직렬 아크사고 경보시스템 개발을 위한 회로 토플로지 설계에 관한 연구

정민상, 곽동걸, 최정규, 김경섭, 박영직*
강원대학교, *㈜서광이에스

A Study on Circuit Topology Design for Alarm System Development of Series Arc Fault

M. S. Jung, D. K. Kwak, J. K. Choi, K. S. Kim, Y. J. Park*
Kangwon National University, *SKES Co.

ABSTRACT

Most of fires are electric fires and 78.65% of those fires are caused by electric arc fault. This series arc fault can be caused not only by decrepit wire, pressed wire or contact badness etc. anywhere we use electricity. There are signs of heat release and flame discharge before the arc fire accident happens. This paper proposes a circuit topology for alarm system of series arc fault. We also verify the qualification of system through various arc fault simulator.

1. 서 론

에너지 절약 붐에 의해 전기용품의 소형화, 저 전력화 등 외형적인 부분이 많이 변화하고 있다. 그러나 전원을 공급하는 방식 그리고 공급선로 등 전기를 사용하는 방법의 변화가 생기는 것은 아니므로 전기로 인한 화재는 줄어들지 않고 지속적으로 발생하는 것이 현실이다.

*발화요인별 화재현황 (전기적 요인)

	발화요인	발생 횟수	발생률 (%)		사망(건)		부상(건)	
기타 사고	누전, 지락	326	3.63	21.35	0	2	5	48
	과부하/과전류	872	9.71		1		19	
	기타(전기적요인)	719	8.01		1		24	
아크 (단락) 사고	접촉불량에 의한 단락	950	10.58	78.65	5	34	14	225
	절연열화에 의한 단락	2290	25.50		4		72	
	압착,손상에 의한 단락	606	6.75		3		27	
	층간단락	97	1.08		1		1	
	트래킹에 의한 단락	799	8.90		2		16	
	반단선	151	1.68		2		7	
	미확인단락	2170	24.16		17		88	
전기적요인(소계)		8980	100%					

그림 1 국민안전처 국가정보센터 발화요인별 화재현황

그림 1은 2015년도 국민안전처 국가정보센터의 발화요인별 화재현황 분석표이다. 분석표에서와 같이 아크(단락)사고의 발생률이 78.65%로 누전, 지락, 과부하 등 기타 사고와 대비하여 월등히 높은 것을 알 수 있다. 이로 인한 인명의 피해 또한 약 4.5배 이상 발생하였음을 알 수 있다[1]. 이는 전기화재의 대부분이 아크(단락)에 의해 발생하는 것으로써, 이에 대한 연구개발의 필요성이 증대된다. 이에 본 논문에서는 접촉불량, 절연열화, 압착 손상, 트래킹 사고 등에서 나타나는 직렬 아크사고에 대한 아크를 감지하고 경보를 울리는 시스템을 개발하여, 전기화재의 피해를 줄이고자 한다.

2. 아크사고 경보시스템의 필요성

2.1 현재 사용되는 차단기의 동작성능

저압 배선선로에 사용되는 차단기는 과전류차단기(MCCB), 누전차단기(ELB) 그리고 과전류겸용 누전차단기(RCD) 등이 사용된다. 과전류차단기는 과전류가 발생할 경우 차단기가 동작하여 전원을 차단하는 장치이며, 누전차단기는 과전류 또는 회로의 누전 발생 시 전원을 차단하는 장치이다. 화재의 원인이 되는 직렬아크 발생 시 과전류차단기와 누전차단기가 동작되지 않음을 그림 2의 동작성능 파형을 통해서 확인할 수 있다. 이는 트래킹 아크전류가 적은 값으로 지속적으로 나타나기 때문에 기존 차단기들이 이를 감지하지 못하는 이유이다[2,3].

