

고반복률 고전압 펄스 전원 장치 제작

2026.9.

한국전기연구원

전기물리연구센터

1. 적용범위

본 제작시방서는 “지역 중점산업 기반 대학·기업·출연연계형 Open-Lab 육성지원” 과제의 수행에 필요한 고반복률 고전압 펄스 전원 장치 제작에 적용한다.

2. 일반사양

2.1 납품장소 및 조건

2.1.1 납품장소는 경남 창원시 성산구 불모산로 34 (성주동) 한국전기연구원 전기물리연구센터 전기추진시험동 110호 실험실로 한다.

2.1.2 납품에 따른 비용 및 부품/장치의 결함사항에 대한 책임은 전적으로 공급자가 책임진다.

2.1.3 납품기한은 계약일로부터 30일 이내로 한다.

2.1.4 공급자는 구성품을 당원에 인도할 때 다음의 자료를 계약 후 10일 내 제출하여야 한다.

(1) 기구물 3D 모델링 파일 및 상세 치수 도면

(2) 제작에 필요한 모든 PCB 회로 및 아트웍 파일

2.2 하자보증

2.2.1 하자보증기간은 납품한 날로부터 2년으로 한다.

2.2.2 하자보증기간 내에 잘못된 제작에 따른 하자가 발생한 경우에는 무상으로 수리 또는 교체하여야 하며, 수리 또는 교체한 부분의 하자 보증기간은 수리 또는 교체한 날로부터 2년으로 한다.

2.2.3 고장 및 사고의 원인이 제작 결함에 의한 경우일 때는 무상으로 수리 또는 대체 제작을 하여야 하며 사고로 인한 손실은 제작자가 부담한다.

2.2.4 납품후에 제작상의 결함으로 인하여 실험을 수행하기 어려운 문제가 발생할 경우에는 문제가 해결될 때까지 문제 해결에 참여한다.

2.3 지적재산권 소유권 관련 사항

2.3.1 공급자는 납품하는 제품에 관계되는 모든 회로 및 구성에 대해 비밀을 보장하여야하며, 특허권 또는 이와 유사한 권리로부터 야기되는 제반사항에 대하여 전적으로 책임을 지며 이는 장비 납품일로부터 폐기 시까지 적용된다.

2.4 공급자의 의무

2.4.1 공급자는 제작시방서에 명기되지 않은 경미한 사항들에 대해서도 공급자 부담으로 완성해야 한다.

2.4.2 공급자는 물품을 반입한 후 현장검수 전까지 본 물품의 파손 및 망실을 방지하기 위한 제반조치를 취하여야 하며, 파손 및 망실 발생시 이에 대한 일

체의 책임을 져야 한다.

2.4.3 공급자는 공급자가 공급하는 물품이 연계되어 운전되는 타 장비와의 상호 연동운전이 잘 이루어질 수 있도록 적극 지원하여야 한다.

2.4.4 공급자는 제작에 관련되는 제법규, 제법령 및 조례 등을 준수하여야 하며 공급자의 부담과 책임으로 이를 행한다.

2.4.5 PCB 아트웍, 기구물 설계 및 제작에 필요한 반도체소자 등 주요 부품은 연구원이 제공하는 부품 리스트에 명기되어 있는 것을 사용하여야 하며, 명기되어 있지 않는 것은 당 연구원과 협의하여 승인을 받은 후에 사용하여야 한다.

2.4.6 모든 제품은 당 연구원의 검사 시험을 필하여야 하며 이에 따라 소요되는 비용(출장비 등)은 공급자의 부담으로 한다.

