

## DC 마이크로 그리드 시스템 제어전원용 고압 SMPS에 대한 연구

**박병철\***, 오승열\*, 최정식\*, 홍승표\*, 임영철\*\*  
전자부품연구원\*, 전남대학교\*\*

### A Study on High Voltage SMPS for Control Power in DC Microgrid System

Byung-Chul Park\*, Seung-Yeol Oh\*, Jung-Sik Choi\*, Seung-Pyo Hong\*, Young-Chul Lim\*\*  
Korea Electronics Technology Institute\*, Chonnam National University\*\*

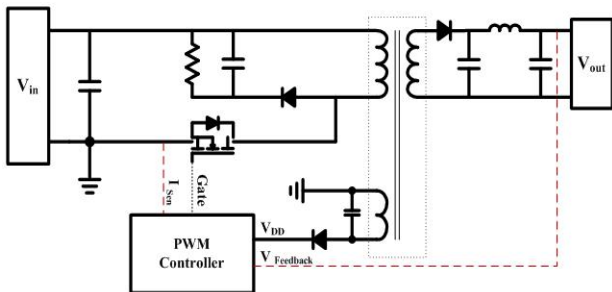
**Abstract** - 본 논문은 독립형 DC 마이크로 그리드 시스템에 적용하기 위한 고장압 SMPS를 설계하고 실험을 통하여 타당성을 검증 하였다. 제안된 시스템은 500~1500Vdc의 입력을 받아 15Vdc의 전압을 출력해 주는 장치로서 DC 마이크로 그리드 시스템에서 주변기기 제어전원용으로 구성하고자 하는 장치이다. 본 시스템은 플라이백 컨버터를 기반으로 구성 되었으며 입력 전압이 높아 단일 FET로 구성이 어려워 3 직렬로 전압을 분배 하여 구성했다. 제안된 시스템의 검증을 위해 실험한 결과 20W의 부하에서 82%의 효율을 보이며 정상적인 전압의 출력이 가능 하였다.

#### 1. 서 론

스마트 그리드의 발전과 함께 작은 용량의 신재생 에너지를 활용하여 도서지역에 독립형 마이크로 시스템 구성에 대한 연구가 진행되고 있다. 이러한 마이크로 그리드는 기존 전력시스템의 독립망 형태로 구성되며 기존 시스템 및 신재생 에너지를 혼용하여 활용하고 있다. 마이크로 그리드는 연계 방식에 따라 AC 마이크로 그리드와 DC 마이크로 그리드로 구분할 수 있는데, AC 마이크로 그리드의 경우 기존 배전망 활용이 쉬우나 동기화 및 무효전력, 전력변환에 의한 손실이 발생하는 단점이 있다. DC 마이크로 그리드의 경우 위상차가 발생하지 않아 계통과의 동기화 및 무효전력이 발생하지 않으며 신재생 발전의 경우 주로 DC로 발전되고 있어 변환 없이 계통 연계가 가능하고, 디지털 부하의 증가로 인해 DC부하가 증가하고 있어 변환 효율을 높일 수 있다[1]. DC 마이크로 그리드 시스템은 단극형의 경우 계통전압이 1500Vdc로 구성된다. 이 전압을 가정으로 공급하기 위해서 전압의 강압이 요구 되는데 DC의 경우 변압기를 사용할 수 없어 컨버터를 사용하여 전압을 강압 시켜줘야 한다. 이러한 컨버터에는 제어 프로세서가 구성되고, 제어기는 낮은 전압 공급이 필수적이기 때문에 높은 전압에서 낮은 전압 공급이 가능한 고압의 SMPS가 요구된다. 여러 토폴로지의 SMPS 중에서도 플라이백 토폴로지는 소 전력용으로 많이 활용되는 토폴로지로서 디지털 가전 및 OA, 전자기기, 신재생 에너지의 전력변환 장치등 에서 폭 넓게 사용되고 있다[2]. DC 마이크로그리드에 직접 연계를 하는 경우 1500Vdc 이상의 고압 소자를 사용하여야 하지만 소형 반도체 소자로는 내압이 낮아 단일 구성이 힘들다. 이에 직렬로 구성하여 전압을 배분해 주는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 플라이백 토폴로지를 3직렬로 구성하여 500~1500Vdc 입력 범위를 가지는 DC 마이크로 그리드용 SMPS를 설계하고 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 플라이백 컨버터



