

PPTC 소자를 사용한 직류차단기의 아크소호기술

*김용중, **나재호, *김효성
*공주대학교 전기전자제어공학부
**CM 파트너

Arc extinguishment for DC circuit breaker by PPTC device

*Yong Jung Kim, **Jeaho Na, *Hyosung Kim
*School of EE and control Engineering, Kongju National University
**CM partner Company

ABSTRACT

이상적인 차단기는 도통시 손실없이 부하에 전력을 공급하며 차단시 절연내력을 확보하여 전원과 부하사이를 완벽히 분리하여야 한다. 교류차단기의 경우 매 반 사이클 마다 전류가 스스로 제로가 되는 점이 발생하므로 사고전류의 차단이 비교적 용이하지만, 직류차단기의 경우 차단기 접점에서 높은 아크전압을 발생시켜서 사고전류를 감소시켜야 한다. 직류차단기가 충분한 아크전압을 확보하지 못하고 사고전류의 지속적 흐름을 허용하게 되면 고온의 아크전류로 인하여 대형화재로 이어질 수 있다. 전력 전자소자를 사용한 반도체 차단기의 경우 기계적 차단기와 비교하여 차단시간이 빠르고 아크가 발생하지 않으며 소음이 적다는 장점이 있으나, 도통손실이 커서 대용량의 적용이 불가능하다는 문제가 있다. 본 논문에서는 기계적 차단기의 낮은 도통손실과 반도체 소자의 arc less 차단특성의 장점을 살리는 차단기술로써 PPTC 소자를 사용한 직류차단기의 아크소호기술을 제시하고 실험을 통하여 성능을 증명한다.

1. 서론

기계적 차단기는 두 전극의 전기적 접촉에 의하여 전기적 연결 및 차단을 수행한다. 기계적 차단기를 교류에서 사용하는 경우는 매 반 사이클 마다 부하전류 스스로 제로가 되므로 두 전극의 개리거리만 충분하다면 절연확보에 의하여 용이하게 차단 동작이 이루어진다. 그러나, 직류에서는 기계적 차단기가 동작되는 과정에서 전극저항의 급격한 변화는 전극사이에서 기중 절연 파괴현상을 야기시키며, 과도적으로 매우 큰 아크전류를 발생하여 차단기 전극을 용착시키는 사고가 일어날 수 있다. 또한 고온 고압의 아크전류는 화재를 야기하여 인명 및 재산적 손실이 발생할 가능성이 있다. 이는 많은 장점을 갖고 있음에도 불구하고 직류배전망의 보급을 저해하였던 중요한 요인 중의 하나이다.

이러한 문제를 해소하기 위한 방편으로 반도체 차단기가 제시되었다. 반도체 차단기는 차단시 전극간의 저항값이 시간에 따라 기울기를 갖고 증가함으로써 전기적 과도현상이 급격히 발생되지 않으며, 반도체 상태에서 소자의 에너지값이 커서 정상적인 운전조건에서는 전극 내부에서 절연파괴에 따른 아크현상이 일어나지 않는다. 그러나 반도체 차단기는 큰 도통저항에 따른 방열문제로 인하여 대용량의 적용에 한계가 있다.

본 논문에서는 양의 온도계수특성을 갖는 전력소자인 PPTC (polymeric positive temperature coefficient) 소자를 사용하여 기

계적 차단기의 차단시 발생하는 차단아크를 억제함으로써 직류 배전계통에 적용할 수 있는 차단기구조를 제시하고 실험을 통하여 그 성능과 특성을 확인한다.

2. PPTC를 사용한 직류차단기

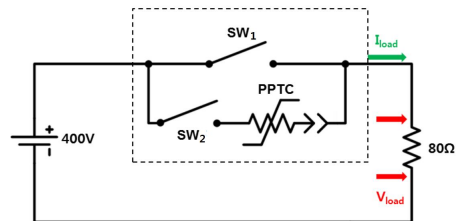
2.1 PPTC의 특성

PPTC는 반결정성 중합체와 전도성 미립자를 혼합시킨 재료로서, 정상 온도에서 전도성 미립자들은 중합체 내에서 낮은 저항값을 갖지만 높은 전류나 주위 온도가 상승하면 폴리머 속에서 결정자가 녹아서 높은 저항 상태로 전이한다. 이 과정에서 온도의 증가에 반응하므로 저항 값의 변화가 시간적 기울기를 갖고 증가하게 되어 반도체 차단기의 차단특성과 유사한 arc less 차단특성을 얻을 수 있다. 또한 용단형 퓨즈와 달리 전원이나 과전류 상태를 제거한 후 리셋하여 재사용할 수 있는 특징이 있다.