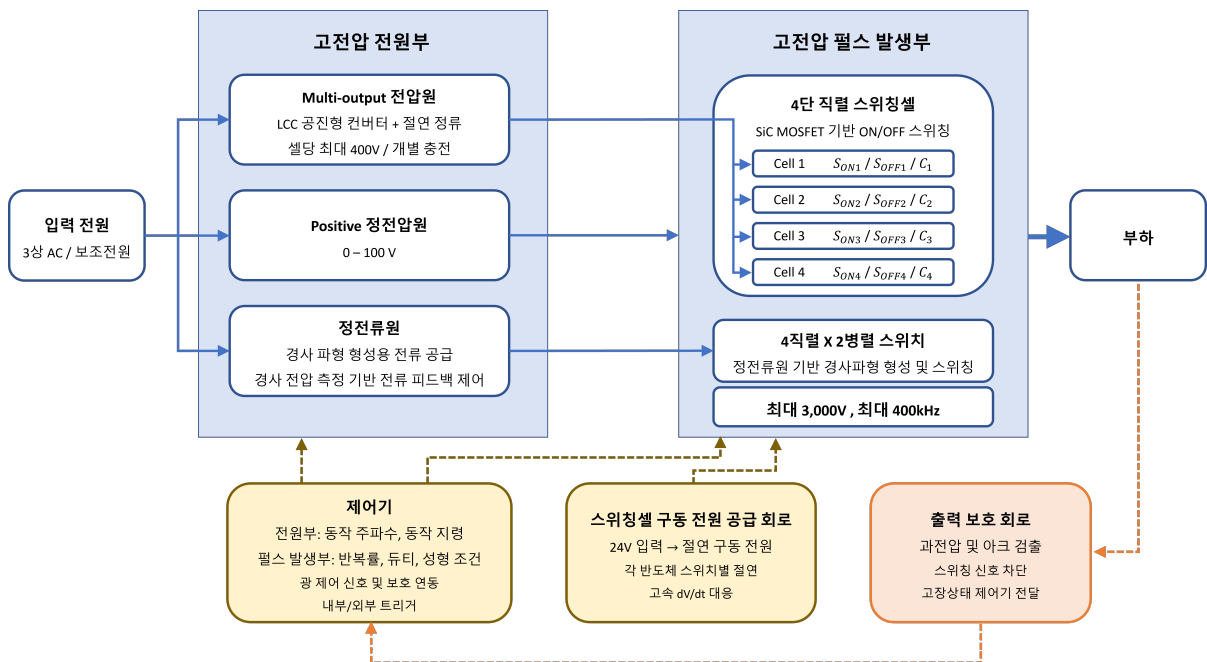
2.4.7 공급자는 당 연구원이 지정하는 장소에 설치완료한 후 정상동작을 확인할 때까지 발생할 수 있는 모든 안전사고에 대한 책임을 진다.

2.4.8 설계도서에서 정한 사항에 대하여 공급자와 발주자 간의 의견 차이가 있을 경우 당 연구원의 지시에 따른다.

3. 기술개요 및 사양, 제작 구성

3.1 기술개요 및 사양

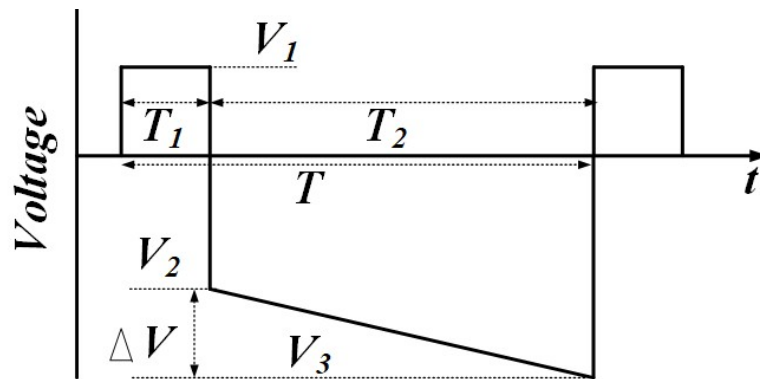
- 본 구매 건에서 제작하고자 하는 시스템은 부하에 최대 피크전압 -3 kV의 고전압 펄스를 최대 400 kHz의 반복률로 공급하고, 양전압 구간과 경사전압 구간을 조절하여 다양한 형태의 출력 파형을 발생시킬 수 있는 고반복률 펄스 전원 장치이다.
- 제작하고자 하는 시스템의 전체 구성 및 사양은 아래와 같다.



[시스템의 전체 구성]

	평가항목	단위	납품사양	평가 방법
시스템 입력	입력 전압	Vac	3상 380Vac ± 10%	KERI 평가
Multi-output 전압원	셀당 최대 출력 전압	V	400	
Positive 정전압원	최대출력전압	V	100	
	출력 조절범위	V	0~100	
고전압 펄스 발생부	최대 피크전압	kV	-3	
	최대 경사전압	kV	1.5	
	최대반복률	kHz	400	
제어 및 보호	제어 기능	-	정상 동작	
	과전류 및 아크 보호			

[고반복률 고전압 펄스 전원 장치 사양표]



[출력 펄스 파형 예시]