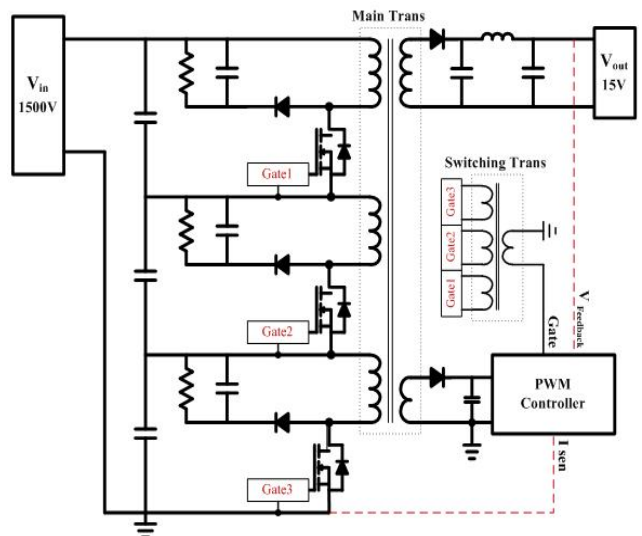
<그림 1> 기본형 플라이백 SMPS 구성

그림 1은 플라이백 토폴로지를 이용한 기본형 SMPS의 회로이다. 크게 상단부의 플라이백 컨버터 부와 하단의 스위칭 부로 나누어져 있다.

전압이 공급되어 일정 전압 범위 이상이 되면 PWM Controller는 동작을 하게 되고 FET에 신호를 발생시켜 변압기를 통해 2차측에 전압이 인가된다. 인가된 전압은 L-C 필터를 통해 출력되며 피드백을 통하여 전압을 조절하게 된다. 전압 제어구간은 1, 2차간의 절연을 위해 포토커플러로 제어된다.

이런 형태로 SMPS 시스템을 설계할 경우 FET의 D-S단에는 입력 전압이 그대로 입력되며 턴 온 오프시에 발생하는 과도상태의 전압 때문에 일정 마진을 두고 설계하여야 한다. 마진을 1.25로 뒀을 때 약 2000V 이상의 소자를 사용하여야 하지만 구하기가 힘든 단점이 있다. 또한 효율 감소가 있기 때문에 고압 구성을 위해서는 각 소자에 걸리는 전압을 분배시켜줘야 한다.

##### 2.2 제안된 1500V 고장압 SMPS



<그림 2> 제안된 SMPS 회로 구성

그림 2는 제안된 SMPS의 구성으로 기존의 플라이백을 3직렬로 구성하여 FET 및 각 소자에 걸리는 전압을 3분배 하도록 구성하였다.

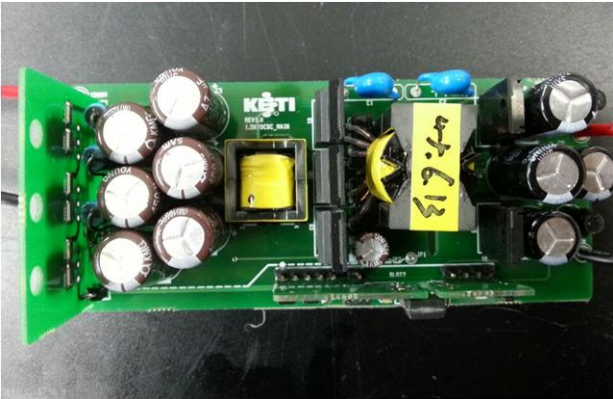
각각의 플라이백 컨버터는 서로 직렬로 구성되어 있으며 FET걸리는 전압은 입력단의 커패시터 전압에 의해 결정된다. 커패시터는 동일한 크기로 구성되어 있으며 각각 500V의 전압이 인가되어 뒷단에는 낮은 내압을 가지는 소자의 활용이 가능해진다. 변압기는 1차측 4권선 2차측 1권선으로 구성되어 있으며 3상의 전압 밸런스를 위해 3개의 권선은 서로 동일하게 감겨 있다. 2차 권선은 1개의 권선으로 구성되며 전압을 출력해 주는 역할을 한다.

게이트 신호는 3개의 FET 동시에 들어가야 입력단 커패시터 전압 불평형에 의한 손실이 발생하지 않는다. 하지만 하나의 PWM 컨트롤러에서 3개의 FET에 게이트 신호를 주게 되면 패턴 길이 차이 및 노이즈에 의해 턴 온 시간이 다르게 동작 될 수 있다. 이러한 현상을 제거하기 위해 게이트단에 스위칭용 절연형 트랜스를 추가하여 3개의 FET에 동시에 신호를 주고 노이즈 저감을 하였다.

