

개선된 자기소호회로와 아크전압 억제회로를 사용한 유도성 부하의 직류차단 특성 실험

이성민, 유태식, 김효성
공주대학교 전기전자제어공학부

Experiment on DC Circuit Breaker for Inductive Load by Improved Magnetic Arc-extinguisher and Arc-attenuation Circuit

Sungmin Lee, Taesik Yu, Hyosung Kim
School of EE and control Engineering, Kongju National University

ABSTRACT

최근 들어 디지털 제품의 급증으로 인해 직류를 사용하는 부하가 증가하고, 태양광, 풍력발전 등의 직류를 생산하는 신재생 에너지원의 발달로 인하여 부하에 직류를 직접 공급 할 수 있게 되었다. 직류배전은 가전기기 내부의 전력 변환단계를 줄임으로써 교류배전에 비해 에너지 변환 효율을 높일 수 있는 장점이 있다. 하지만 직류는 교류와 다르게 고장 전류의 차단이 어렵다. 본 논문은 유도성 부하에서 효과적인 직류차단을 위한 자기소호회로와 아크전압 억제회로를 제안하고 실험을 통하여 그 효과를 검증하였다.

1. 서론

부하에서 단락 등의 사고가 발생하였을 경우 차단기는 정격 전류용량을 훨씬 초과하는 사고전류를 단시간에 차단하여야 한다. 회로차단기가 동작하여 접점이 개방되기 시작하면 접점양단에 발생하는 아크전압의 크기가 중요한 변수가 된다. 교류전류에서는 매 반주기마다 부하전류의 크기가 제로가 되기 때문에 적어도 반주기의 시간이 지나면 부하전류가 스스로 제로가 되어 아크가 소호된다. 하지만 직류전류에서는 회로차단기가 동작한 후에도 부하전류는 스스로 제로가 되지 않고 일정한 값을 유지하려고 하기 때문에 차단이 어렵다. 회로차단기가 충분한 아크전압을 확보하지 못하고 사고전류의 지속적 흐름을 허용하게 되면 대형 화재사고로 이어질 수 있는 가능성이 있다.^[1]

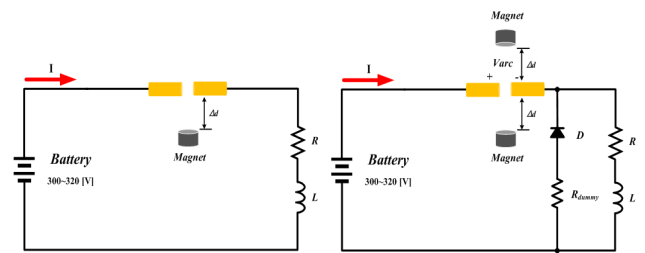
저항으로 이루어진 저항 부하에서와는 다르게 코일을 포함한 유도성 부하는 코일에 흐르고 있는 전류를 차단할시 서지전압이 발생되기 때문에 저항 부하에 비하여 보다 많은 변수가 발생한다. 자기적 아크소호 기법을 이용한 직류차단기 개발에서 제안된 기존의 아크소호 차단극을 유도성 부하에 사용하였을 경우 높은 아크전압과 차단지연이 발생하고 간혹 차단이 되지 않는 등의 문제가 발생한다.

본 논문에서는 직류 차단기의 상용화를 위한 유도성 부하에서의 자기소호 회로와 아크전압 억제회로를 제안하고 직류 차단 특성 실험을 통해 이를 검증 하였다.

2. 직류차단 특성 실험

2.1 직류차단 실험 장치 구성

직류차단 특성 실험용 직류전원은 외부환경요인을 최소화



a) 기존의 아크소호 차단극 b) 제안한 차단극
그림 1 차단극 구조

하고, 안정된 전원전압을 유지하기 위하여 12V_{DC}의 공칭전압과 40Ah의 공칭용량을 갖는 납산 배터리 25대를 직렬로 연결하여 300V_{DC}의 배터리 뱅크를 구성하였다.

