

아크가 발생하지 않는 새로운 전자식 DC 플러그

김태진, 백주원, 김종현, 류명효
한국전기연구원

ARC free new DC plugger using static transfer switch

Tae Jin Kim, Ju Won Baek, Jong Hyun Kim, Myung Hyo Ryu
Korea Electro-technology Research Institute(KERI)

ABSTRACT

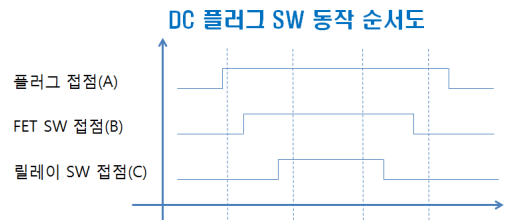
최근 태양광, 연료전지등과 같은 DC 에너지원의 증가와 컴퓨터 및 각종 DC 부하의 증가로 인하여, 보다 효과적인 DC 에너지 공급 시스템을 연구하고 있다. 본 연구에서는 DC 플러그를 전원에서 분리할 때 반도체 소자를 사용하여 전원과 부하가 끊어지므로 아크는 전혀 발생되지 않는 전자식 플러그를 제안하였다. 400V, 10A/port의 차단능력을 가지는 시제품을 제작하고, 이 플러그의 차단능력이 기존방식에 비하여 약 50us이상(약1/10배) 빨리 소호됨을 확인하였다.

1. 서론

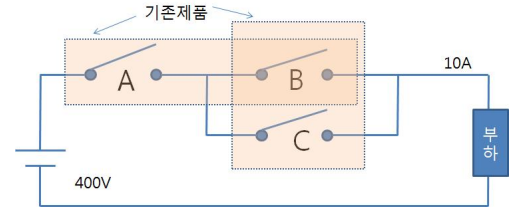
최근 태양광, 연료전지등과 같은 DC 에너지원의 증가와 컴퓨터 및 각종 DC 부하의 증가로 인하여, 보다 효과적인 DC 에너지 공급 시스템을 연구하고 있다. 기존의 AC 공급 시스템과 달리 DC 공급 시스템은 에너지 변환 단계가 줄어 전체 시스템 효율 측면에서 증가할 수 있으나, 여러 가지 기술적인 문제들을 해결해야 한다. 그 중에서 DC 전원 차단능력은 주요 해결요인 중 하나이다.

약 8.3ms마다 전압영점이 존재하여 어느 순간에 분리하여도 충분한 차단 능력을 보이는 기존AC 플러그와는 달리, DC 플러그는 분리순간에 부하전류량에 따라 아크 발생할 수 있고, 이를 빨리 소호하지 못하면 접점 마모가 발생할 수 있다. 또한, 기존의 DC 플러그는 전원에서 분리되는 순간 영구자석을 이용하여 아크가 신속하게 차단되는 방식을 사용하고 있다¹⁾. 또, 접점사이에 직렬저항 혹은 가변형 커패시터 성분을 삽입하여 임피던스를 증가시키고, 차단시의 차단전류를 낮추는 방식을 사용하고 있다. 그러나 근본적으로 아크가 발생할 수 있고, 차단전류를 낮추기 위한 임피던스 성분을 높여야 하는 단점이 있다²⁾. 또한, 두 방식 모두 접점의 마모가 발생할 가능성이 있는 기계적인 차단방식이다. 본 연구에서는 DC 플러그를 전원에서 분리할 때 반도체 소자를 사용하여 전원과 부하가 끊어지므로 아크는 전혀 발생되지 않는 전자식 플러그를 제안하였다. 400V, 10A/port의 차단능력을 가지는 시제품을 제작하고, 이 플러그의 차단능력이 기존방식에 비하여 약 50us이상(약1/10배) 빨리 소호됨을 확인하였다. 이 방식은 향후 누설전류를 검출하여 차단할 수 있는 기능을 갖출 수 있는 장점이 있다.

