

전원전압에 따른 하이브리드 직류차단기의 특성

나재호, 김성준, 김효성
공주대학교 전기전자제어공학부

Characteristics of Hybrid DC Circuit Breaker according to Voltage Level

Jaeho Na, Sungjun Kim, Hyosung Kim
School of EE and Control Engineering, Kongju National University

ABSTRACT

최근 디지털제품의 급증으로 인하여 직류전원을 사용하는 부하의 비율이 증가하고 있고, 태양광 등 직류형 분산전원체계가 확산되면서 직류배전망에 대한 관심이 높아지고 있다.^{[1][2]}

직류배전 계통은 기존의 교류배전 계통에 비하여 여러 가지 장점이 있어서 널리 보급될 것으로 전망 되지만, 아크가 지속되는 문제가 있어서 인체 안전성과 전력설비 및 기기의 안전성을 확보하기 위한 적절한 차단기술이 필요하다.

본 논문은 자기소호방식과 부하역기전력 억제회로를 결합한 하이브리드 소호방식을 사용한 직류전용 차단기를 제안한다. 실험을 통하여 유도성 부하에서 다양한 전압레벨에 대한 제안된 직류차단기의 특성을 분석하고 제안된 직류 차단기가 안정적으로 적용 가능한 전원전압 레벨의 범위를 제시한다.

1. 서론

최근 TV, 컴퓨터, LED조명 등 직류를 사용하는 부하가 증가함에 따라 글로벌 에너지 위기에 대응하기 위한 직류배전의 요구가 증대하고 있다. 특히 정보화 사회의 급속한 발전으로 인해 IT(Information Technology) 관련 디지털 기기들이 확대되고 있는 실정이다. 또한 수용가 구내 배전시스템을 교류시스템에서 직류시스템으로 변경하면 직류부하에 공급하는 전력변환 단계를 줄이는 것이 가능하고 분산전원의 직류출력을 직접 직류시스템으로 연계함으로써 설치비용을 줄이고 에너지 효율을 높이는 것이 가능하다. 이러한 직류배전의 많은 장점으로 가정과 건물에 직류배전의 수요가 증가될 것으로 예상된다.

그러나 직류배전의 보급이 활성화되기 위해서는 회로차단기 등 안전보호 기술이 선행연구 되어야 한다. 전기회로에 사용되는 회로차단기는 자동으로 회로를 차단하도록 고안된 장치이다. 또한 부하에서 단락 등의 사고가 발생하였을 경우 정격전류용량을 훨씬 초과하는 사고전류를 단시간에 차단하여야 한다. 교류의 경우 매 반주기 마다 전류가 제로로 되는 점이 발생하므로 사고전류 차단이 비교적 용이 하지만 직류의 경우 사고전류가 스스로 제로로 되지 않으므로 차단 시 아크를 발생하므로 상대적으로 차단이 어렵다. 회로 차단 시 이러한 아크를 충분히 견딜 수 있도록 설계하여야 하며 충분한 아크전압을 확보하지 못한다면 지속적인 사고전류의 흐름을 허용하게 되어 화재사고를 발생시킬 수 있다.

본 논문에서는 자기소호방식과 부하역기전력 억제회로를 결합한 하이브리드 소호방식을 사용하여 직류에서 발생하는 지속적인 아크전류를 효과적으로 소호시키는 직류차단기를 제안하고 유도성 부하 실험 장치를 구축하여 다양한 전압레벨에 따른 직류차단기의 성능을 실험하고 특성을 분석한다.

2. 전원전압에 따른 차단특성 실험

2.1 하이브리드 소호회로

그림 1은 제안된 하이브리드소호회로를 사용한 직류차단기의 개념을 보인다. 접점에서 발생하는 아크전류의 흐름과 직각으로 배치된 자석은 접점간 아크전류를 확산시킴으로써 회로 차단을 용이하게 한다. 유도성 부하의 경우 회로를 차단하는 순간 높은 자기유도 전압이 발생되며 이때 발생하는 전압의 크기는 수천볼트에 이를 수도 있으므로 차단기에 심각한 손상을 초래할 수도 있다. 병렬 다이오드 저항회로는 이러한 부하전류의 변동에 따른 자기유도 전압을 바이패스 시킴으로써 부하전류의 감소기울기를 조정하고, 차단접점에서 발생하는 아크 전압을 허용범위 내로 제한시켜준다.

