

고압 DC 발생 전원 장치

윤혁진*, 김종현**, 백주원**, 김희제*
 부산대학교*, 한국전기연구원**

High Voltage DC Generator

Hyeok Jin Yun*, Jong Hyun Kim**, Ju Won Baek**, Hee Je Kim*
 Dept. of Interdisciplinary Program in Robotics, Pusan National University*
 Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)**

ABSTRACT

본 논문은 고압 직류전송 시스템(HVDC)의 자가 전원 공급 장치(Self Power Supply) 시험을 목적으로 제작한 고압 DC 발생 전원장치에 관한 것이다. 이 전원장치는 회로구조를 플라이백 컨버터를 기본으로 하여, 출력이 100W급으로 1200V_{DC}에서 2400V_{DC}로 가변이 가능하다. 상용 소자들의 내압과 경제성을 고려하여 컨버터의 2차측 회로는 직렬의 형태로 구성하였다. DSP를 통해 출력 가변을 위한 듀티 변환과 전압 제어를 하였고, 실험을 통해 출력 특성을 확인하였다.

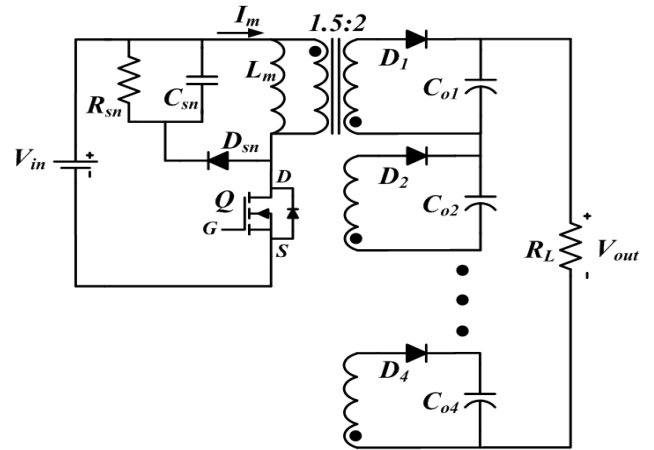


그림. 1 제안하는 고압 DC 발생 전원 장치 기본 회로

1. 서론

고압직류송전(High Voltage Direct Currnt)은 사용하는 전력 변환기의 밸브형태에 따라 Thyristor를 기반으로 하는 전류원 방식과 IGBT를 기반으로 하는 전압원 방식으로 구분한다. 전류원에 비해 전압원은 고속 스위칭에 의해 점차 고조파가 큰 폭으로 감소해 고조파 필터의 크기가 상대적으로 적어질 수 있으며, 무효전력 공급이 필요하지 않음은 물론 유효전력과 무효전력의 제어가 독립적으로 가능하다는 것이 장점이다. 특히, 모듈화되고 규격화된 설계로 짧은 기간에 전력 전송이 가능하며, 전압과 전류의 제어가 용이하다^[1]. 본 논문에서는 전압형 HVDC의 기초 단위 모듈의 IGBT 구동과 제어를 위한 자가 전원 공급 장치의 시험을 목적으로 제작한 고압 DC 발생 전원 장치에 대해서 다룬다. 2000V 정격의 자가 전원 공급 장치를 넓은 운전 범위에서 시험하기 위해 1200V_{DC}에서 2400V_{DC}의 출력을 내는 100W급의 시험용 컨버터를 제작하였다. 기존에도 여러 형태의 고전압 전원장치가 있다. PFM(Pulse Frequency Modulation)을 하는 LLC 공진형 하프브릿지 컨버터의 경우 전압 이득이 부하에 영향을 받는 단점이 있고^[2], 배압기를 사용하는 PWM(pulse width modulation) 고전압 전원장치의 경우 상대적으로 가변할 수 있는 전압의 범위가 제한적이다^[3]. 따라서 본 논문에서는 이러한 점들을 고려하여 넓은 범위의 출력을 가질 수 있는 플라이백 컨버터를 선택하고 추가로 2차측 회로를 직렬로 연결하여 높은 전압 가변 범위를 가지는 고압 DC 발생 전원 장치를 제작하였다.

2. 고압 DC 발생 전원 장치

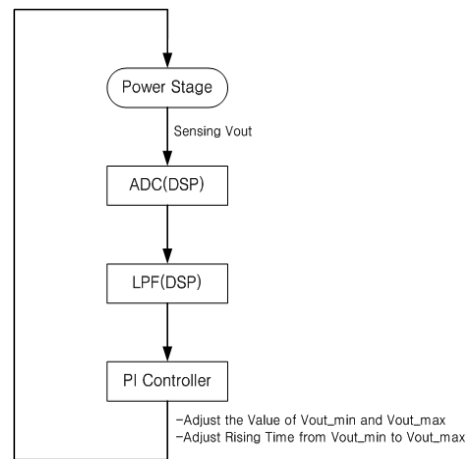


그림. 2 고압 DC 발생 장치 제어 순서도

2.1 Power Stage

그림 1은 본 논문에서 제안하는 고압 DC 발생 전원 장치의 기본 회로이다. 플라이백 컨버터는 기본적으로 다른 PWM 컨버터 토폴로지에 비해 시비율을 변환하여 얻을 수 있는 전압 변화의 폭이 상대적으로 크다. 따라서 넓은 전압 범위에서 자가 전원 공급 장치를 시험할 목적에 부합하므로 적합한 토폴로

지라고 할 수 있다. 또한 상용 소자들의 내압과 경제성을 고려하고 고전압 출력을 얻기 위해서 플라이백 컨버터의 출력은 2차측 회로를 4개 직렬로 연결하였다.

