3-2 산업용 고전압 대용량 전원 기술 (고전압 DC 전원, 커패시터 충전기, 펄스전원장치)

전기추진연구센터 **장성록**

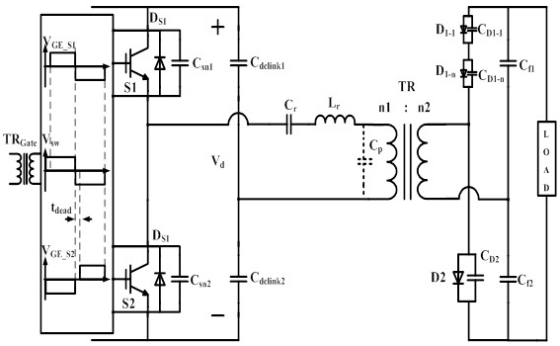
본 기술은 고효율, 고밀도 컨버터 설계를 위한 전력전자 기술과 고전압, 대용량 펄스파워 기술을 접목한 것으로 수십 kV급의 전압을 DC 혹은 펄스의 형태로 발생시켜 국방, 의료, 환경, 재료 등 다양한 산업에 적용 할 수 있는 산업용 특수 전원 설계 기술임.

기술개념 및 기술규격

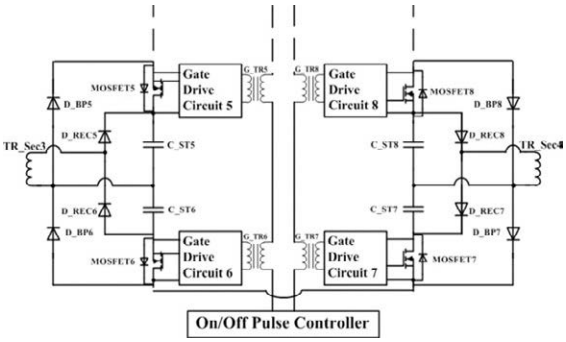
■ 기술의 구성도

· Power Electronics based High Voltage Power Supply Design

1. Soft-switching based DC/DC Converter
– Resonant converter design for high efficiency
– High-voltage transformer design for high power density



2. Series/Parallel stacking and driving of semiconductor
– Power cell based semiconductor stacking for reliability
– Synchronized gate driving and reliable arc protection



1. 기술 개요

기술개발의 필요성

■ 마그네트론, 클라이스트론, 자이로트론 구동을 위한 전원장치는 수십 kV 이상의 고전압을 요구하며 출력전압의 리플, 제어 안정도 등 까다로운 사양으로 개발에 기술적인 어려움이 있음.

■ 고전압 펄스의 높은 반복률을 요구하는 수처리, 가스처리 등의 응용분야에서는 스위칭 소자의 수명 및 유지보수 측면에서 반도체 소자를 효율적으로 적용할 수 있으나, 소자의 전압 및 전류 정격 한계를 극복하기 위한 기술 개발이 필요함.

■ 대용량 산업용 전원장치의 소형화 및 경량화를 위해 효율 및 역율 향상을 통한 시스템의 소형화가 필요하며, 고전압 전원장치에서 빈번히 발생하는 아크에 대한 전원장치 신뢰성 확보는 필수적임.

기술개념 및 기술규격

■ 기술개념

· 본 기술은 고효율 컨버터 설계 및 반도체 소자 구동기술 등 전력전자 기술을 고전압 응용 분야로 적용 발전 시켜 산업용 특수전원장치의 효율 및 전력밀도를 향상 시키고, 우수한 보호회로 구현을 통해 신뢰성을 확보하여 다양한 응용 분야에 상용화 적용 가능한 기술임.

2. 기술 내용

기술의 특징

■ 기술의 특장점

· 고유의 특허기술을 적용한 컨버터 기반 대용량, 고전압 전원장치의 높은 효율 및 전력밀도 달성

· 반도체 소자를 이용한 고전압, 고반복 펄스 스위칭 방식으로 반영구적인 펄스전원장치 구현을 통해 유비보수 비용 저감

· 고유의 아크보호 회로 설계 기술을 적용하여 고전압 전원장치의 신뢰성 향상

■ 기술의 상세 규격

Developed High Voltage Power Supplies	Applications
Capacitor Charger 25kV, 35kJ/s　12kV, 24kJ/s　40kV, 20kJ/s	- ETC gun - Rail gun - Electric Armor
DC Power Supply Cathode P.S. : 17kV, 85kW Magnet P.S. : 50V, 5A Filament P.S. : 10V, 120A (20kV Isolation) Cathode P.S. : 50kV, 100kW Body P.S. : 25kV, 250W Heater P.S. : 10V, 10A (50kV Isolation)	- Magnetron - Gyrotron - Electric Precipitator
Solid-state Pulsed Power Modulator 60kV, 300A 50us, 3kpps　10kV, 50A 10us, 50kpps　40kV, 150A 10us, 7kpps	- Plasma Coating - Gas Treatment - Water Treatment - Medical Linac - Non-destructive Inspection

