

자기적 아크소호 기법을 이용한 직류 차단기 개발

이성민, 김두환, 유태식, 김효성
공주대학교 전기전자제어공학부

Development of DC Circuit Breaker Using Magnet Arc Extinguisher

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

ABSTRACT

최근 들어 디지털 제품의 급증으로 인해 직류를 사용하는 부하가 증가하고, 직류 배전망에 대한 관심이 높아지고 있다.^{[1][2]} 하지만 직류는 교류와 다르게 직류 배전시 부하의 단락 사고가 발생하면 지속적으로 아크전압이 발생하는 문제가 있기 때문에 차단이 어렵다.^[3] 인체의 안전과 전력설비 및 기기의 안전성을 확보하기 위해서는 고장전류로부터 계통을 보호하기 위한 차단 기술이 필요하다.^[4] 본 논문에서는 효과 적인 직류 차단에 대하여 실험적으로 연구하였다.

1. 서론

부하에서 단락 등의 사고가 발생하였을 경우 차단기는 정격 전류용량을 훨씬 초과하는 사고전류를 단시간에 차단하여야 한다. 교류의 경우 매 반사이클 마다 전류가 제로로 되는 점이 발생하므로 사고전류 차단이 비교적 용이하다고 볼 수 있다. 그러나 직류의 경우 사고 전류가 스스로 제로가 되지 않는다.^[5] 차단기는 외부적인 힘을 가해 전류의 흐름을 억제 하여야 하기 때문에 직류 차단이 상대적으로 어렵다. 또한 직류배전망에서는 회로 차단기가 충분한 아크전압을 확보하지 못하고 사고전류의 지속적 흐름을 허용하게 되면 대형 화재사고로 이어질 수 있는 가능성이 있다. 본 논문에서는 직류 배전 차단기의 성능을 개선하기 위하여 차단극에 스너버 회로와 자기적 아크소호 방식을 적용하여 차단특성을 실험 하였다.

2. 본론

2.1 직류 차단실험 장치의 구성

그림 1은 직류 차단실험 장치의 구성도를 보인다. 직류 차단 실험용 직류전원은 외부환경요인을 최소화 하고, 회로 차단 시 발생하는 서지전압 및 서지전류 등의 악조건에서도 안정된 전압을 유지하기 위하여 납산 배터리를 사용 하였다. 직류 전원을 컨버터로 구성하는 경우 차단시 발생하는 아크 전압으로 인해 전원이 파괴되는 문제가 발생 하였다. 그래서 12[V] 공칭 전압, 40[Ah]의 용량을 갖는 납산배터리 25대를 직렬 연결하여 300[V]/40[Ah]의 배터리뱅크를 구성하였다. 배터리는 방전함

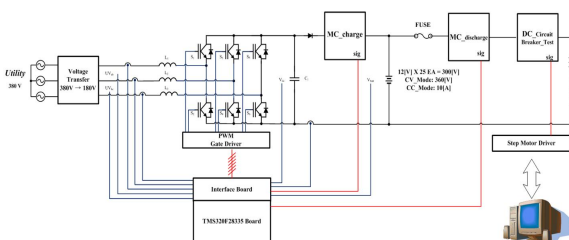
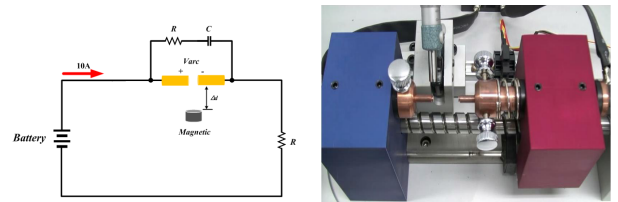


그림 1 직류 차단실험 장치 구성도



(a) 차단실험장치 구성도 (b) 직류 회로 차단기 외관
그림 2 차단실험장치 구성도 및 차단기 외관

에 따라 단자전압이 감소하게 되고 중국에는 방전불능상태에 이르기 때문에 정기적으로 보충충전을 하기 위해 PWM컨버터로 충전장치를 구성하여 배터리를 충전하였다.

