

병렬아크에 대한 누전차단기의 트립특성 분석

김일권, 박대원, 최수연, 조영진*, 길경석

한국해양대학교 전기전자공학부, 국립과학수사연구소*

Analysis of Tripping Characteristics of Earth Leakage Circuit Breakers against Parallel Arcing

Il-Kwon Kim, Dae-Won Park, Su-Yeon Choi, Young-Jin Cho* and Gyung-Suk Kil

Korea Maritime University, National Institute of Scientific Investigation*

Abstract : Many electrical fires are occurred by leakage currents and sparks generated by a short circuit. Earth leakage circuit breakers (ELCBs) should be tripped at the moment of the faults mentioned above. In this paper, we described the tripping characteristics of ELCBs against parallel arcing faults. A diesel engine generator with the capacity of 375 kVA source was adopted to provide enough large current when a parallel arcing occurred. The experimental results showed that most ELCBs we experimented were not tripped against short-duration pulse currents produced by parallel arcing because the ELCBs are designed to be tripped by a large current with long duration similar to power frequency.

Key Words : Electrical fire, Spark, Parallel arcing, Earth Leakage Circuit Breaker, Tripping characteristics

1. 서 론

매년 저압용 전기기기 사용으로 인한 전기화재가 빈번히 발생하고 있으며, 전기화재를 예방하기 위한 다각적인 노력에도 불구하고 주거 밀집지역의 화재가 높은 비율을 차지하고 있다. 아크는 저압 옥내배선에서 발생하는 전기화재의 주된 원인으로 2005년도 전기화재 통계분석에 따르면, 국내에서 발생한 8,554건의 전기화재 중 68% 이상이 아크를 동반한 단락과 누전으로 조사되었다^[1]. 전기화재는 재산상의 손실뿐만 아니라 인명피해를 동반하는 재해이기 때문에 전기화재의 징후를 조기에 발견하고 방지할 수 있는 대책이 시급히 요구되고 있다. 일반적으로 퓨즈나 차단기 등과 같은 보호장치는 옥내 배전선로를 보호하기 위하여 사용되며, 과부하 또는 단락을 차단함으로써 배선의 과열로 인한 화재의 위험을 감소시킨다^[2]. 그러나 아크는 이들 보호장치가 동작하지 않는 영역에서 발생할 수 있으며, 이를 감지하지 못하거나 즉시 차단하지 못하면 국부적인 과열로 절연물이 손상되고 주변의 가연성 물질을 통하여 화재가 발생한다^[3]. 따라서 아크 발생에 따른 기존의 차단기의 보호특성에 대한 연구가 요구되고 있다.

본 논문은 전기화재의 주요 원인인 병렬아크에 대한 누전차단기의 트립 특성을 분석하였다. 실제 옥내배선에서 발생할 수 있는 단락상황을 모의하기 위하여 전원으로 3 ϕ 380/220 V, 375 kVA의 디젤 발전기를 이용하였다.

실험에 사용한 누전차단기는 1 ϕ 2W, 정격 감도 전류 30mA, 30A급의 제품으로 강제 단락에 의한 병렬아크를 발생하였으며, 이 때의 전류의 크기 및 트립 유무를 분석하였다.

2. 실험계의 구성

병렬아크는 상도체와 접지 또는 상도체와 중성선간에 의도하지 않은 도전경로가 형성되었을 경우 발생한다. 이때 흐르는 전류는 고장 임피던스 및 아크 발생점의 아크 임피던스에 의해 결정되며, 직렬아크와는 달리 순간적으로 수 백 A 이상의 대전류가 흐를 수 있다. 또한 이는 차단기가 동작하지 않는 상황에서 순간적인 강한 아크열을 발생시켜 화재를 유발하게 된다^[4].

일반적으로 병렬아크의 발생은 칼날로 전선을 자르는 guillotine 시험법을 사용한다^[5]. 그러나 이는 AFCI와 같은 차단기의 성능을 시험하기 위한 방법이며, 병렬아크는 직렬아크와는 달리 단락시 강한 아크열에 의해 동선 및 주위 금속재질도 용융되어 비산되므로 연속적인 시험 및 시험자의 보안상 적합하지 않다.

따라서 본 논문에서는 방폭형 다이케스팅 외함내에 전원이 인가된 1.6 mm 비닐절연전선을 서로 접촉, 강제 단락회로를 구성하여 병렬아크 상황을 모의하였다.

병렬아크 시험에 앞서 전류의 측정 범위를 산출하기 위하여 %임피던스를 이용한 단락전류를 계산하였으며, 전력계통 구성을 그림 1에 나타내었다. 여기서, G는 디젤 발전기, Fp는 고장점이다.

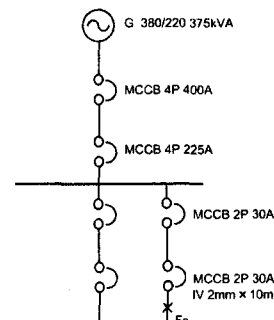


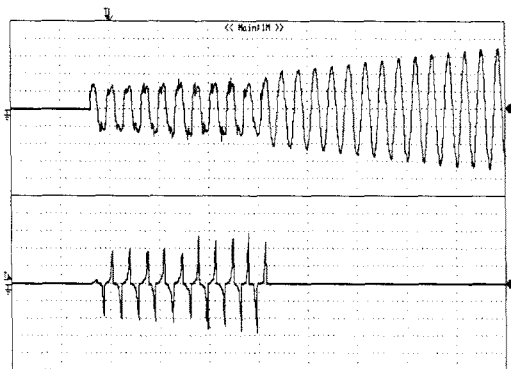
그림 1. 단선결선도

각 요소의 %임피던스를 1,000 kVA 기준으로 환산하여 단락전류를 계산하면, 약 1,136 A의 값을 산출할 수 있으며, 단락시 흐를 수 있는 전류의 한계를 예상할 수 있다.

