

전압 위상 비교에 의한 저항성 누설 전류 검출 회로 개발

주남규*, 김태완*, 임용배**

*(주) 대륙, **한국전기안전연구원

A Development of Resistive Leakage Current detecting circuit with Voltage Phase Comparison

Nam-Kyu Joo, Tae-Wan Kim, Youg Bae Lim*

Abstract - 최근의 가정용 전기 설비의 경우 다양화, 첨단화 되면서 과거에는 예상치 못했던 재해들이 발생하여 기존의 설비에 영향을 주는 경우가 생겨난다. 특히 누전 차단기의 경우 고조파, 대지 정전용량 등에 의하여 오동작 요소로 작용하고 있으며, 이를 해결하기 위한 방법으로 저항성 누설 전류에 대한 분석이 필요하며 이를 위하여 전압 위상과 전류 위상, 누설 전류 위상을 검출하여 비교함으로써 순수 저항성 누설 전류와 용량성 누설 전류에 대한 분석을 검출 모니터링하여 비전문가 집단인 사용자 특히 가정에서 보다 안전한 전기사용과 관리에 활용 하고자한다.

선로 이외의 곳으로 전류가 흐르는 현상으로 최대 공급 전류의 1/2000 이하의 누전은 문제가 되지 않으나, 통상 누전 전류가 500[mA] 이상일 때 화재의 위험성이 있다.

3) 절연 열화에 의한 발화 : 옥내 배선 및 배선 기구의 절연체는 대부분이 유기질로 되어 있어 오랜 기간 사용 시 절연체가 노화된다. 그 외에도 고온의 유기질 절연체는 공기 유통이 나쁜 곳에서 가열되면 탄화 과정을 거쳐 도전성을 띠게 되어 미소 전류에 의한 국부 발열로 탄화 현상이 촉진되는 전류가 증가하고 결과적으로 탄화 부분에 발열과 누전으로 인한 화재의 원인이 되고 있다.

1. 서 론

오늘날 전기 화재 예방을 위해 지속적인 노력에도 불구하고 2007년 대비 2008년 전기 화재 증가율을 69.3%로 총 화재 증가율 54.2%보다 매우 높은 증가율을 보이고 있으며, 특히 총 화재 중 전기 화재 발생 비율은 28.04%로 높은 비중을 차지하고 있다.

이에 현행 전기사업법에는 전기 재해 예방과 매년 증가하는 전기 설비의 효과적인 안전 관리를 위하여 모든 전기 설비를 전기사업용 전기설비, 자가용 전기설비, 그리고 일반용 전기설비와 같이 3가지로 구분하여 설비 구분에 따른 전기 안전에 관한 규제를 달리 적용하고 있다. 이중 누설 전류에 대한 보호 대책으로 전선로나 부하기기의 대지 절연저항의 열화로 인해 누설 전류가 흐르면 감전사고, 전기 화재로 연결되어 현재 누전 차단기를 설치하여 기준값 이상의 누설 전류가 흐르면 차단시키는 방법을 사용하고 있으나, 누전 차단기의 검출 센서로 ZCT를 사용하여 저항성 누설 전류와 용량성 누설 전류의 합성 전류를 검출하여 차단하고 있기 때문에 가정용 기기의 다양화, 첨단화 되면서 고조파 발생량 및 대지 정전 용량이 증가하여 오동작 요소로 작용하고 있다. 이에 본 연구에서는 오동작 요소를 저감하고, 상시 감시가 가능한 누설 전류 검출 회로를 개발하고자 한다.

2.2 누설 전류의 분류

저압 케이블과 저압기기의 절연이 열화 또는 파괴되어, 누전이 발생할 경우에는 누전 전류가 흐른다. 누전 개소에서 대지로 누전 전류가 흐를 때에는 저항을 흐르는 저항성 누설 전류 I_{gr} 과 대지 정전 용량을 흐르는 용량성 누설 전류 I_{gc} 2가지가 있다. 여기에서 말하는 “대지정전용량”이란 절연성이 강화된 전선이라도 도체와 지면이라는 도체 사이에 공기라는 절연물이 있기 때문에 전기 계통과 지면 사이는 일종의 콘덴서가 되는 것을 의미하며, 사용하고 있는 전류가 교류이기 때문에 필연적으로 누설 전류가 흐르게 된다. 절연이 모두 저하되지 않아도, 전기 계통과 지면 사이는 일종의 콘덴서라는 것에는 변함이 없고, 끊임없이 I_{gc} 가 흐르기 때문에 접지극으로 귀환하는 누설 전류는 I_{gr} 과 I_{gc} 의 합이고, 이것을 I_o 라고 부른다