2. 제안하는 DC 플러그 구성



가) 접점 순서도



나) 구성 개념도
그림 1 제안하는 DC 플러그 개념도

그림 1은 제안하는 DC 플러그의 구성을 나타낸 것이다. 기존 방식의 경우 접점 A, B 혹은 B, C 타입으로 구성되어 있다. 제안하는 방식은 각각 장점을 살린 A, B, C의 접점을 가지는 방식으로 구성되어 있다. 동작 순서는 온 동작시 플러그 접점인 A가 가장 먼저 연결되고, FET 접점인 B가 다음으로, 릴레이 접점인 C가 가장 늦게 동작한다. 오프시에는 역순으로 동작한다. 즉 접점 C가 떨어질 때 발생할 수 있는 아크는 전기적 접점인 B를 통하여 오프되므로 아크가 발생되지 않는다.

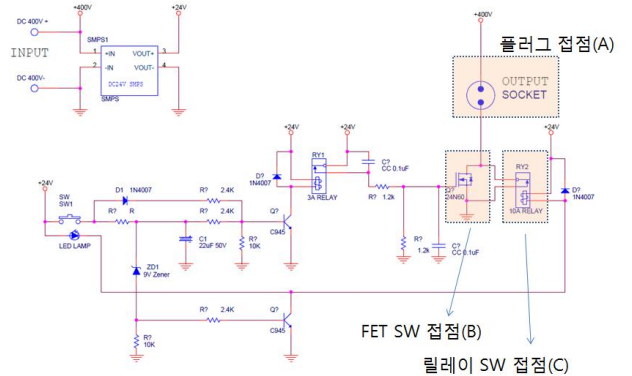


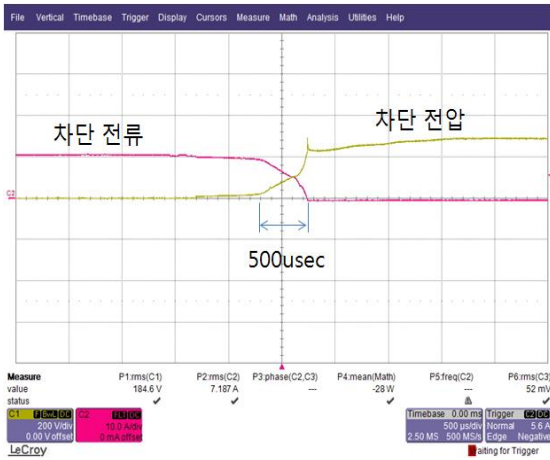
그림 2 DC 플러그 상세 내부회로도

그림 2는 DC 플러그의 상세 내부 회로도이다. 릴레이 동작과 FET 드라이빙을 위해 24V SMPS를 사용하였고, 타임 딜레이는 RC 충방전 특성과 제너 다이오드를 이용하였다.

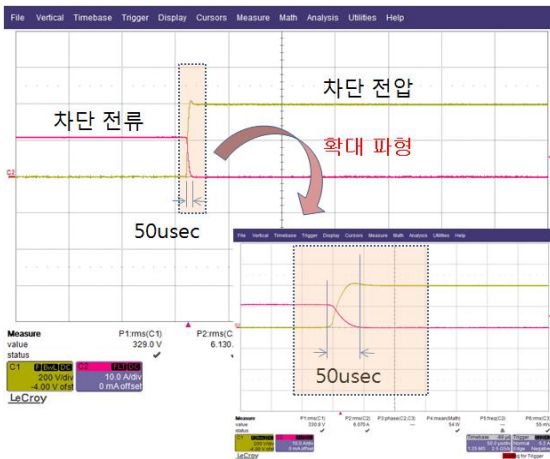
표 5.1은 개발 제품과 기존제품의 비교 특성표이다.