부하와 병렬로 아크발생장치를 연결하고 CT(3972, Pearson)를 이용하여 전류를 측정하였으며, 병렬아크 발생 시 나타나는 전압, 아크전류 및 누전차단기의 동작 유무를 분석하였다.

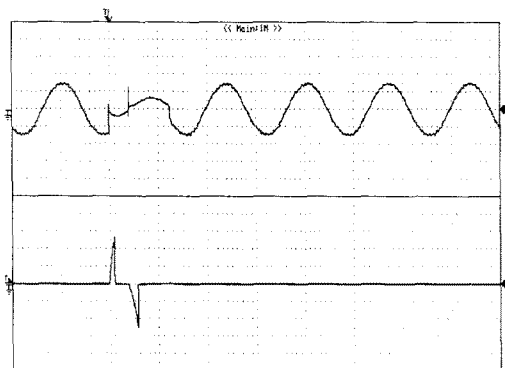
3. 실험결과 및 고찰

누전차단기는 저압전로에서 발생하는 누전을 감지하고 회로를 차단함으로써 감전사고와 전기화재 등을 방지하기 위해 사용되며 내선규정에 따르면 누전으로 인한 재해가 예상되는 곳의 전로에는 반드시 설치하여야 한다. 그러나 본 연구의 목적은 누전차단기가 병렬아크로 인한 과도전류에 대응하여 트립장치의 동작 유무를 분석하는 것이므로 이에 대한 실험을 수행하였다.



상 : 입력전압 [100V/div, 50ms]
하 : 부하전류 [100A/div, 50ms]

(a) 아크상태1



상 : 입력전압 [200V/div, 10ms]
하 : 부하전류 [200A/div, 10ms]

(b) 아크상태2

그림 2. AC 전압과 아크전류

그림 2는 5 kW 시즈 히터가 기본 부하로 연결된 회로에서 정상상태와 병렬아크가 발생했을 때의 전압, 전류를 측정된 파형이다. 그림 2(a)는 탄화된 도선을 이용하여 병렬아크를 발생시켰을 때의 전류파형으로, AC 220 V 전원의

투입과 동시에 강렬한 아크가 발생하였으며, 비닐절연 전선의 도체는 용융, 비산되어 회로가 개방되었다. 그러나 전압파형에서와 같이 병렬아크가 발생하여 최대 -270 A가 흘렀음에도 불구하고 누전 차단기는 동작하지 않았다. 이는 화재를 유발할 수 있는 아크가 발생하더라도 누전 차단기로는 보호할 수 없음을 의미한다. 특히

그림 2(b)는 배선이 절연열화 또는 외부적인 손상에 의해 병렬아크가 발생한 경우를 모의한 것이며, 전원이 인가된 나선을 강제 단락시켜 병렬아크가 발생시켰을 때의 전압, 전류파형을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 측정된 전류의 최대값은 516A이며, 아크전류는 단락시점을 기준으로 2번의 펄스형태로 발생했다.

이상의 실험결과로부터, 병렬아크가 발생할 경우, 정상상태와 확연히 구분되는 펄스성 대전류가 흐르며, 누전차단기로 병렬아크를 차단할 수 없음을 확인하였다.

4. 결론

본 논문은 전기화재의 주요 원인인 병렬아크에 대한 누전차단기의 트립 특성을 분석하였다. 실제 옥내배선에서 발생할 수 있는 단락상황을 모의하기 위하여 375 kVA의 디젤 발전기를 이용하였다.

병렬아크는 탄화된 도선 및 나선을 이용하여 모의하였으며, 아크발생시 순시적 대전류를 측정, 분석하였다. 실험결과, 병렬아크시 정상상태와 구분되는 수 백 A의 펄스성 대전류가 흐르지만 누전차단기는 동작하지 않았다. 따라서 병렬아크 발생시 배전선로를 고속으로 차단할 수 있는 장치가 필요함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

참고 문헌

- [1] KESCO, "A Statistical Analysis on the Electric Accident", KESCO Report Vol. 15, p. 7, 2006.
- [2] George D. Gregory, and Gary W. Scott, "The Arc-Fault Circuit Interrupter : An Emerging product", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 34, No. 5, p. 928, 1998.
- [3] Chunlin Li, Francis Dawson, Hassan Kojori, Chris Meyers, and Edwin Yue, "Arc Fault Detection and Protection-Opportunities and Challenges", SAE Technical Papers, 2003-01-3037, p. 591, 2003.
- [4] George D. Gregory, Kon Wong, and Robert F. Dvorak, "More About Arc-Fault Circuit Interrupters", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 40, No. 4, p. 1006, 2004.
- [5] Underwriters Laboratories, "UL1699-Standard for Arc-Fault Circuit-Interrupters", p. 49, 2006.