- 본 시스템은 고전압 전원부, 고전압 펄스 발생부, 제어기, 스위칭셀 구동 전원 공급 회로 및 출력 보호회로로 구성한다.
- 시스템의 입력전압은 3상 380 Vac로 하며, 정격 입력전압의 $\pm 10\%$ 범위에서 정상적으로 동작할 수 있어야 한다.
- 고전압 전원부는 Multi-output 전압원, Positive 정전압원 및 정전류원으로 구성한다.
- Multi-output 전압원은 LCC 공진형 인버터와 절연 정류회로를 이용하여 각 스위칭셀의 에너지 저장 커패시터를 개별적으로 충전할 수 있어야 하며, 셀당 최대 충전전압은 400 V로 한다.
- Positive 정전압원은 출력 펄스의 양전압 구간을 형성하기 위한 전압을 공급하여야 하며, 출력전압은 0 ~ 100 V 범위에서 조절할 수 있어야 한다.
- 정전류원은 출력 펄스의 경사구간을 형성하기 위한 전류를 공급하여야 한다.
- 고전압 펄스 발생부는 4단 직렬 스위칭셀과 4직렬 2병렬 구조의 스위치로 구성한다.
- 4단 직렬 스위칭셀은 SiC MOSFET 기반의 ON/OFF 스위치와 에너지 저장 커패시터로 구성하며, 각 셀의 동작을 조합하여 고전압 펄스를 발생시킬 수 있어야 한다.
- 4직렬 2병렬 구조의 스위치는 정전류원의 출력을 제어하여 출력 펄스의 경사구간을

형성할 수 있어야 한다.

- 고전압 펄스 발생부는 최대 피크전압 -3 kV 의 음극성 펄스를 출력할 수 있어야 하며, 양전압 구간은 최대 $+100\text{ V}$ 까지 출력할 수 있어야 한다.
- 출력 펄스의 경사전압은 경사구간 시작전압과 종료전압의 차이로 정의하며, 최대 1.5 kV 까지 조절할 수 있어야 한다.
- 제어기는 각 전원 장치의 출력전압, 펄스 반복률, 듀티사이클 및 경사파형 조건을 설정할 수 있어야 하며, 모든 반도체 스위치에 필요한 제어신호를 생성할 수 있어야 한다.
- 제어기와 고전압 펄스 발생부 사이의 제어신호는 광신호 또는 이와 동등 이상의 절연능을 갖는 방식으로 전달하여야 한다.
- 스위칭셀 구동 전원 공급 회로는 24 V 입력으로부터 각 반도체 스위치에 필요한 절연 구동전원을 공급할 수 있어야 하며, 최대 400 kHz 의 반복률과 높은 $W(dV/dtW)$ 조건에서 정상적으로 동작할 수 있어야 한다.
- 출력 보호회로는 출력전류를 측정하여 과전류 또는 아크 발생 여부를 검출할 수 있어야 하며, 이상상태가 검출되는 경우 스위칭 신호를 차단하고 고장신호를 제어기로 전달할 수 있어야 한다.

3.2 음전압 충전기

- Multi-output 전압원은 3상 380 Vac 입력전원을 이용하여 4단 직렬 스위칭셀의 에너지 저장 커패시터를 충전하기 위한 4채널의 절연된 직류전압을 출력할 수 있어야 한다.
- 시스템 입력전압은 3상 380 Vac 로 하며, 정격 입력전압의 $\pm 10\%$ 범위에서 출력 이상이나 보호회로 오동작 없이 정상적으로 동작할 수 있어야 한다.
- Multi-output 전압원은 LCC 공진형 전력변환회로, 고주파 절연변압기, 출력 정류회로 및 출력전압 제어회로 등으로 구성하여야 한다.
- 출력부는 총 4채널로 구성하며, 각 출력채널은 스위칭셀의 에너지 저장 커패시터를 각각 개별적으로 충전할 수 있어야 한다.
- 각 출력채널의 최대 출력전압은 400 V 이상이어야 하며, 제어기를 통해 출력전압을 개별적으로 설정하거나 조절할 수 있어야 한다.
- 각 출력채널은 입력부뿐만 아니라 다른 출력채널과도 전기적으로 절연되어야 한다.
- 각 출력채널은 직렬 스위칭셀의 배치에 따라 서로 다른 플로팅 전위에서 동작하므로, 시스템의 최대 출력전압인 -3 kV 가 발생하는 조건에서도 절연파괴 없이 정상적으로 충전 기능을 수행할 수 있어야 한다.
- 고주파 절연변압기와 출력 정류회로는 고전압 펄스 출력 시 발생하는 높은 dv/dt 및 공통모드 전압에 의해 절연파괴, 출력전압 변동 또는 제어회로 오동작이 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
- 각 출력채널의 출력전압을 측정할 수 있는 전압센싱 회로를 포함하여야 하며, 측정된

출력전압 또는 충전완료 상태를 제어기에서 확인할 수 있어야 한다.