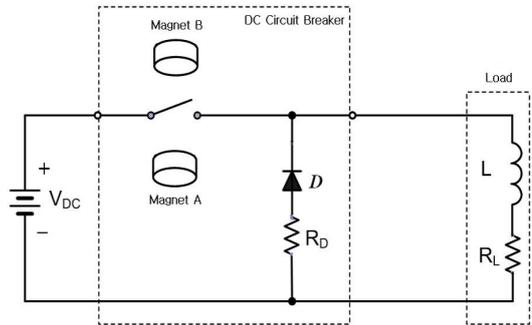


그림 1. 제안된 하이브리드소호회로를 사용한 직류차단기 개념

2.2 실험 조건

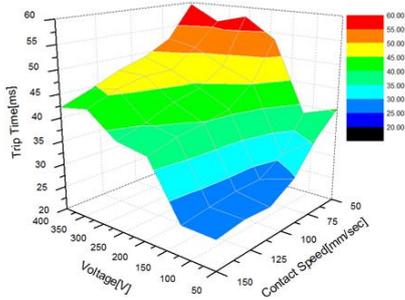
표 1. 차단실험 조건

Parameters	Value
전원전압 범위	50~400[V _{DC}]
부하 전류	10[A]
부하 시정수	20[ms]
차단극 재료	구리(Cu)
차단극 이송속도	50~150[mm/sec]
소호자석 재료	NdFeB N35
소호자석 사이즈	D: 8[mm], L: 10[mm]
소호자석 이격거리	20~35[mm]

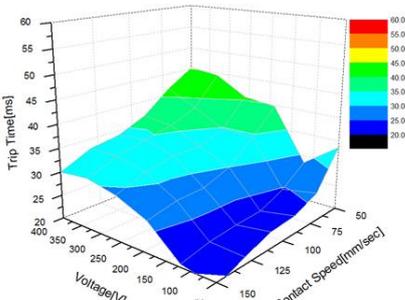
표 1은 직류차단을 위한 실험 조건을 보인다. 차단실험의 부하는 부하전류 10[A], 시정수 20[ms]의 특성을 갖는 유도성 부하를 사용 하였으며, 소호자석은 탕펄구조로 이중배치하여 차단극에서의 자속밀도를 증대 시켰다. 본 연구에서는 부하에

다양한 전원전압을 인가하여 차단극의 분리속도와 소호자석의 이격거리 변화에 따른 차단실험을 진행하였으며, 차단실험의 차단극 분리속도 조건은 50[mm/sec], 75[mm/sec], 100[mm/sec], 125[mm/sec], 150[mm/sec]와 같고 소호자석 이격거리 조건은 35[mm], 30[mm], 25[mm], 20[mm]와 같다.