경쟁기술과 차별성

■ 국내외 유사 · 경쟁기술 현황

· 나트륨이온전지용 핵심소재 및 설계 기술

국내	기술명	고전압 DC 전원 및 커패시터 충전 기술
	기술내용	공진형 컨버터 토폴로지를 적용하여 고전압 DC 전원 및 커패시터 충전기를 개발
	기술명	반도체 소자 기반 고전압 펄스전원 기술
	기술내용	고전압 스위치를 직접적으로 스택킹하는 방식을 주로 사용하고 있으며, 아크 보호를 위한 부가적인 회로가 복잡함
국외	기술명	반도체 소자 기반 고전압 펄스전원 기술
	기술내용	세계 선진 연구기관 및 기업체에서 다양한 형태의 반도체 소자 스택킹 방식을 적용하여 반도체 소자 기반 펄스전원장치의 대용량화 연구를 활발히 수행 중에 있음

■ 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
반도체 소자 기반 고전압 펄스전원 기술	· 펄스전원장치 관련 고유 특허 기술을 적용한 파워셀 기반 펄스전원장치를 개발하여 높은 신뢰성을 확보하고, 가스처리 및 수처리 등 다양한 친환경 응용분야 기술 이전을 통해 상용화 수준의 기술 보유 · 아크보호성능, 전원 장치의 효율 및 전력밀도 측면에서 국내외 기술대비 우수성을 보유하고 있음

3. 기술의 시장성

기술 적용 가능 분야

■ 기술이 적용되는 사업분야 및 제품(시스템)

· 산업용 고전압 전원장치

〈마그네트론, 자이로트론,
클라이스트론 구동용 전원장치〉

- 국방(전열추진 화학포, 레일건 등)
- 의료(엑시머 레이저 등)
- 재료(플라즈마 코팅 등)
- 환경(수처리, 가스처리 등)

시장 현황 및 규모

■ 관련기술 시장현황 및 특성

· 세계 고압직류(HVDC) 전원 시장은 2022년 48억 8,000만 달러 규모까지 성장할 것으로 전망됨

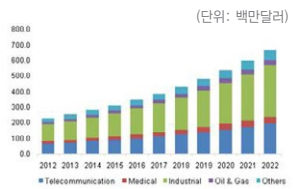
· 고압직류 전원 공급 장치는 전기 통신, 의료, 산업용, 석유 및 가스 부문에 주로 응용됨

· 인도와 중국과 같은 신흥국가들을 중심으로 산업화가 빠르게 진행되면서, 산업용 고압직류(HVDC) 전원장치가 전체 고압직류 전원 시장에서 40%로 가장 높은 점유율을 차지하고 있음

· 일본 야노경제연구소는 2014년 세계 파워모듈 시장을 37억 2,000만 달러 규모로 추산하였으며, 2020년까지 연평균 12.0%의 성장률을 기록할 것으로 전망함

■ 국내외 시장 규모

〈세계 고압직류전원 시장규모〉



자료 : Grand view research, High Voltage Direct Current (HVDC) Power Supply Market, 2016

〈세계 파워모듈 시장규모〉

자료 : 야노경제연구소, 2014

4. 주요 연구 성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
출원 및 등록	광범위한 부하 범위를 가지는 고정밀 직류/직류 공진형 컨버터	한국(등록) 미국(등록) 유럽(출원)	10-1333586 9,246,389 13182746.1	2013 2015 2013
출원	펄스 전원 장치	한국 PCT	10-2015-0102809 PCT/KR2015/012761	2015

기술의 완성도

■ TRL 7 수준의 기술완성도 단계 : 기술이전 및 실제 운영 환경에 적합한 상용품 제작 검증

■ 개발 기술 범위 : 고전압 전원장치 설계 및 응용

· 40kV급 고전압복 펄스전원 친환경 응용분야 기술이전 및 상용화

· 10kV급 고전압 커패시터 충전기 국방응용분야 기술이전 상용화

· 50kV, 100kW급 고전압 DC 전원 구현 및 자이로트론 구동 실험

■ 기술개발 완료 시기

· 2017년 10월 : 펄스전압 드룹 제어형 장펄스 전원장치 추가 개발

5. 기대 효과

기술 도입 효과

■ 경제적인 효과

· 고전압 전원장치는 국방, 의료, 재료, 환경, 식품 등 산업 전반에 그 응용 분야를 가지고 있으며, 개발된 핵심 기술을 바탕으로 다양한 펄스파워 산업에 효율적으로 활용 가능.

· 반도체 소자를 활용한 펄스전원장치(Solid State Modulator)는 기존의 수명적인 한계를 가지는 스위치의 한계를 극복할 수 있는 기술로 기존 기술 대체를 위한 시장과 신규 사업분야 창출이 기대됨.

기술 · 산업적 파급 효과

■ 기술적 파급 효과

· 고전압 전원장치 설계 및 응용 기술 분야는 KERI의 특화된 특허 기술과 우수한 경험을 바탕으로 산업용 대용량 전원 시스템이 요구되는 다양한 산업분야에 효율적으로 적용될 수 있을 것으로 기대됨.

· 국산화 기술 개발로 해외 의존도가 높은 고전압 전원 장치의 기술적인 자립이 가능할 것으로 기대되며, 수입품 사용시의 문제점으로 지적되는 제품의 판매 가격 상승 및 고장시 AS 처리시간 지연 등의 문제점을 해결할 수 있음.