- 전원 차단 후 각 출력단 및 연결된 에너지 저장 커패시터의 잔류전압을 안전한 수준까지 낮출 수 있도록 방전경로를 구성하여야 한다.
- 최대 400 kHz의 펄스 반복률로 시스템을 운전하는 조건에서도 각 출력채널의 충전전압이 안정적으로 유지되어야 하며, 충전에너지 부족으로 인한 펄스 누락이나 비정상적인 출력전압 저하가 발생하지 않아야 한다.
- 최대 출력조건에서 전력반도체, 고주파 변압기, 정류소자 및 기타 주요 부품의 온도가 각 부품의 허용범위를 초과하지 않도록 방열 및 냉각구조를 설계하여야 한다.
- Multi-output 전압원의 최종 출력전력, 출력전압 조절범위, 출력전압 허용오차 및 냉각방식은 KERI와 협의하여 결정한다.

3.3 Positive 정전압원

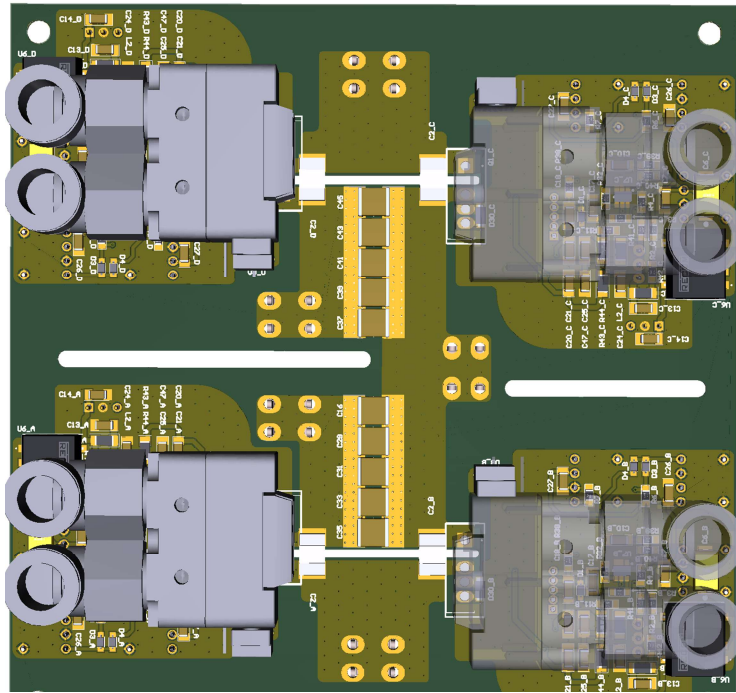
- Positive 정전압원은 출력 펄스의 양전압 구간을 형성하기 위한 직류전압을 고전압 펄스 발생부에 공급하여야 한다.
- Positive 정전압원은 장치 출력단에서 양전압 펄스를 0 ~ 100 V 범위로 조절할 수 있도록 구성하여야 하며, 최대 +100 V의 양전압 펄스를 출력할 수 있어야 한다.
- Positive 정전압원의 내부 출력전압은 반도체 스위치, 보호소자 및 배선에서 발생하는 전압강하를 고려하여 장치 출력단에서 요구되는 최대 +100 V를 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.
- 출력전압은 제어기를 통해 설정할 수 있어야 하며, 설정전압 및 실제 출력전압을 확인할 수 있는 전압센싱 회로를 포함하여야 한다.
- 출력전압은 고전압 펄스의 반복률과 듀티사이클이 변경되는 경우에도 설정된 값을 안정적으로 유지할 수 있어야 한다.
- 최대 400 kHz의 반복률로 펄스를 출력하는 조건에서 양전압 구간의 전압이 비정상적으로 감소하거나 펄스가 누락되지 않아야 한다.
- 출력전류 및 출력전력은 KERI가 지정한 부하조건에서 최대 +100 V의 양전압 펄스를 안정적으로 출력하기에 충분하여야 한다.
- Positive 정전압원은 고전압 펄스 발생부와 연결되므로, 최대 -3 kV의 음극성 펄스와 스위칭 과도전압이 전원 장치 내부로 유입되지 않도록 역전압 차단 및 과도전압 보호회로를 포함하여야 한다.
- 고전압 펄스 출력 시 발생하는 높은 dv/dt와 공통모드 노이즈에 의해 출력전압 변동, 제어회로 오동작 또는 전원 장치 정지가 발생하지 않아야 한다.
- Positive 정전압원의 출력단과 제어회로 사이에는 시스템의 전위구조에 적합한 절연 또는 보호회로를 적용하여야 한다.
- 전원 차단 후 출력단의 잔류전압을 안전한 수준까지 낮출 수 있도록 방전경로를 구성하여야 한다.
- 최대 출력조건에서 전력반도체, 정류소자 및 기타 주요 부품의 온도가 각 부품의 허