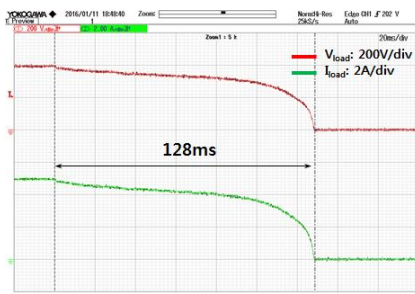
PPTC의 주요한 전기적격은 크게 3가지로 표시된다. 정격전압(Rated voltage)은 PPTC를 사용하는 전원전압의 최대값, 유지전류(Holding current)는 PPTC의 저항값이 저저항 상태로 유지되는 부하전류값, 트립전류(Trip current)는 PPTC의 저항값이 저저항에서 고저항 상태로 변화되는 임계 부하전류값을 각각 의미한다.

2.2 PPTC를 사용한 아크리스 직류차단

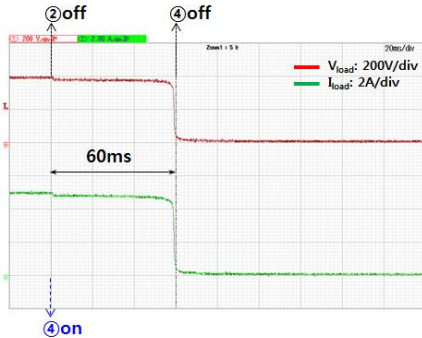
[그림 1]은 PPTC를 사용한 arc less 직류차단기의 구조를 보인다. SW1은 회로의 전기적 연결 및 차단을 위한 주스위치이며, SW2는 차단시 아크억제를 위한 분기회로의 보조스위치이다. 주스위치(SW1)가 on 되면 전원전압이 부하에 가해져서 전력을 공급한다. 보조스위치(SW2)가 on 된 상태에서 주스위치를 off 하면 보조스위치와 직렬로 연결되어 있는 PPTC 분기회로를 경유하여 부하전류가 바이패스되므로 주스위치에는 차단아크가 발생하지 않는다. 이때 PPTC의 정격트립전류는 정격부하전류의 값보다



[그림 1] PPTC를 사용한 arc-less 직류차단기의 구조



(a) 순수 구리전극 (PPTC 사용 없음)



(b) FRV016-240F PPTC 사용



(c) FRV008-240F PPTC 사용

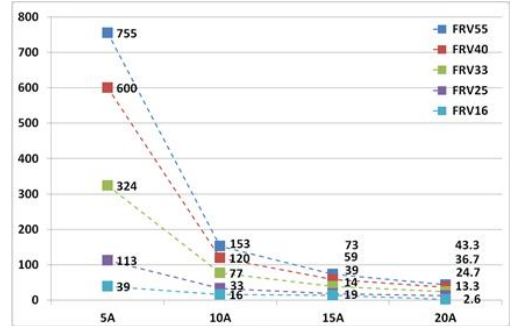
[그림 2] PPTC를 사용한 단락전류 및 아크억제 실험파형

월씬 작게 설정한다. 부하전류가 PPTC의 트립전류 레벨을 넘어 서게 되면 PPTC의 저항값이 급증함으로써 부하전류를 거의 영 으로 감소시킨다. 따라서 적절한 시간지연 후 보조스위치를 off 시키면 보조스위치도 차단아크 발생 없이 차단이 이루어진다.