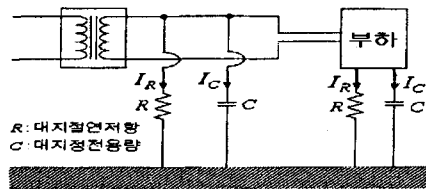


그림 1. 누설 전류의 구성

2. 본 론

2.1 전기 재해의 종류

전기적인 재해 현상은 인체에 직접 전기가 흘러 발생하는 감전 재해와 전기적 점화원, 정전기 등의 원인으로 인한 화재, 폭발 등의 재해로 구분 될 수 있다.

1) 감전사고 : 인체와 직접적인 충전부와의 마찰에 의해 생기는 전기 재해로 위험도는 통전 전류의 크기, 통전 시간, 통전 경로, 전원의 종류에 의해 결정되며, 인체에 대한 영향은 전기신호가 신경과 근육을 자극해서 정상적인 기능을 저해하며, 호흡 정지 또는 심실 제동을 일으키는 현상이며, 또 하나는 전기에너지가 생체 조직의 파괴, 손상 등의 구조적 손상을 일으키는 것이다.

2) 지락 또는 누전에 의한 화재 : 누전이란 전기가 전

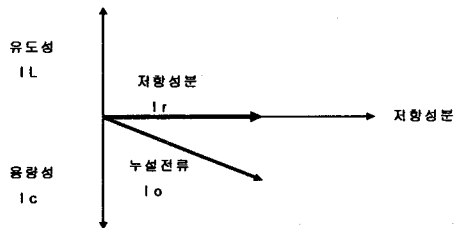


그림 2. 전압과 전류의 위상 관계

1) 저항성 누설 전류 : 전원 전압과 동상인 성분으로 전

선로 및 부하의 대지 절연 저항의 열화가 주요 원인이며, 저항성 누설 전류가 흐르면 줄열에 의하여 주위 온도가 높아져 화재 등의 전기 재해의 원인이 되거나, 인체를 통과하여 흐르면 인명 사고를 유발하게 된다.

전격의 영향	지류(mA)		교류(mA)		
	남	여	남	여	
최소 감지 전류	5.2	3.5	1.1	0.7	
고통없는 쇼크 [근육자유로움]	9	6	1.8	1.2	
고통이 있는 쇼크 [가수전류]	62	41	9	6	
이탈 한계 [불수 전류]	74	50	16	10.5	
근육 경직, 호흡 곤란	90	60	23	15	
심실세동의 가능성	0.03초	1,300	1,30	1,00	1,000
	3초	500	0	0	
심실세동이 확실하게 발생	위 값의 2.75배 한 것				

표 1. 통전 전류와 전격의 영향

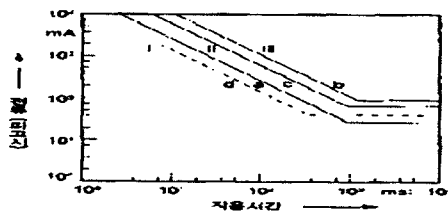


그림 3. 장시간 영역의 전류의 영향

2) 용량성 누설 전류 : 전원 전압보다 90 빠른 성분으로 전선로와 대기 정전 용량이 큰 경우 비교적 많은 양의 용량성 누설 전류가 흐르게 되나, 변위 전류의 형태로 흐르기 때문에 전기 화재와 같은 재해를 유발하지 않는 성분이다. 따라서 전기 재해를 예방하기 위해서는 합선 누설 전류로부터 저항성 누설 전류를 분리하여 검출할 필요가 있다.