용범위를 초과하지 않도록 방열 및 냉각구조를 설계하여야 한다.

- Positive 정전압원의 최종 출력전력, 출력전압 허용오차, 출력전압 리플 및 냉각방식은 KERI와 협의하여 결정한다.

3.4 4단 직렬 스위칭셀

- 4단 직렬 스위칭셀은 동일한 구조의 단위 스위칭셀 4개를 직렬로 연결하여 구성하여야 한다.
- 각 단위 스위칭셀은 ON 스위치($s_{on,n}$), OFF 스위치 ($s_{off,n}$), 에너지 저장 커패시터 (C_n), 게이트 구동회로 및 광신호 수신회로를 포함하여야 한다.
- 각 단위 스위칭셀의 에너지 저장 커패시터는 Multi-output 전압원의 개별 출력채널을 이용하여 최대 400 V까지 충전할 수 있어야 한다.
- ON 스위치와 OFF 스위치는 상보적으로 동작하여야 하며, 두 스위치가 동시에 턴온되어 단락경로가 형성되지 않도록 적절한 데드타임을 적용하여야 한다.
- ON 스위치가 턴온되는 경우 해당 셀의 에너지 저장 커패시터 전압이 출력 펄스에 직렬로 합산되어야 한다.
- OFF 스위치가 턴온되는 경우 해당 셀의 에너지 저장 커패시터가 출력 펄스 경로에서 제외되고, 출력전류가 연속적으로 흐를 수 있는 바이패스 경로가 형성되어야 한다.
- 각 단위 스위칭셀의 출력전압을 순차적으로 합산하여 최대 1.6 kV의 기본 음전압을 형성할 수 있어야 한다.
- 반도체 스위치는 최대 운전전압, 스위칭 과도전압, 출력전류 및 최대 반복률을 고려하여 충분한 정격 여유를 갖는 SiC MOSFET을 적용하여야 한다.
- 각 단위 스위칭셀은 최대 400 V의 정상상태 전압뿐만 아니라 스위칭 시 발생하는 오버슈트 전압을 안전하게 견딜 수 있어야 한다.
- 각 셀에 사용되는 에너지 저장 커패시터는 최대 충전전압, 펄스전류, RMS 전류 및 최대 반복률을 고려하여 선정하여야 한다.
- 직렬 연결된 각 스위칭셀은 동기하여 동작하여야 하며, 게이트 제어신호와 게이트 구동회로의 전달시간 편차로 인해 특정 셀 또는 반도체 스위치에 과도한 전압이 집중되지 않아야 한다.
- 스위칭셀 사이의 동작시간 편차를 최소화하거나 제어기에서 보상할 수 있도록 구성하여야 한다.
- 각 반도체 스위치의 게이트 구동신호는 광신호 또는 이와 동등 이상의 절연성능을 갖는 방식으로 전달하여야 한다.
- 각 게이트 구동회로는 스위칭셀 구동 전원 공급 회로에서 공급되는 절연전원을 이용하여 동작하여야 한다.
- 반도체 스위치의 게이트-소스 전압, 드레인-소스 전압 및 주요 회로의 동작상태를 점검할 수 있도록 적절한 측정지점을 확보하여야 한다.



