

### 60kV, 300A, 3kHz 펄스전원 장치 설계

류홍제\*, 장성록\*\*, 김종수\*, 임근희\*, G.I. Gussev\*  
 \*한국전기연구원, \*\*과학기술연합대학원

### Design of 60KV, 300A, 3kHz Pulse Power Supply

H.J Ryoo\*, S.R. Jang\*\*, J.S Kim\*, G.H Rim\*, G.I. Gussev\*  
 \*KERI, \*\*University of Science & Technology

**Abstract** -In this paper, a novel 60kV, 300A, 3kHz pulsed power supply based on IGBT stacks is proposed. Proposed scheme consists of series connected 9 power stages to generate maximum 60kV output pulse and 15kW series resonant power inverter to charge DC capacitor voltage. Each power stages are configured as 8 series connected power cells and each power cell generates up to 830VDC, 300A pulses. Finally pulse output voltage is applied using total 72 series connected IGBTs. The synchronization of gating signal is important of series operation of IGBTs. For gating signal synchronization, full bridge inverter and pulse transformer generates on-off signals of IGBT gating and specially designed gate power circuit was used.

를 통해 각 셀의 커패시터를 충전하게 된다.

#### 1. 서 론

펄스전원장치에는 소자의 정격 등의 한계로 싸이라트론과 같은 기계적 스위치들이 사용되어 왔다.[1-2] 최근에 수명, 펄스반복율, 소형 경량화 등의 목적으로 반도체 소자에 의한 펄스전원장치 개발에 대한 연구가 진행되고 있다.[3-5]

반도체 스위치 소자를 사용한 펄스전원장치는 그 소자의 정격상의 문제로 인하여 직렬스택킹된 반도체 스택과 승압형 펄스변압기를 사용하는 방식[3]과 고전압을 변압기 등의 이용 없이 직접 반도체 스택에 의해 인가하는 방식이 고려될 수 있으며, 후자의 경우 더욱 빠른 펄스 상승시간과 제어에 장점을 지니게 된다.

본 논문에서는 기존에 발표된 반도체 스위치에 의한 펄스전원장치[5]를 상용화 수준의 장치로 업그레이드하여 펄스전류의 용량과 반복을 최대 펄스폭 등을 더욱 향상시켰으며, 디지털 모니터링 시스템과 제어장치를 채택하여 사용자의 편리성을 향상시킨 새로운 펄스전원장치의 개발에 대하여 다룬다. 제안하는 전원장치는 기본적으로 고압 충전을 위한 직렬공진형 인버터 방식의 충전기와 수정된 Marx generator형식의 고압 발생장치로 구성되며, 60kV 펄스 출력을 위하여 1200V급 IGBT 72개가 직렬구동으로 연결되었다. 커패시터의 충전 및 IGBT의 게이트 구동을 위하여 각각 고압케이블로 구성되는 power loop와 control loop가 사용되며, 이로 인해 전체 사이즈와 중량을 크게 감소할 수 있다.

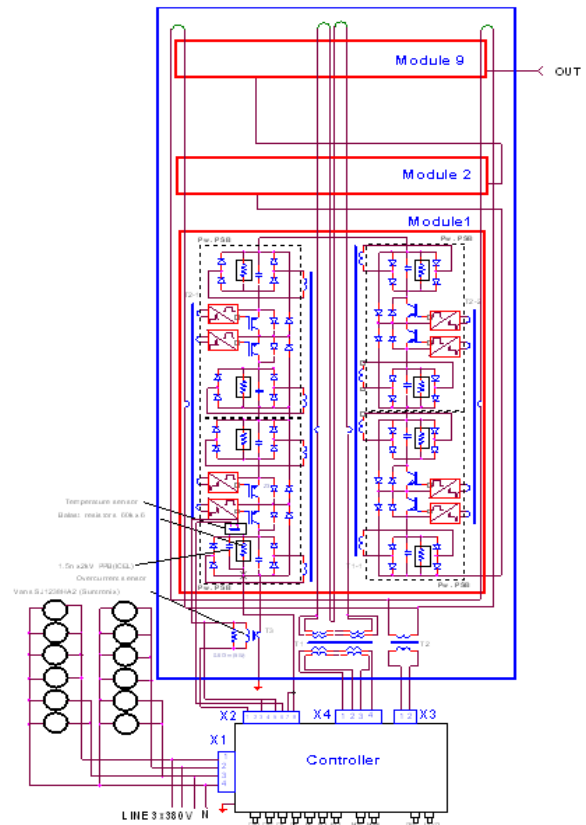
제안한 방식의 구조와 설계사항에 대하여 기술하고, 실험을 통한 제시한 펄스전원장치의 성능을 검증한다.