2.3 누설 전류 검출 원리

이상 생활에서 사용하는 전기인 교류는 1초에 60번을 주기로 반복하게 되는데 이때 1초에 120회의 전위가 '0'인 위치를 지나치게 된다. 본 연구에서 개발한 누설 전류 검출 원리인 위상 검출의 기본 원리는 Zero점을 이용하여 전상 전류와 전압 위상과의 동상을 검출하고, 상보 비교하여 연산하여 표시하게 된다.

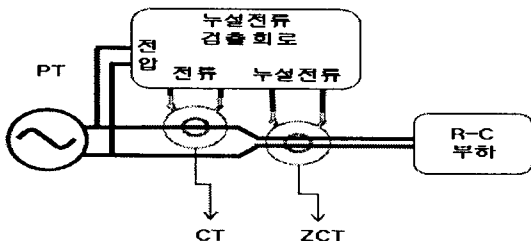


그림 4. 누전 실험 회로의 구성

전압과 전류의 위상 변화를 검출하여 저항성 누설 전류와 용량성 누설 전류를 판단함에 있어 그림 5와 같이 위상 변화를 확인 할 수 있었으며, 이를 토대로 측정 data와 누설 전류 meter를 이용하여 비교 측정해 보았다.

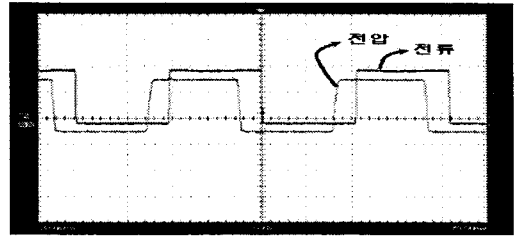


그림 5. 전압과 전류의 위상 검출 파형

순수 저항성 누설 전류와 용량성 누설 전류의 측정을 위하여 저항 220Ω 15단계로 가변하며 측정된 결과 그림 6과 같이 1mA 단위로 누설 전류 meter와 개발 회로, 계산된 전류에 대하여 일치함을 확인 할 수 있었다.

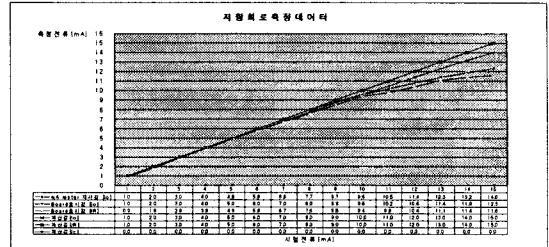


그림 6. 저항성 누설 전류 변화에 따른 검출값

0.1μF로 용량성 누설전류 8mA로 일정하게 하고 15단계에 걸쳐 저항성 누설 전류를 변화 시켜 본 결과 실제 누설 전류에 개발 회로가 추종하여 검출함을 확인할 수 있었다.

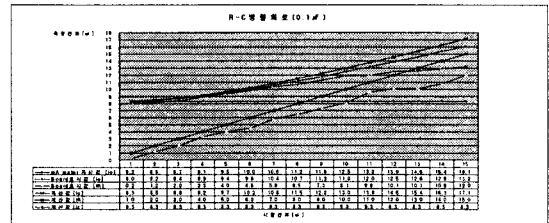


그림 7. 일정한 용량성 누설 전류와 가변 저항성 누설 전류 변화에 따른 검출 값

3. 결 론

본 연구에서는 가정용 단상 부하에서 발생 할 수 있는 누설에 대하여 화재 및 인체 보호를 목적으로 상시 감시 시스템 개발을 위하여 전원 전압을 이용하여 용량성 누설 전류와 저항성 누설 전류를 구분함으로써 수용가의 안정적인 전기 사용을 위한 절연 열화 등에 의한 저항성 누설 전류 발생에 대하여 특성 변화를 감시가 가능함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 전력산업연구개발기금의 지원으로 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김진구, 배석명, 황광수, 이근호 "자가용 전기설비 수용가의 전기안전 의식에 대한 설문 조사", 한국조명, 전기설비학회 학술대회, p 394-397, 2005
- [2] 김영석, 송길목, 김천구 "저전압 전기설비의 온라인 감시시스템 구축을 위한 국내의 실태조사", 조명전기설비학회, vol 21.
- [3] 함승진, 한승명, 고창섭 "저항성 누전 전류에 의하여 동작하는 새로운 누전 차단기", 대한전기학회 vol 57. no.2 2008