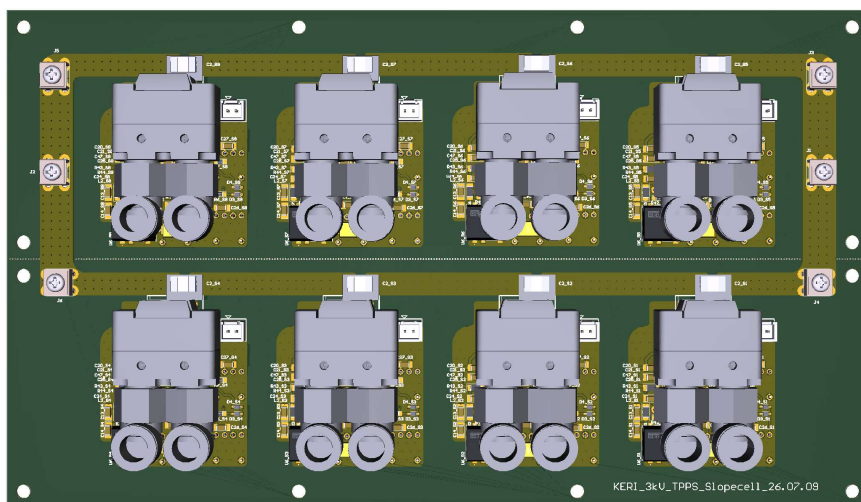
[스위칭셀 구조 예시]

3.5 4직렬 2병렬 스위치

- 정전류원 출력 스위치는 4개의 반도체 스위치를 직렬로 연결한 스위치열 2개를 병렬로 연결한 4직렬 2병렬 구조로 구성하여야 한다.
- 각 직렬 스위치열은 시스템의 최대 출력전압과 스위칭 과도전압을 안전하게 차단할 수 있어야 한다.
- 직렬 연결된 각 반도체 스위치에는 정상상태 및 스위칭 과도상태에서 전압이 균등하게 분배되도록 정적 및 동적 전압 평형수단을 적용하여야 한다.
- 정적 전압 평형을 위해 필요한 경우 각 반도체 스위치에 병렬 저항을 적용하고, 동적 전압 평형을 위해 게이트 신호 조정, 스너버 또는 이와 동등한 회로를 적용하여야 한다.
- 직렬 연결된 반도체 스위치 사이의 게이트 신호 전달시간 편차로 인해 특정 반도체 스위치에 과도한 전압이 집중되지 않아야 한다.
- 두 개의 직렬 스위치열은 병렬 운전 시 출력전류를 균등하게 분담할 수 있도록 반도체 스위치의 특성, 게이트 구동조건, 배선 인덕턴스 및 냉각조건을 가능한 한 동일하게 구성하여야 한다.
- 병렬 스위치열 사이의 주전류 경로는 전기적·기하학적으로 대칭이 되도록 설계하여 특정 스위치열에 전류가 집중되지 않도록 하여야 한다.
- 각 병렬 스위치열에는 동일한 시점에 턴온 및 턴오프 신호가 전달되어야 하며, 신호 전달시간 편차로 인한 과도한 전류불균형이 발생하지 않아야 한다.
- 4직렬 2병렬 스위치는 정전류원의 출력전류를 최대 400 kHz의 반복률로 스위칭할

수 있어야 한다.

- 스위치가 턴온되는 동안 정전류원의 출력전류가 부하에 공급되어 설정된 경사파형이 형성되어야 한다.
- 스위치가 턴오프되는 경우 정전류원과 고전압 펄스 출력단 사이의 전류경로가 안전하게 차단되어야 한다.
- 정전류원의 출력전류 차단 시 발생할 수 있는 과도전압으로부터 반도체 스위치를 보호하기 위한 클램프, 스너버 또는 에너지 회수경로를 포함하여야 한다.
- 출력 개방 또는 부하 급변 시 정전류원의 저장에너지로 인해 반도체 스위치에 과도한 전압이 인가되지 않도록 보호회로를 구성하여야 한다.
- 각 반도체 스위치는 독립된 게이트 구동회로와 절연 구동전원을 이용하여 구동하여야 한다.
- 게이트 구동회로는 높은 공통모드 전압변화를 조건에서 오동작하지 않아야 하며, 제어전원 또는 광신호가 상실되는 경우 모든 반도체 스위치가 안전하게 턴오프되어야 한다.
- 최대 반복률 및 최대 정전류 출력조건에서 반도체 스위치와 주변 부품의 온도가 각 부품의 허용범위를 초과하지 않도록 방열 및 냉각구조를 설계하여야 한다.



[4직렬 2병렬 스위치 구조 예시]

3.6 스위칭셀 구동 전원 공급 회로

- 스위칭셀 구동 전원 공급 회로는 4단 직렬 스위칭셀과 4직렬 2병렬 스위치에 적용되는 각 SiC MOSFET의 게이트 구동회로에 절연된 구동전원을 공급하여야 한다.
- 구동 전원 공급 회로의 입력전압은 24 Vdc로 하며, 시스템 내부의 보조전원으로부터 전원을 공급받을 수 있도록 구성하여야 한다.
- 각 게이트 구동회로에는 SiC MOSFET의 안정적인 턴온 및 턴오프를 위한 양전압과 음전압의 구동전원을 공급할 수 있어야 한다.