시험용 유도성 부하 회로는 10A의 전류를 흘려주기 위한 30Ω의 저항과 IEEE Std C37.14(R2008)에서 규정한 차단기의 내구성 시험조건인 시정수(L/R)가 0.02~0.06[s]의 조건을 만족하기 위하여 인덕턴스 60mH의 용량을 갖는 DC REACTOR 10대를 직렬로 연결하여 600mH의 인덕턴스를 만들어 주었다.

2.2 개선된 자기소호회로와 아크전압억제 회로

그림 1은 기존의 아크소호 차단극과 본 논문에서 제안한 차단극의 구조를 보인다. 기존의 아크소호 차단극은 차단극 접점에 단일 자석을 사용한 반면 제안한 차단극은 자석 두 개를 사용하여 차단극 접점에 직각으로 나란히 배치함으로써 자석에 형성되는 자기력을 극대화시켜 아크전류를 더욱 빠른 시간에 소호 해주는 역할을 하게 된다.

부하와 병렬로 연결된 환류 다이오드는 차단이 이루어지는 동안에 아크전류를 다이오드를 통하여 흐르게 유도하고 덤핑 저항을 통해 부하 인덕터의 자기에너지를 방출시킨다.

2.3 직류차단 특성 실험

저항부하의 조건에서 기존의 아크소호 차단극을 사용 하였을 경우 차단 특성은 아크전압 311V, 차단 시간 약12ms의 특성을 갖는다.^[2] 하지만 유도성 부하에서의 차단특성은 확연히 달라진다. 이 문제는 그림 2에 나타난다.

그림 2는 기존의 아크소호 차단극을 사용한 유도성 부하에서의 실험결과이다. 실험 조건으로는 자석과 접점간의 이격거리는 20mm, 차단극의 이송속도는 150mm/sec이다.

직류회로 차단을 시작한 이후에 전류는 10A에서 0A로 줄어

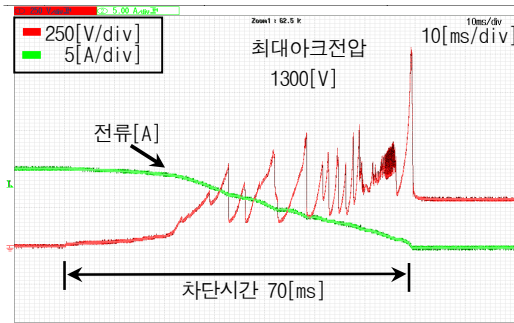


그림 2 기존의 아크소호 차단극에 대한 유도성 부하 실험 (자석이격거리: 20[mm], 이송속도: 150[mm/sec])

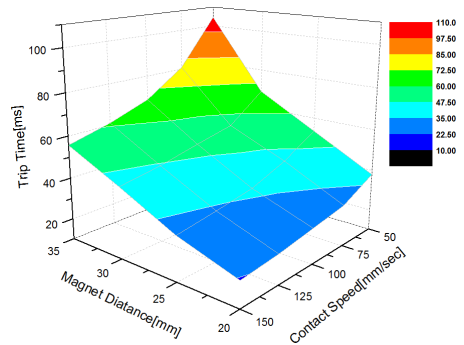


그림 5 유도성 부하의 직류 차단 특성 실험결과

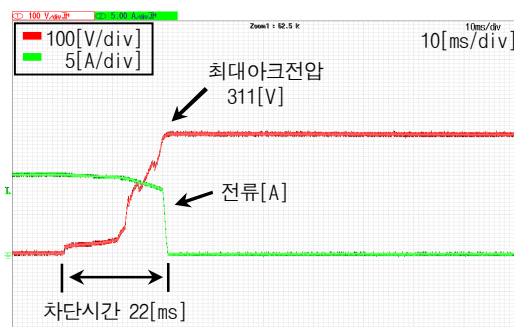


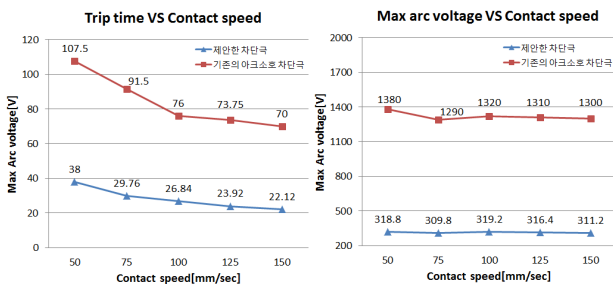
그림 3 제안한 차단극에 대한 유도성 부하 실험 (자석이격거리: 20[mm], 이송속도: 150[mm/sec])

3. 결론

본 논문에서는 유도성 부하에서의 차단 시간과 아크전압을 줄이기 위한 방편으로 개선된 자기소호회로와 아크전압 억제회로를 사용한 차단기 구조를 제안하고 그에 따른 특성 실험을 진행하였다.

