴퓨터와 통신을 할 수 있어 중앙제어반을 구성할 수 있는 장점이 있으며, 반도체 소자로 구성을 하여 반영구적인 사용과 보호장치의 소형·경량화하여 제어반의 제어장치에 삽입할 수도 있을 것으로 기대된다. 따라서 산업현장에서 자주 발생하는 아크 및 결상사고에 의하여 발생하는 전기사고의 예방에 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학연 협력기술개발사업(No. C0333385)의 연구수행으로 인한 결과물임.

참고 문헌

- [1] 국민안전처 국가화재정보센터, “전기화재 현황 통계” 2015.
- [2] KESCO, “Electric Disaster Statistics Analyses” 2013.
- [3] D. K. Kwak, “Development of RCD Auxiliary Trip Device by using High Precision Current Sensor”, Trans, of KIEE Vol. 58, NO.8 pp. 1532-1537, 2009.
- [4] S. H. Choi, D. K. Kwak, J. H. Kim, “A Study on Device Development for Electrical Fire Protection on Open Phase of Three-Phase Motor”, J. of Korea Institute of Fire Sci. & Eng., Vol. 26, No. 1, pp. 61-67, 2012.