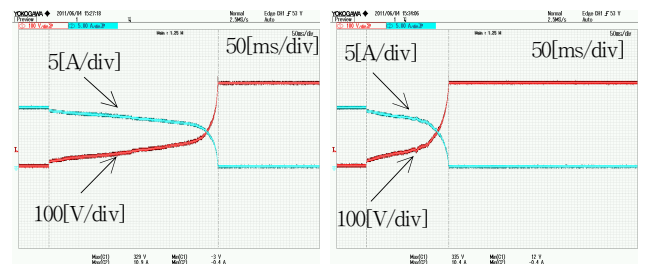
그림 2 (a)은 본 논문에서 실험한 차단실험 장치의 구성도이다. 첫번째는 순수 차단극 만으로 실험을 하였고, 두번째는 스너버 회로를 적용하였고, 세번째는 자기적 아크 소호 방식을 적용하였다. 그림 2 (b)은 직류 회로 차단기의 외관이다. 직류 회로 차단기는 차단극을 다양한 속도로 차단할 수 있도록 서보모터를 이용하여 구성하였다. 또한 마이크로미터를 이용하여 자석과 차단극의 거리를 조절하여 실험을 진행 할 수 있도록 장치를 구성 하였다.

2.2 직류 차단실험

직류 차단실험은 부하전류를 공칭전압 300[V]에서 10[A]를 흘리는 조건으로 실험을 하였다. 직류 차단극의 이동속도는 50~150[mm/sec]로 변경하며 실험을 진행하였고, 직류 차단기에 사용한 차단극은 구리(Cu)로 이루어진 극을 사용하였다.

2.2.1 순수 차단극을 사용한 차단실험

순수하게 차단극 만을 사용한 차단실험은 다소 느린 차단 특성을 갖는 것을 확인 하였다. 차단 특성이 가장 좋은 차단극의 이동속도가 150[mm/sec]일 경우 차단시작 이후 136.5[ms]의 차단시간을 보여 다소 만족하지 못한 결과를 얻었다. 표 1은 차단극의 이동속도에 따른 차단시간을 보여 준다.



(a) 차단극 이동속도 50[mm/sec] (b) 차단극 이동속도 150[mm/sec]
그림 3 차단극 이동속도에 따른 실험 결과

표 1 순수 차단극의 이동속도에 따른 차단시간

이동속도[mm/sec]	차단시간[ms]	아크전압[V]
50	281.5	329
75	169.5	308
100	144.5	321
125	141.0	363
150	136.5	335

표 2 스너버 회로 사용한 차단극의 이동속도에 따른 차단시간

이동속도[mm/sec]	차단시간[ms]	아크전압[V]
50	278.5	312
75	160.5	308
100	141.5	311
125	143.5	310
150	136.5	312

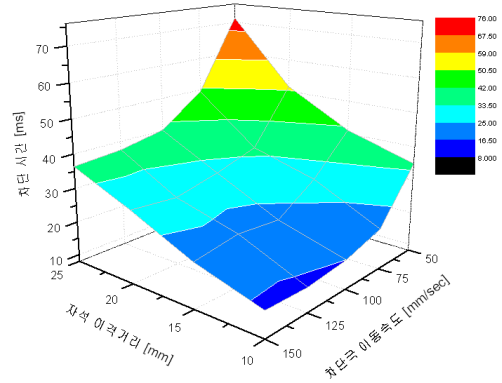


그림 5 차단극과 자석의 이격거리에 따른 차단특성 그래프

2.3.2 스너버 회로를 사용한 차단실험

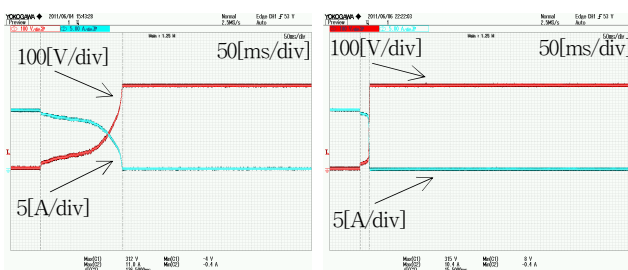
앞선 실험에서 만족스러운 차단특성을 확보하지 못하였기 때문에 스너버 회로를 적용하여 차단실험을 진행 하였다. 실험 결과는 표 2에서 보는 바와 같았다. 가장 빠른 차단시간은 136.5[ms]로 순수 차단극만 사용 하였을 경우와 비슷하여 차단 성능을 개선하지 못하였다. 하지만 아크전압에서는 순수 차단극만 사용하였을 경우 평균 331.2[V] 보다 약 20[V]정도 개선된 310.6[V]인 것을 확인 할 수 있었다. 또한 순수 차단극만 사용 하였을 때와 다르게 차단극의 이동속도가 빨라짐에 따라 선형적으로 차단시간이 줄어들지 않고 오히려 증가하는 경우도 발생 하였다.