2.2 디지털 제어기

그림 2는 고압 DC 발생 전원 장치의 제어 순서도를 나타낸다. 제어 과정은 DSP를 이용하여 C 코드로 구현하였다. Power Stage의 출력을 디지털 필터를 거친 뒤 DSP의 ADC로 센싱 받고, 그 값을 PI 제어기로 받아 전압을 제어 하였다. 외부 스위치를 조작하여 동일 입력 전압에서 출력 전압을 각각 1200V_{DC}와 2400V_{DC}로 가변하여 제어하는 기능을 구현하였다. 또한, 전압이 상승하는 시간은 임의로 조절이 가능하다.

3. 실험결과

제안된 고압 DC 발생 전원 장치의 타당성을 입증하기 위해 아래와 같은 사양의 컨버터를 설계 및 제작하여 실험 검증하였다.

표 1. 컨버터 설계 상수

Parameters	Value	Unit
Input Voltage Range	250 350	Vdc
Output Voltage Range	1.2 2.4	kVdc
Output Wattage	100	Watt
Switching Frequency	50	kHz
Primary winding turns	96	Turn
Secondary winding turns	144	Turn
Magnetizing inductance	2	mH

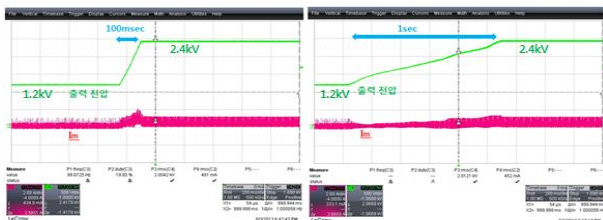


그림. 3 전압 상승 시간 변경에 따른 파형의 변화

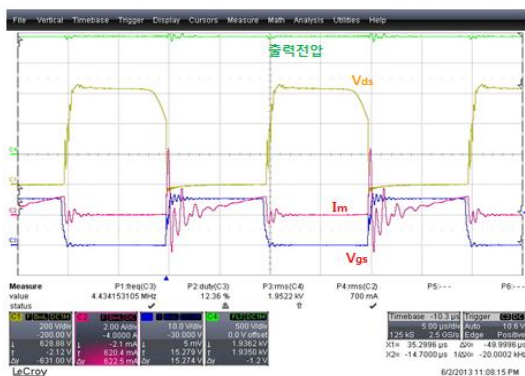


그림. 4 정상 상태 파형

그림 3은 DSP를 사용해서 PI 제어기의 기준 전압을

1200V_{DC}에서 2400V_{DC}로 변경하는 파형이다. 전압 상승 시간을 임의로 조절할 수 있으며, 본 논문에서는 100msec에서 1sec의 스케일로 변경하여 각각 실험을 해 보았다. 이는 전압형 HVDC의 기본 단위 모듈의 전압이 급격하게 변할 때에도 자가 전원 공급 장치의 출력이 안정적으로 나와야 하기 때문에, 다양한 스케일에서 시험을 하기 위한 목적으로 기능을 추가하였다. 따라서 전압형 HVDC의 사양에 맞게 유연하게 적용할 수 있다. 전압 하강 시간은 따로 조정하지 않았는데, 이는 전압 하강 시간은 출력단의 RC 시정수에 의해 자동적으로 결정이 되기 때문이다.

표 2. 효율 측정

Percentage(%)	Wattage(W)	Load(kohm)
81.8	89	45
86.7	70	60
92.0	48	90
91.5	37	120

그림 4는 자가 전원 공급 장치의 정격 전압인 2000V에서, 제안된 플라이백 컨버터의 정상 상태에서 측정된 각 부의 파형이다. 이 상태에서 부하를 변경하여 효율을 측정된 데이터를 표 2로 정리하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 전압형 HVDC의 IGBT를 구동하기 위한 자가 전원 공급 장치를 시험할 목적으로 1200V_{DC}에서 2400V_{DC}의 출력 전압 범위를 가지는 100W급의 고압 DC 발생 전원 장치를 제작하였다. 출력 전압은 정상 상태에서 정격인 2000V를 유지하였으며, 시험용 컨버터의 목적에 맞게 출력 전압을 1200V_{DC}에서 2400V_{DC}까지 조정할 수 있었고 그 상승시간 또한 조정할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 김찬기, 박주식, 고봉연, 우정욱, 심용보, 정길조, "전압형 HVDC 시스템 제어기 설계", 전력전자학회 2008년도 학술대회 논문집, pp. 645 650, 2000.
- [2] 길용만, 가동훈, 안태영, 이학수, "LLC 공진형 하프브릿지 컨버터를 이용한 고전압 전원장치", 전력전자학회 2012년도 전력전자학술대회 논문집, pp. 522 523, 2012.
- [3] 고태석, 정용준, 이재광, 정동열, 한상규, 홍성수, 김진욱, 이효범, 노정욱, "공진 요소를 포함한 고전압 플라이백 컨버터의 특성해석", 전력전자학회 2008년도 학술대회 논문집, pp. 499 501, 2008.