- 게이트 구동전압은 +15 V 및 -5 V를 기준으로 하며, 적용되는 SiC MOSFET과 게이트 구동회로의 요구조건에 따라 세부 출력전압을 조정할 수 있어야 한다.
- 4단 직렬 스위칭셀에는 ON 스위치 4개와 OFF 스위치 4개가 적용되므로 총 8개의 독립된 게이트 구동전원을 공급할 수 있어야 한다.
- 4직렬 2병렬 스위치에는 총 8개의 반도체 스위치가 적용되므로, 각 반도체 스위치의 기준전위에 적합한 절연 구동전원을 공급할 수 있어야 한다.
- 도면의 구성을 기준으로 구동 대상 반도체 스위치는 총 16개이며, 각 반도체 스위치에는 독립된 절연 구동전원을 공급하는 것을 원칙으로 한다.
- 직렬 연결된 각 반도체 스위치는 서로 다른 플로팅 전위에서 동작하므로, 각 구동 전원의 출력부는 입력부 및 다른 출력채널과 전기적으로 절연되어야 한다.
- 각 절연 구동전원은 시스템에서 최대 피크전압 -3 kV의 고전압 펄스가 출력되는 조건에서도 절연파괴 없이 정상적으로 동작할 수 있어야 한다.
- 절연전원의 선정 및 설계 시 데이터시트에 제시된 단시간 절연내전압뿐만 아니라 연속 사용전압, 반복적인 공통모드 전압, 절연구조 및 실제 스위칭 노드의 플로팅 전위를 함께 고려하여야 한다.
- 절연 구동전원은 고전압 펄스의 상승 및 하강 과정에서 발생하는 높은 공통모드 전압변화율에 의해 출력전압 변동, 절연전원 리셋 또는 게이트 구동회로 오동작이 발생하지 않아야 한다.
- 절연전원의 입출력 간 기생 커패시턴스에 의해 발생하는 공통모드 전류가 게이트 구동회로 및 제어기의 정상 동작에 영향을 미치지 않도록 설계하여야 한다.
- 필요한 경우 구동 전원 입력부에 공통모드 초크, 디커플링 커패시터 및 고주파 필터를 적용하여 공통모드 전류의 전달을 억제하여야 한다.
- 구동 전원 공급 회로의 입력 및 출력 배선은 고전압 펄스의 주전류 경로와 분리하고, 게이트 구동회로와의 연결거리를 최소화하여야 한다.
- 각 구동 전원의 출력단에는 게이트 구동회로에 필요한 디커플링 커패시터를 배치하고, 최대 400 kHz 운전 시에도 +15 V 및 -5 V 출력이 안정적으로 유지되도록 구성하여야 한다.

3.7 제어기

- 제어기는 Multi-output 전압원, Positive 정전압원, 정전류원, 4단 직렬 스위칭셀, 4직렬 2병렬 스위치 및 출력 보호회로의 동작을 통합적으로 제어할 수 있어야 한다.
- 제어기는 출력전압, 펄스 반복률, 듀티사이클 및 경사파형 조건을 설정할 수 있어야 하며, 설정조건에 따라 고전압 펄스 발생부에 필요한 스위칭 제어신호를 생성할 수 있어야 한다.
- 최대 400 kHz의 반복률에 해당하는 스위칭 제어신호를 안정적으로 출력할 수 있어야 한다.
- 제어기는 양전압 구간, 기본 음전압 구간 및 경사전압 구간의 동작순서와 지속시간을 각각 설정할 수 있어야 한다.