[그림 2]는 DC 전원전압 200V, 부하전류 5A 조건에서 PPTC 를 사용한 arc less 차단실험파형이다. [그림 2] (a)는 PPTC를 사용하지 않고 순수한 구리의 전극을 사용하여 차단기를 구성한 경우로서, 차단시 전극에서 고온의 아크가 발생하며 차단시간이 약 128ms 소요되었다. [그림 2] (b)는 최대전압 240V, 유지전류 160mA, 트립전류 370mA인 PPTC를 사용한 경우로서 차단시간 은 순수한 구리의 전극을 사용한 차단기의 경우보다 약 50% 짧은 60ms이며 차단시 전극에서 아크가 전혀 발생하지 않았다. [그림 2] (c)는 최대전압 240V, 유지전류 80mA, 트립전류 190mA인 PPTC를 사용한 경우로서, 차단시 전극에서 아크가 전 혀 발생하지 않았고 차단시간은 약 20ms 소요되었다. 이보다 작 은 유지전류 및 트립전류 특성의 PPTC를 사용하는 경우 PPTC 가 부하전류를 견디지 못하고 파손되어 차단시 전극에서 아크가 발생되었다. 이는 제안하는 직류차단기에서 부하전류 크기에 따 른 적절한 PPTC 설계가 필요함을 의미한다.

[표 1] 반복 차단실험에 따른 PPTC를 사용한 직류차단회로의 차단시간

품명	유지전류	트립전류	차단시간[ms]		비고
			최초	반복	
FRV008-240F	80mA	190mA	20	147	반복 차단 불가
FRV016-240F	160mA	370mA	60	25	반복 차단 가능
FRV033-240F	330mA	560mA	680	215	반복 차단 가능



[그림 3] 부하전류에 따른 PPTC의 차단아크 억제 특성

2.3 최적 PPTC 설계

본 논문에서는 부하전류에 따른 최적의 PPTC 설계를 위해 반복실험에 따른 차단시간특성을 분석하였다. [표 1]은 부하전류 5A 조건에서 PPTC를 사용한 직류차단기의 반복차단시간을 보 인다. FRV008 타입의 PPTC인 경우 최초차단시간은 20ms지만 반복차단시간은 약 147ms로 증가하였다. 이러한 차단시간의 증 가현상은 부하전류에 따른 스트레스로 인해 PPTC의 수명에 문 제가 발생할 수 있음을 의미한다. FRV016 타입의 PPTC와 FRV033 타입의 PPTC를 사용한 직류차단 반복실험에서 차단시 간은 최초차단실험에 비하여 반복차단실험에 따라 점차 감소하 였다. 이러한 차단시간의 감소현상은 PPTC가 반복운전에 의해 고유의 차단시간으로 수렴하는 것으로 판단된다.

[그림 3]은 5A~20A 부하전류조건에서 아크억제를 위한 PPTC 분기회로의 차단실험결과를 보인다. [그림 3]을 통해 PPTC를 사용한 직류차단기의 차단시간은 부하전류에 반비례하 고 PPTC의 유지전류 및 트립전류에 비례적임을 확인 할 수 있 다. 그러므로 다양한 차단실험분석을 통해 제안하는 직류차단기 의 PPTC는 수명과 100ms 이하의 차단시간특성을 고려하여 PPTC의 유지전류가 부하전류에 비해 2%이상 4%미만이거나 PPTC의 트립전류가 부하전류에 비해 4%이상 9%미만으로 설계 되어야 함을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 양의 온도계수를 갖는 도전성 소자인 PPTC 분기회로를 사용함으로써 차단아크가 발생하지 않는 기계적 직 류차단기의 구조를 제안하고 실험을 통하여 증명하였다. 또한 arc less 직류차단기의 수명과 차단시간을 고려한 PPTC의 설계 방안에 대하여 제시하였다. 제안하는 직류차단기는 기계적 차단 기의 장점인 낮은 도통저항 특성을 유지하면서도 차단시 차단아 크가 발생하지 않으므로 대용량의 설비에 적용가능하다.

이 논문은 2016년도 정부(교육과학기술부)의 재원을 한국연구재단 의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2016R1D1A3B01008279)

참 고 문 헌

- [1] 나재호, 왕용필, 김효성 “직류용 콘센트 플러그의 초기 후기접점 특성”, 전력전자학회논문지, 21권 4호, p290~295, 2016