

TN접지방식 직류배전에서의 인체 및 설비 보호를 위한 누설전류 검출기

이원기*, 김효성**

*충남테크노파크 자동차센터, **공주대학교 전기전자제어공학부

Development of residual current detector for protecting human and equipment of TN grounding systems in DC power distribution systems

Won Ki Lee*, Hyosung Kim**

*Chungnam Techno Park Automobile Center, **School of EE and Control Engineering, Kongju National University

ABSTRACT

신재생에너지원의 급속한 보급, 고신뢰 및 고효율 전원망에 대한 고객의 요구, 디지털부하의 급증 등 기술적·사회적 환경의 변화에 따라 직류배전망에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 직류배전망의 안전성에 대한 문제도 지속적으로 제기되고 있다. 특히 지락, 단락사고, 절연고장, 낙뢰, 아크, 전식 등으로부터 인체 감전과 기기의 소손, 정지 또는 오동작이 발생할 수 있으며 이로 인해 심각한 문제를 야기될 수 있다.

국제표준 IEC 60364에서는 전기설비에 따른 접지시스템을 TT, TN 및 IT접지의 3가지로 분류하고 있다. TN접지방식은 전원선과 설비외함의 노출 도전부를 보호도체를 사용하여 공통으로 접지하는 계통을 말한다. 따라서, 전원선이 외함에 접촉되거나 인체의 감전에 의한 누전사고가 발생하였을 때 전원선 전체를 통하여 흐르는 전류의 차이를 검출함으로써 사고전류의 검출이 즉각 이루어 질 수 있다.

교류계통에서는 영상전류검출기에 의하여 누설전류의 검출이 가능하지만 직류계통에서는 영상전류검출기를 사용할 수 없으므로 새로운 방식의 누설전류검출장치의 개발이 요구된다. 또한 감전 사고는 인체의 사고와 설비의 사고 두 가지로 구별되며, 효율적인 전력운영과 안전을 위하여 두가지 사고에 대해 통합적으로 구분 동작이 가능한 누설전류 검출기 개발이 요구된다. 본 연구에서는 TN접지계통에서 직류누설전류 검출이 가능한 홀 센서(HCT)를 사용하여 인체 및 설비의 누설전류 패턴에 따라 구분 동작이 가능한 직류용 누설전류 검출기 개발에 관한 연구를 수행하였다.

1. 서론

누설전류가 발생하는 원인은 설비의 지락에 의한 사고와 인체의 감전에 의한 사고가 있다. 인체의 감전에 의한 사고의 경우 30mA의 작은 전류에 의해서도 치명적인 문제가 발생할 수 있으므로 작은 누설전류에 대하여 민감하게 동작할 필요가 있다.

그러나 설비의 지락에 의한 사고의 경우 전원을 차단시켜야 하는 임계전류값을 너무 작게 설정하면 작은 노이즈에도 전원이 차단되어 설비의 전원공급에 차질이 발생할 수 있다. 따라서 설비의 지락사고에 따른 누설전류차단레벨은 일반적으로 300mA(IEC 60364 4 42 안전을 위한 보호 열 영향에 대한 보호)정도로 설정하고 있다.

본 연구에서 개발된 직류누설전류 검출기는 인체감전에 의한 누설전류패턴과 설비지락에 따른 누설전류패턴을 분류하여 동작함으로써, 인체보호를 위한 임계전류값과 설비보호를 위한 임계전류값을 이중으로 하여 동작이 가능하도록 하였으며, 오동작 없이 인명보호와 설비보호를 통합적으로 달성할 수 있도록 하였다.

2. 누설전류 검출

2.1 HCT동작원리 및 출력특성

그림 1은 HCT를 사용한 누설전류 검출 구성도를 나타낸다. 그림 1 (a)와 같은 정상상태에서는 HCT에 통과하는 두선에 흐르는 전류 I_{in} 과 I_{out} 의 합이 0이기 때문에 누설전류는 발생하지 않는다. 하지만 그림 1 (b)와 같이 누설전류 발생 상태에서는 HCT를 통과하는 두 도선에 흐르는 전류 벡터의 합이 0이 아니기 때문에 누설된 전류가 HCT에 의해 검출된다. 이때 누설전류의 크기는 R_g 에 의해 결정되며, 누설전류의 크기에 따른 HCT의 출력 특성은 그림 2와 같다.

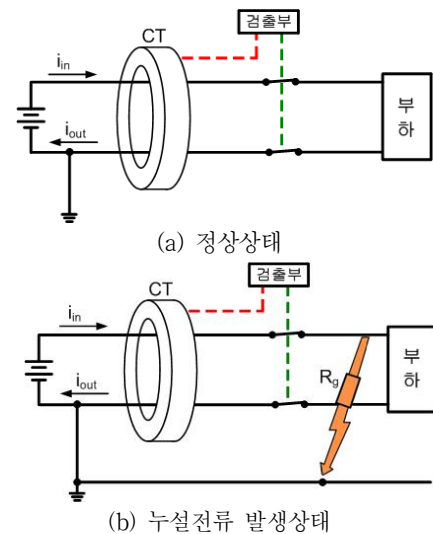


그림 1. 누설전류 검출 시험장치 구성도

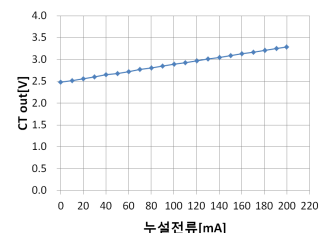


그림 2. HCT의 외관 및 누설전류량에 따른 출력 특성 그래프

2.2 인체 및 설비 누설전류 구분 동작 알고리즘

기존 누설전류 검출기는 사고전류 발생 시 누설전류의 크기만을 검출하여 동작하기 때문에 인체감전과 설비사고에 대하여 구분 동작이 불가능하다. 따라서 두 가지 사고에 대하여 구분 동작이 가능한 알고리즘을 개발하기 위하여 인체 및 설비를 가정한 실험을 실시하여 누설전류 패턴을 확인하였다.