2.3 하이브리드소호방식 직류차단기의 차단특성

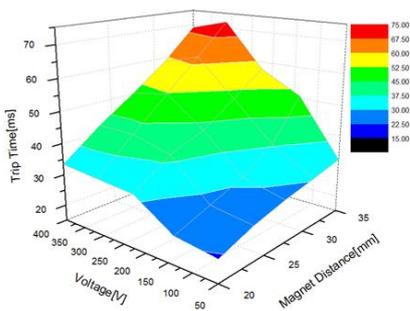


a) 자석이격거리:25mm

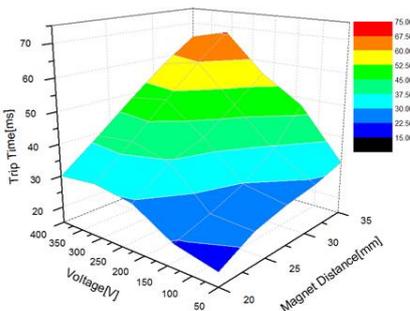


b) 자석이격거리:20mm

그림 2. 전원전압-접점이송속도에 따른 3차원 그래프



a) 접점이송속도:125mm/s



b) 접점이송속도:150mm/s

그림 3. 전원전압-자석이격거리에 따른 3차원 그래프

그림 2는 전원전압 및 접점이송속도에 따른 하이브리드소호방식의 직류차단기의 차단시간특성을 3차원 그래프로 보인 것이다. 자석이격거리가 20mm인 경우가 25mm인 경우에 비하여 차단특성이 좋고 규칙적인 것을 볼 수 있다. 또한 접점이송속도가 100mm/s 이상인 경우 차단특성의 규칙성이 잘 나타나는 것을 볼 수 있다.

그림 3은 전원전압 및 자석이격거리에 따른 하이브리드소호방식의 직류차단기의 차단시간특성을 3차원 그래프로 보인 것이다. 우선 접점의 이송속도가 150mm/s인 경우가 125mm/s인 경우에 비하여 차단특성이 좋은 것을 볼 수 있다.

3. 직류차단 특성 실험 결과

하이브리드 직류차단 특성 시험 결과 차단시간은 차단점점의 이송속도에 역비례하고 자석이격거리에는 비례한다. 직류전원전압, 100 350V 구간에서 전원전압이 상승할수록 차단시간은 증가한다. 그러나 350V를 초과하여 400V에 이르면 차단시간은 오히려 감소한다. 이는 350V를 초과하는 고전압 영역에서 하이브리드방식의 아크소호기능이 더욱 활성화 되는 것으로 파악된다. 반대로 전원전압이 100V 미만으로 50V에 이르면 차단시간은 오히려 증가한다. 이는 전원전압이 100V 미만의 저전압 영역에서는 하이브리드소호방식의 아크소호기능이 약화되는 것으로 파악된다. 이는 50V 이하의 전원전압 조건에서 자석소호기능이 무력하다고 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 부하전류 10[A] 및 시정수 20[ms]의 특성을 갖는 유도성 부하에 50 400V의 다양한 전원전압을 인가하여 직류차단기의 차단특성을 실험하였다. 제안된 하이브리드소호방식의 직류차단기는 접점에서 발생하는 아크전압이 앞서 연구된 자석소호방식의 직류차단기에 비하여 크게 감소하여 약 25% 정도로 작아지고, 차단시간은 약 2배 정도 빨라지는 것을 확인 하였다. 특히 300V를 넘는 직류전원전압 조건에서 하이브리드소호방식의 직류차단기는 더욱 우수한 특성을 보였다. 제안된 하이브리드소호방식의 직류차단기의 특징은 다음과 같다.

- (1) 차단점점의 이송속도에 역비례하여 차단시간이 감소한다.
- (2) 자석이격거리에 비례하여 차단시간이 짧아진다.
- (3) 전원전압이 100V 350V 인 구간에서는 전원전압이 상승할수록 차단시간은 증가한다.
- (4) 전원전압이 350V를 초과하여 400V에 이르면 차단시간은 오히려 감소한다.
- (5) 전원전압이 100V보다 작게 되어 50V에 이르면 차단시간은 오히려 증가한다.

결과적으로 전원전압이 고전압인 조건에서 하이브리드 소호방식의 직류차단기는 더욱 우수한 특성을 보일 것으로 예측된다.

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

참 고 문 헌

- [1] Hyosung Kim, "DC distribution systems and circuit breaking technology", The Journal of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 15, No. 5, pp. 40 46, 2010. 10.
- [2] T.Babasaki, T.Tanaka, Y.Noazaki, T.Aoki, F.Kurokawa, "Developing of Higher Voltage Direct Current Power feeding Prototype System", INTELEC 2009. 31st International, pp. 1 5, 2009.