2.3.3 자기적 아크소호 방식을 사용한 차단실험

차단시간을 개선하기 위한 방법으로 본 논문에서 제안한 자기적 아크소호 기법을 사용한 차단실험을 하였다. 결과는 표 3에서 보는 바와 같이 차단시간이 15[ms]로 매우 빨라지는 성과를 얻었다. 이때의 차단극 이동속도는 125[mm/sec]이고, 100[mm/sec]이상 일경우 차단시간을 크게 개선하지 못하였다. 그림 5은 자석과 차단극의 거리에 따른 차단특성 실험 그래프이다. 자석과 차단극이 가까워짐에 따라 차단시간 개선에 효과가 있는 것을 보였다. 하지만 차단극과 자석의 이격거리가 10[mm]이하일 경우 아크전압의 영향으로 자석의 걸 표면이 손상을 입는 경우가 생기기 때문에, 10[mm]이하로 근접시키지 않는 것이 좋다. 이는 차단기 개발시 차단기의 수명과 직접적인 연관성이 있기 때문에 중요한 실험 결과가 될 것이다.

표 3 아크소호 기법사용한 차단극의 이동속도에 따른 차단시간

이동속도[mm/sec]	차단시간[ms]	아크전압[V]
50	35.0	308
75	20.0	351
100	16.5	311
125	15.0	325
150	15.5	315



(a) 스너버 사용 (b) 자기소호 방식 사용

그림 4 실험 결과

3. 결론

본 실험을 통하여 직류차단기 특성을 분석하였다. 본 논문에서 제안된 자기적 아크 소호 기법을 사용한 직류 차단실험의 특성이 다른 두 가지 방법보다 더 좋은 차단특성을 갖는 것을 실험으로 입증하였다. 또한 차단극의 이동속도가 빠르다고 하여 차단속도가 항상 빠르지 않다는 것도 입증 하였다. 본 실험은 R부하에서만 실험을 하였다. 차후 R L부하에서 실험을 진행할 계획이다. R L부하에서도 자기적 아크 소호 기법을 이용하면 좋은 성과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

“이 논문 또는 저서는 2011년 교육과학기술로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/에너지 자립형 그린빌리지핵심기술사업단)”
이 논문은 차세대 IDC 테스트 베드 연구 No. 1003524 지원에 의하여 수행되었음

참고 문헌

- [1] 김효성, “직류(DC)배전과 회로 차단기술”, 전력전자학회지 제15권, 제5호, 2010.10, pp. 40~46
- [2] T. Babasaki, “Developing of Higher Voltage Direct Current Power feeding Prototype System” Intelc’09, pp. 1 5, 2009.
- [3] Giovanna Postiglione, DC Distribution System for home and Office, Master thesis on Department of Electric Power Engineering, Chalmers, Glothenburg, Sweden, 2001.
- [4] Seungseok BAEK, “Development of plug and socket outlet for 400 volts direct current distribution system” ECCE Asia, May 30 June 3, 2011.
- [5] C37.14 2002, IEEE Standard for Low Voltage DC Power Circuit Breakers Used in Enclosures, 2002.
- [6] IEC 60947 2 Ed.40, Low voltage switchgear and controlgear Part 2: Circuit breakers.
- [7] IEC 60898 1, Electrical Accessories Circuit Breakers for Overcurrent Protection for Household and similar Installations Part 1: Circuit Breakers for A.C. Operation.
- [8] C37.16 2000 IEEE standard for preferred ratings, related requirements, and application recommendations for low voltage AC (635 V and below) and DC (3200 V and below) power circuit breakers.