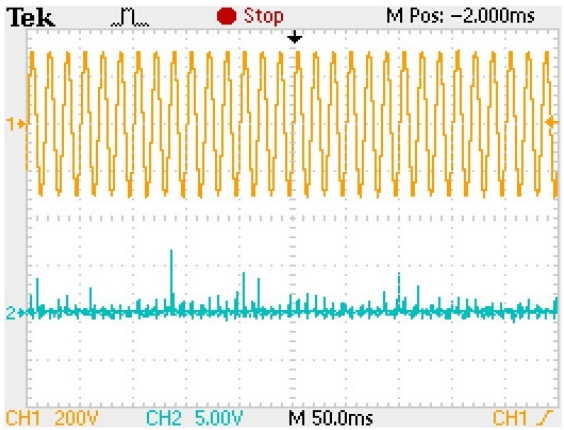

그림 2 아크발생 시 기존 차단기의 동작성능 파형

2.2 아크사고 경보 시스템의 필요성

최근 전기분전반에는 배선용차단기와 누전차단기를 비롯하여 ZCT와 ELD/ELR을 이용한 누전 경보시스템 및 누전 차단 시스템이 잘 갖추어져 있는 상태이다. 또한 습기있는 장소에 인체접촉 우려가 있는 화장실, 욕실회로의 누전차단기는 동작감도를 15mA 고감도 누전차단기를 적용하여 인체감전에 대한 방비는 잘 되어있다고 할 수 있다. 이와 같은 사항은 법제화되어 있으며, 1,000KVA 이상의 전력사용처는 전원공급부로부터

말단 부하까지 누전차단기를 적법하게 적용하였는지 전기안전공사의 사용전 검사를 통하여 검증된다. 그러나 누전차단기는 습기있는 장소 및 인체감촉 우려가 있는 장소에 국한되며, 잦은 전원차단의 우려로 인하여 사용전 검사 이후 배선용차단기로 교체하여 사용하는 경우도 있다. 그리고 1,000KVA 이하 전력사용처는 법제화되어 있음에도 불구하고, 검사대상이 아니기 때문에 경제적인 이유로 누전차단기를 사용하지 않고 과전류차단기만을 사용하는 경우도 있다. 단락(아크)사고 발생 시 누전차단기를 강제로 동작시켜 전원을 차단하는 연구는 활발히 진행되고 있지만 누전차단기를 설치하지 않고 과전류차단기를 사용하는 장소는 아크사고 발생 시 전원의 차단이 어려운 실정이다. 또한 전원이 차단될 경우 정전으로 인한 혼란 및 재산피해가 발생 할 수 있으며, 기계 특성상 누전차단기를 사용할 수 없는 전기용접기, 전기로 등을 사용하는 장소도 있으므로 아크발생시 경보시스템을 시설하여 안전을 확보하는 것이 바람 직하다. 본 연구에서 제안하는 아크사고 경보시스템은 안전관리자가 상주하는 1,000KVA 이상 전력사용처는 전원부에 시설하여 안전관리자가 사고를 인식할 수 있도록 하고, 상주 관리자가 없는 현장은 로컬 분전반 또는 사용자가 인지하기 좋은 장소에 시설하여 전기화재를 줄이고자 한다.

3. 직렬 아크사고 경보시스템 설계 및 특성분석

3.1 경보시스템의 회로 토폴로지

그림 3은 직렬아크 사고를 검출하고 경보를 알리기 위한 제안한 경보시스템의 회로 토폴로지 블록도를 나타낸다. 본 회로는 전원부, 하이패스 필터부, 증폭기부, 지연회로부, 연산부, 카운터부, 경보송출부로 구성된다.