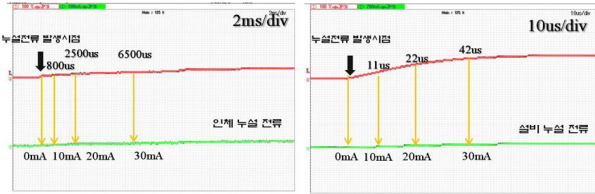


그림 3. 인체누설전류 특성

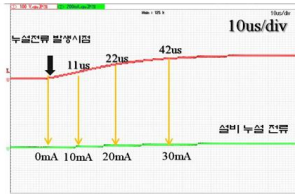


그림 4. 설비누설전류

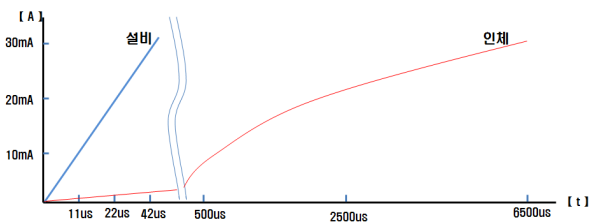


그림 5. 인체 및 설비 누설전류 특성 비교

그림 3은 인체의 누설전류 특성을 나타내고, 그림 4는 설비의 누설전류 특성을 나타낸다. 그림 5에서와 같이 두 가지 누설전류 패턴을 비교한 결과 설비의 누설전류 패턴은 급격하게 증가하지만 인체의 누설전류 패턴은 설비 사고에 비하여 서서히 증가하는 것을 알 수가 있다. 이러한 특성에 따라 마이크로프로세서의 프로그램 연산 처리를 통하여 두 가지 패턴에 따른 구분 동작이 가능한 누설전류 검출기를 개발하였다.

2.3 인체 및 설비 누설전류 발생 실험

인체 및 설비의 누설전류 패턴에 따른 실험 조건은 다음과 같다. 설비 누설전류의 경우 차단 보호레벨조건에서 차단 동작이 되어야 하지만, 작은 누설전류가 흘렀을 경우에는 동작을 하지 말아야 한다. 또한 작은 누설전류일지라도 인체의 경우에는 차단 동작이 되어야 한다. 이에 대한 실험 조건은 표1과 같고 그에 따른 실험을 수행하였다.

구분	인 체	설 비 ①	설 비 ②
회로도			
조건	Vin : 50Vdc LOAD : 인체성부하 (패시브) Residual Current : 50mA Trip Level : 100mA (인체보호레벨 : 30mA)	Vin : 50Vdc LOAD : 저항 Residual Current : 50mA Trip Level : 100mA	Vin : 50Vdc LOAD : 저항 Residual Current : 50mA Trip Level : 100mA

표 1. 인체 및 설비 누설전류 차단 실험 조건

2.4 실험 결과

인체 및 설비에 대한 누설전류 차단 실험결과와 표2와 같다. 인체의 경우에는 인체 누설전류 패턴을 감지하여 작은 누설전류에도 차단이 되었고, 설비의 경우에는 보호레벨 조건에서는 차단이 되지만 작은 누설전류에서는 차단이 되지 않는 것을 확인하였다.

구분	누설전류과형	결 과
인 체		30mA 차단
설 비 ①		차단 X (보호레벨이하)
설 비 ②		차단 O (보호레벨조건)

표 2. 인체 및 설비 누설전류 차단 실험 결과

3. 결 론

본 논문에서는 직류 배전시스템에서 인체 및 설비 사고를 구분하여 동작하는 누설전류 검출기를 개발하였다. 개발된 누설전류 검출기는 노이즈성 전류에 대해서는 둔감하게 동작하여 주요설비에 대한 전력공급의 안정성을 도모함과 동시에, 인체의 감전 사고에 대하여는 민감하게 동작하여 생명을 보호하는 두 가지 목적을 달성할 수 있음을 증명하였다.

체안된 기술은 고도의 신뢰성이 보장되어야 하는 배전망에 적용할 수 있으며, DC 배전시스템의 TN 접지 방식에서 인체에 대한 감전 및 설비 누전에 대한 화재 사고에 대하여 통합적으로 보호가 가능 하다.

이 논문은 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2012R1A1A2039747).

■ 참 고 문 헌

- [1] 이원기,한병훈,정해민,김효성 “직류용 누설전류 검출기 개발”, 전력전자학회, 2013.7, page(s): 53 54
- [2] 김동우,임용배,이상익,김재현,강대철 “누설전류로 인한 전기 화재 및 감전사고 예방기법”, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 2013
- [3] 김혜진, 백중복, 서갑수, 최규식, 배현수, 조보형, “그린 스마트 홈의 직류배전용 누전 차단기에 관한 연구”, 전력전자학회, 전력전자학회, 추계학술대회 논문집 pp. 76 77, 2010.11.
- [4] IEC TR 60755 “residual current protective device dependent or independent of line voltage”. 2008.