실험 결과 개선된 자기소호회로와 아크전압 억제회로는 기존의 아크소호 차단극에 비하여 차단 시간이 70ms에서 22ms로서 3배 이상 빨라졌다. 또한 아크전압은 1300V에서 311V로서 1/4배 이하로 감소되었다.

자기소호 회로에서의 자석 두 개를 사용하여 나란히 배치함으로써 자기력을 극대화하여 차단시간 개선 효과를 보였다. 또한 환류 다이오드와 덤프저항을 이용한 아크전압 억제회로를 사용하여 유도성 부하에서의 아크전압을 획기적으로 개선되는 효과를 실험적으로 검증하였고, 직류 차단기의 구체적인 제품화 설계를 도모할 수 있을 것으로 예상된다.



a) 차단 시간[ms] b) 최대 아크전압[V]

그림 4 유도성 부하에서의 차단극에 따른 차단 특성 (자석이격거리: 20[mm], 이송속도: 150[mm/sec])

든다. 이때의 차단시간은 70ms, 아크전압의 최댓값은 1300V로 매우 높고 인체에 위험한 전압이 발생한다.

그림 3은 개선된 차단극에 대한 실험 결과이다. 그림 2에서 나타난 1300V의 높은 아크전압과 70ms의 긴 차단시간이 자기소호회로와 아크전압 억제회로를 사용함으로써 아크전압은 311.2V와 차단시간 22.12ms로 개선된 것을 확인 할 수 있다.

그림 4는 기존의 아크소호 차단극과 비교하여 개선된 자기소호회로와 아크전압 억제회로를 사용한 차단 특성 실험의 결과를 비교하였다. 제안한 차단극을 사용하였을 경우 차단 시간과 최대 아크전압이 기존의 아크소호 회로를 사용 하였을 때보다 개선되는 것을 실험적으로 검증 하였다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 개선된 자기소호회로와 아크전압억제 회로를 사용한 유도성 부하에서의 차단 특성 실험결과를 3차원 그래프로 표현하였다.

차단극의 이송속도가 증가하고 차단극과 자석의 이격 거리가 줄어들수록 차단시간이 개선되는 것을 확인 하였다.

이 논문은 차세대 IDC 테스트 베드 연구 No. 1003524 지원에 의하여 수행되었음

참고 문헌

- [1] 김효성, “직류(DC)배전과 회로 차단기술”, *전력전자학회 학회지*, 제15권, 제5호, pp. 40 46, 2010. 10.
- [2] 이성민, 김효성 “자기적 아크소호 기법을 이용한 직류 차단기 개발”, *전력전자학회 학회지*, 제17권, 제1호, pp. 21 26, 2012. 02.
- [3] 이경호, “직류(DC)배전 동향 및 안전대책”, *전력전자학회 학회지*, 제14권, 제2호, pp. 21 26, 2009. 04.
- [4] T. Babasaki, “Developing of Higher Voltage Direct Current Power feeding Prototype System”, *Intelec'09*, pp. 1 5, 2009.
- [5] Seungseok BAEK, “Development of plug and socket outlet for 400 volts direct current distribution system”, *Conference record on ICPE 2011*, pp. 218 222, 2011, June.
- [6] C37.14 2002, IEEE Standard for Low Voltage DC Power Circuit Breakers Used in Enclosures, 2002.
- [7] IEC 60947 2 Ed.40, Low voltage switchgear and controlgear Part 2: Circuit breakers.
- [8] IEC 60898 1, Electrical Accessories Circuit Breakers for Overcurrent Protection for Household and similar Installations Part 1: Circuit Breakers for A.C. Operation.