메인 변압기는 20W급 코어로 PQ2020코어를 사용하였으며 1차권선 인덕턴스 450uH를 기준으로 누설 20uH를 가지는 변압기를 사용하여 구성하였다.

### 3. 실험 및 고찰

그림 3은 설계된 회로를 기반으로 구성된 SMPS이다. 11.5Ω의 부하를 연결하여 15V 출력일 때 약 20W의 부하를 가지도록 구성하였다. 입력 전압 커패시터가 500V이상을 구하기 힘들어 한 단에 두 개씩 6개를 직렬 연결하였으며 스위칭주파수는 55kHz로 동작한다.

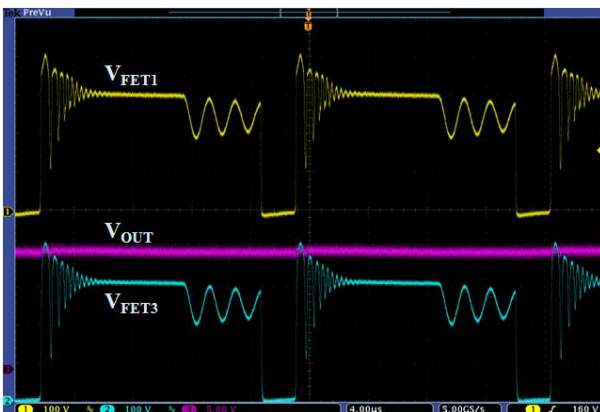


〈그림 3〉 구성된 고강압 SMPS



〈그림 4〉 입력전압 500[V] 출력 결과

그림 4는 입력전압 500V일 때 출력 결과이다. 동작전원은 약 400V에서 동작을 시작하며 500V일 때 80.26%의 효율을 보이고 있다.



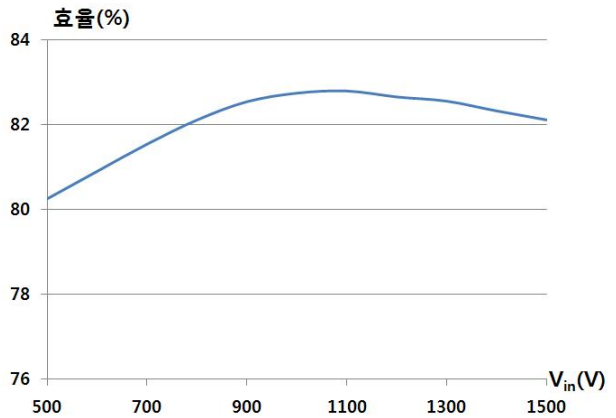
〈그림 5〉 입력전압 900[V] 상, 하단 FET파형 및 출력전압 파형

그림 5는 입력전압 900V일 때 FET1과 FET3의 D-S단 전압과 출력 전압 파형이다. 입력전압이 증가함에 따라 FET에 걸리는 전압은 동일하게 증가하며 각각 300V의 전압이 인가되어 있음을 알 수 있다. 출력 전압도 리플이 거의 없이 양호한 출력을 보이고 있다.



〈그림 6〉 입력전압 1500[V] 출력 결과

그림 6은 입력전압 1500V 대한 SMPS 출력 결과를 나타내고 있다. 1500V 입력에 대해 15V의 정상적인 출력이 가능하였으며 82.11%의 효율을 나타내고 있다.



〈그림 7〉 입력전압 변화에 따른 효율 변화 그래프

그림 7은 입력전압 변화에 따른 효율 변화 그래프이다. 1000V 지점에 서 최대 효율을 달성하고 점차 감소하는 모습을 보이고 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 DC 마이크로 그리드 제어시스템에 적용을 위한 고압 SMPS를 제안하고 실험을 통하여 타당성을 검증하였다. 제안된 시스템은 플라이백 토폴로지를 기반으로 3직렬 구성 되어 있으며 각각의 FET에 1/3의 전압이 인가되어 동작됨을 확인 하였다. 정격 실험 결과 500-1500V의 넓은 입력범위에서 동작이 가능하였고, 입력전압 1500Vdc, 출력 20W의 부하에 대해 82%의 효율을 보였다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업 육성사업(R0003287)으로 수행된 연구결과입니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] D. Salomonsson, L. Sode, A. Sannino, "An Adaptive Control System for a DC Microgrid for Data Centers," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 44, No. 6, pp. 1910-1917, Nov. 2008.
- [2] Carlos Alberto Gallo, Fernando Lessa Tofoli, and João Antonio Corrêa Pinto, "Two-Stage Isolated Switch-Mode Power Supply With High Efficiency and High Input Power Factor", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 57, No. 11, pp.3754-3766, 2010.