표 1 DC 플러그 특성 비교표

	기존 제품	개발 제품
사양	400V, 10A, 5 port	400V, 10A, 5 port
방식	기계식	전자식
기본원리	영구자석을 이용한 아크 경로 최소화	소형 STS 방식 (Static Transfer Switch)
차단 능력	500usec	50usec(1/10배)
ARC 발생	존재함	무
ARC 크기	부하량에 비례	부하량과 무관
접점수명	접점 마모로 유한함	반영구적
접점 수	2개(A, B)	3개(A, B, C)
누설 검출기능	없음	가능함

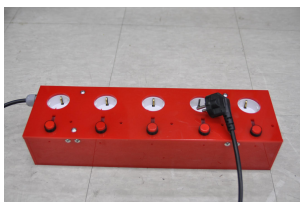


가) 기존 제품(500usec)



나) 제안한 전자식 DC 플러그의 경우(50usec)
그림 3 DC 플러그 차단 특성(400V, 10A)

그림 3에서는 DC 플러그의 실험 결과로 DC 차단능력을 보여주고 있다. 차단전압 400V, 10A의 조건으로 가)에서 처럼 기존 제품에 500usec가 소요되고, 나)에서 보는 바와 같이 개발된 제품은 50usec이내에 차단됨을 확인할 수 있고, 약 1/10배 뛰어난 차단능력을 보임을 확인할 수 있다.



가) 제안한 시작품



나) 기존 제품

그림 4 DC 플러그 사진

그림 4은 개발된 시작품과 기존제품의 외관사진이다. 기존 제품과 동일하게 port당 400V, 10A이상 흘릴 수 있으며, 각각 5port를 가지도록 제작되었다.

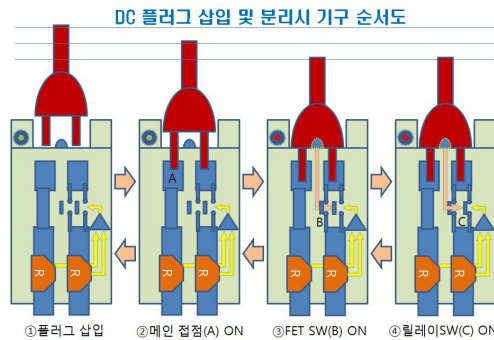


그림 5 누설전류 차단기능을 가지는 DC 플러그 차단기능 순서도

그림 5는 현재 개발 중인 차단기의 차단 기능 순서도이다. ①에서 DC 플러그를 삽입하기 직전 순간이다. 이때 모든 스위치에 LED는 오프되어 있다. ②에서는 플러그가 살짝 삽입하게 되면, 메인 접점 A가 동작한다. ③에서 DC플러그는 완전 삽입되고, 내부의 근접센서를 감지한다. 전자식 스위치인 FET 접점B가 연결되고, 이때 LED가 점등된다. B접점 연결 후에 일정 시간(수십usec이내)이후에 ④단계에서처럼 접점C가 동작하여 연결이 완료된다. 오프시에는 이 순서를 역순으로 동작한다. 또한 직류전류와 직렬로 센싱 저항을 삽입하여 검출된 전압의 차를 검출하여 DC 누설전류 차단기능을 가지는 DC 플러그 구조를 완성할 계획이다.

4. 결론

본 연구에서는 전원분리시 아크가 전혀 발생하지 않는 새로운 전자식 DC 플러그를 제안하고, 그 차단성능 실험을 하였다. 400V, 10A에서 50usec의 차단능력을 가짐으로써 기존 대비 약 1/10배 전원 차단능력이 뛰어난을 확인하였다. 또한, 향후 DC 누설전류 차단기능을 가지는 플러그에도 유리한 구조이다.

참고 문헌

[1] Takashi Yuba, "Development of socket outlet bar and power plug for high voltage direct current feeding system", DC Building Power Japan, Dec. 2009.
[2] Robert Cid, "Arc Suppressed Connectors for HVDC Applications", green building power forum, Jan. 2011.