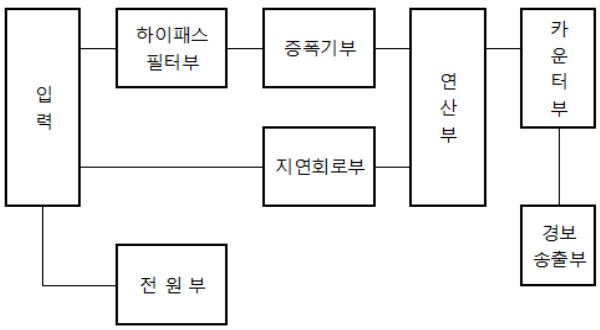

그림 3 직렬 아크사고 경보시스템 설계 블록도

제안한 경보시스템은 직렬아크 사고 발생 시 하이패스필터를 통하여 10kHz 이상의 트래킹 아크전류 고주파 신호를 통과시키고 이 신호를 일정크기로 증폭한다. 증폭된 신호는 지연회로부에서 지정된 30도 뒤진 정현파 신호와 연산부에서 논리곱(AND논리)로 연산된다. 이는 아크사고 전류와 사고 위험성이 적은 서어지 신호와 구별하기 위하여 30° 지연회로부를 통하여 공급전원의 -15°~15°에서 발생하는 아크신호를 검출하기 위해 연산을 수행하게 된다. 또한 이 아크신호는 카운터부에서 500ms 이내에 128개의 신호가 입력될 경우 경보송출부에 신호를 주어 경보할 수 있도록 구성하였다.

3.2 제안한 경보시스템의 시뮬레이터 결과

제안한 경보시스템의 실용성을 입증하기 위하여 아크사고 발생 시뮬레이터를 통하여 실측을 분석하였다. 그림 4는 제안한 경보시스템의 직렬아크 사고 발생 시 경보동작을 나타내는 동작파형이다. 제안한 경보시스템은 직렬아크 사고 발생 후 약 300ms에서 경보신호를 송출하는 동작성능을 보였으며, 여러 차례의 동작성능 실험에서 우수한 동작특성을 보였다.

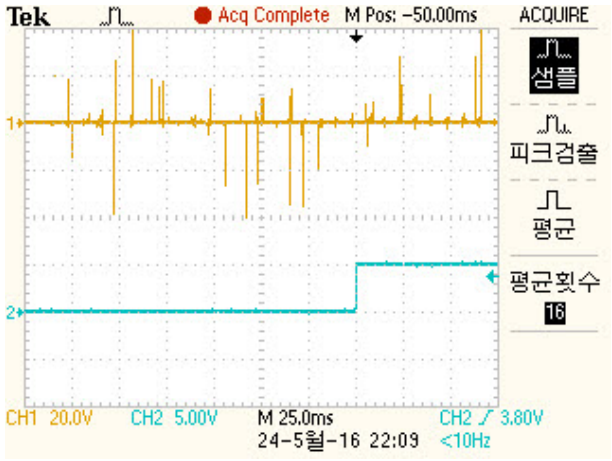

그림 4 제안한 경보시스템의 동작성능 파형

4. 결론

누전으로 인한 사고는 누전차단기 및 누전 경보기 설치 등의 법적인 제도로 인해 사고발생 빈도가 낮음을 화재 현황으로 확인할 수 있다. 현재 직접적인 화재의 원인이 되는 직렬아크 사고에 대한 예방은 실질적인 방법이 없으며, 이는 화재현황으로도 알 수 있는 부분이다. 이에 본 논문에서는 아크 발생 시 경보를 통하여 재산과 인명을 보호할 수 있도록 회로 설계를 하였으며, 그 성능이 실험결과와 같이 검증되었다. 제안한 시스템은 디지털 소자와 반도체 스위칭소자 그리고 마이컴 등 응답성과 신뢰성이 우수한 소자로 구성이 가능하였고, 소형, 경량, 저가로 제작이 가능함으로 용이하게 사용될 것으로 고려된다. 그리고 본 시스템은 전기사고에 대하여 광범위하게 적용될 수 있을 것이며, 전기사고에 대한 사전 경보시스템을 통하여 인명과 재산을 보호 할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 본 경보시스템에 IoT를 활용하여 경보 발생 시 관리자 또는 사용자의 모바일 폰의 앱을 통하여 즉각 통보할 수 있도록 설계할 계획이다.

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

참 고 문 헌

[1] 국민안전처 국가정보센터, “2015년도 화재통계연감”
[2] 곽동걸, “결상 시 누전전류 발생과 오동작 방지 기능을 갖는 결상보호기 개발에 관한 연구”, 전기학회 논문지, Vol. 6, No. 1, pp. 182-187, 2015.
[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.