#### 2. 제안하는 펄스전원장치

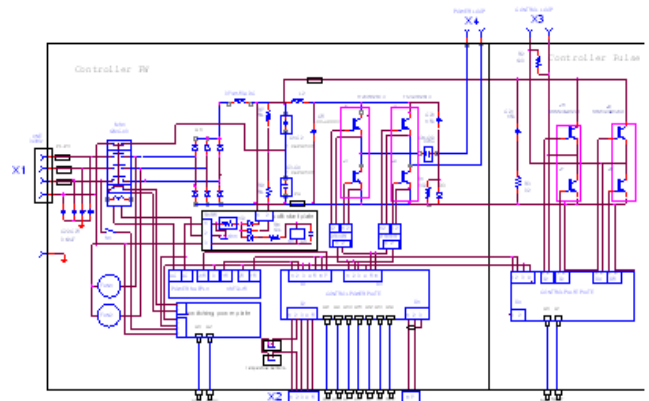
실제 제작된 펄스전원장치의 사양을 정리하면 다음과 같다.

- 펄스출력전압: 0-60kV
- 펄스출력전류: 최대 300A
- 펄스폭: 2μsec - 50μsec
- 펄스반복 주파수: 0Hz - 3000Hz
- 펄스상승시간: 500nsec이하

제안한 펄스전원장치의 구조를 그림 1에 나타내었다. 그림에 나타난 것과 같이 power cell은 최대 830V까지 충전되는 커패시터와 IGBT, bypass 다이오드 및 관련 게이트 구동회로로 구성되며, 하나의 Power stage는 총 8개의 power cell로 최대 6.4kV, 300A의 출력을 낼 수 있도록 설계되었다. 이러한 Power stage는 모두 9단이 직렬로 연결되어 최대 60kV의 출력 펄스 전압을 발생시킬 수 있는 구조이다. 각 커패시터의 충전을 위하여 그림 2에 보이는 직렬공진형 인버터를 사용하였으며, 충전 전류는 직렬공진형 인버터로부터 그림 1의 power loop로 명명된 변압기의 1차측권선에 공급되며, 용량의 증대를 위하여 두 개의 고압케이블이 병렬충전하는 구조로 결선되어 2차측권선으로부터 정류다이오드



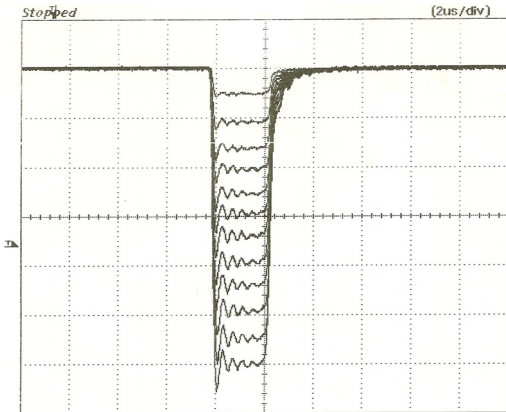
<그림 1> IGBT스택에 의한 펄스전원장치



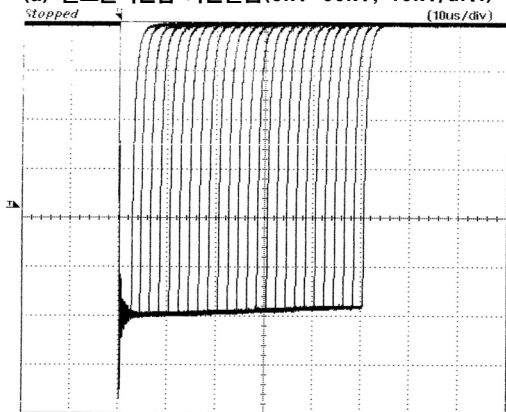
<그림 2> 충전용 인버터 및 게이트 발생 인버터

### 3. 실험 결과

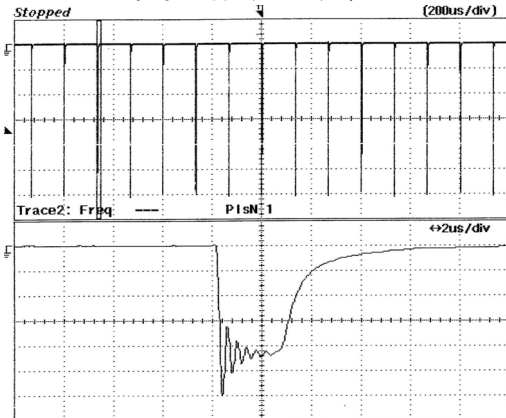
그림 3은 다양한 펄스전원장치의 구동에 따른 실험파형을 보여준다.



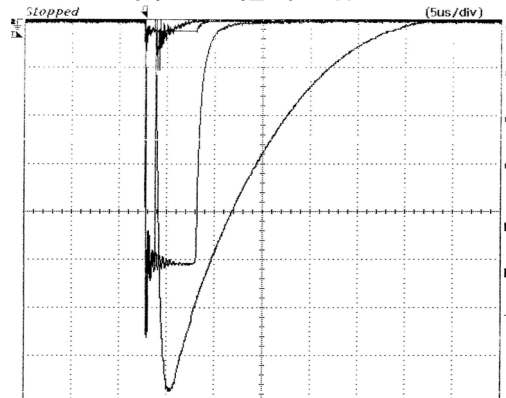
(a) 펄스출력전압 가변실험(5kV~60kV, 10kV/div.)



(b) 펄스폭 가변실험(2µs~50µs, 10kV/div.)



(c) 최대 펄스반복을 가변실험(30kHz)



(c) Arc 발생시 동작파형(200A/div, 10kV/div)

<그림 3> 제작된 펄스전원장치의 각종 동작파형



<그림 4> 제작된 펄스전원장치(좌:전원장치, 우:제어기)

그림 3(a)는 출력전압을 최소 5kV부터 단계적으로 증가시켜 최대 60kV까지 발생시키는 실험 파형으로 원하는 어떤 전압도 발생시킬 수 있는 유니버설한 용도로 사용가능함을 알 수 있다.

그림 3(b)는 펄스폭 가변 실험으로 최소 2µsec로부터 최대 50µsec까지 펄스폭을 변동시킬 수 있다.

그림 3(c)는 최대 펄스 반복율 3kHz로 동작시켰을 경우의 펄스파형을 보여준다.

그림 3(d)는 펄스전원장치의 아크 발생시의 보호파형을 정상 동작시의 파형과 비교한 실험 파형으로 출력측의 단락 상황에서도 IGBT의 소손 없이 안정적으로 회로가 보호되는 우수한 특성을 보여준다.

그림 4는 제작된 펄스전원장치의 실제 모습을 나타낸다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 60kV, 300A 급 IGBT stack에 의한 펄스전원장치의 설계 및 제작에 대하여 다루었다. 제안된 방식은 총 9개의 stage로 구성되며, 각 stage는 8개의 power cell로 구성되어 총 72개의 IGBT가 직렬 구동되었다. 또한 제안한 토폴로지는 스테이지의 추가에 따라 전압을 더욱 높일 수 있는 구조이다.

인덕터나 변압기들을 사용하지 않고 순수 IGBT의 직렬 구동에 의한 펄스전원장치를 구현하였으며, 다양한 형태의 펄스를 인가할 수 있는 장점을 가지면서도 아크 발생시의 우수한 보호 특성을 나타냄을 실험을 통하여 입증하였다.

제안한 펄스전원장치는 실험을 통하여 그 동작성능을 검증하였으며, 다양한 요구분야의 펄스 전원장치로 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] D. Deb, J. Siambis, R. Symons, and G. Genovese, "Beam Switch Tube Modulator Technology For Plasma Ion Implantation Broad Industrial Application", 9th IEEE International Pulse Power Conf., 1993, pp. 333-336.
- [2] D. M. Goebel, R. J. Adler, D. F. Beals, and W. A. Reass, "Handbook of Plasma Immersion Ion Implantation and Deposition", Andre Anders, New York: 2000, pp. 472-477.
- [3] G.H Rim et al., "Semiconductor switch based pulse power generator for Plasma source ion implantation", IEEE International Power Modulator Conference 2004
- [4] G.H Rim et al., "Solid state marx generator using series connected IGBTs", IEEE International Power Modulator Conference 2004
- [5] H.J Ryoo et al., "Development of 60kV Pulse Power Generator Based on IGBT stacks for wide application", IEEE International Power Modulator Conference 2006