- 각 에너지 저장 커패시터의 충전전압은 최대 400 V 범위에서 설정할 수 있어야 하며, 동일 전압 일괄 설정과 채널별 개별 설정이 가능하여야 한다.
- Positive 정전압원의 출력전압을 설정하여 장치 출력단의 양전압 펄스를 최대 +100 V까지 조절할 수 있어야 한다.
- 정전류원과 4직렬 2병렬 스위치의 동작시간을 조절하여 경사구간의 지속시간과 전압 변화량을 제어할 수 있어야 한다.
- 경사구간의 시작전압과 종료전압의 차이를 기준으로 최대 1.5 kV의 경사전압을 형성할 수 있도록 제어하여야 한다.
- 4단 직렬 스위칭셀의 각 ON 스위치와 OFF 스위치에 필요한 제어신호를 생성할 수 있어야 한다.
- 각 단위 스위칭셀의 ON 스위치와 OFF 스위치는 상보적으로 동작하여야 하며, 두 스위치가 동시에 턴온되지 않도록 적절한 데드타임을 설정할 수 있어야 한다.
- 4직렬 2병렬 스위치에 적용되는 모든 반도체 스위치를 동기하여 제어할 수 있어야 한다.
- 제어기와 각 게이트 구동회로 사이의 제어신호는 광신호 또는 이와 동등 이상의 절연성능을 갖는 방식으로 전달하여야 한다.
- 광송신기 및 광수신기의 전달지연과 채널 간 편차가 고전압 펄스의 출력특성에 영향을 미치지 않도록 구성하여야 한다.
- 제어기는 장치 자체에서 생성되는 기준신호를 이용하는 내부 트리거 운전과 외부 장치에서 입력되는 신호를 이용하는 외부 트리거 운전을 지원하여야 한다.

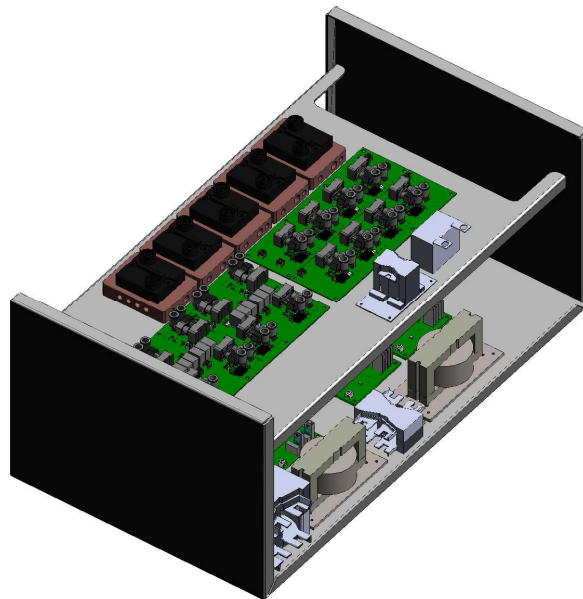
3.8 과전류 보호 회로 기능

- 출력되는 펄스의 전류를 센싱하여, 특정 전류 이상일 경우 모든 PWM을 OFF하도록 회로를 설계해야 한다.
- 센싱된 전류값을 이용하여 Fault 신호를 만들어 내고 이를 제어기에 연결할 수 있어야 하며, 이 때 출력되는 Fault 신호는 광 송신기를 사용하여 설계한다.

3.9 외함, 냉각 및 시스템 통합

- Multi-output 전압원, Positive 정전압원, 정전류원, 고전압 펄스 발생부, 스위칭셀 구동 전원 공급 회로, 제어기 및 출력 보호회로를 하나의 시스템으로 통합하여 운전할 수 있도록 외함과 내부 구조물을 설계 및 제작하여야 한다.
- 외함은 3상 380 Vac 입력과 최대 피크전압 -3 kV의 고전압 펄스 출력을 안전하게 수용할 수 있는 구조로 제작하여야 한다.
- 고전압부와 저전압 제어부 사이에는 충분한 절연거리와 차폐구조를 확보하여 고전압 펄스에 의한 제어기 오동작을 방지하여야 한다.
- 외함은 보호접지와 확실하게 연결하여야 하며, 외함의 문, 패널 및 분리 가능한 금속 구조물도 접지 연속성이 확보되어야 한다.

- 고전압 펄스의 주전류 경로는 루프 면적과 기생 인덕턴스를 최소화할 수 있도록 가능한 한 짧고 단순하게 구성하여야 한다.
- 고전압 도체, PCB, 방열부, 체결부품 및 외함 사이에는 최대 운전전압과 스위칭 과도전압을 고려한 충분한 공간거리와 연면거리를 확보하여야 한다.
- 고전압 출력단에는 최대 출력전압과 반복 펄스 운전에 적합한 고전압 케이블 및 커넥터를 적용하여야 한다.
- 외부에 노출되는 고전압 출력단자는 운전 중 사용자가 직접 접촉할 수 없도록 절연 커버 또는 보호구조를 적용하여야 한다.
- 반도체 스위치, 정전류원, LCC 공진형 전력변환회로, 절연 정류회로 및 스위칭셀 구동 전원 공급 회로에서 발생하는 열을 방출할 수 있도록 적절한 냉각구조를 적용하여야 한다.
- 냉각방식은 강제공랭 또는 이와 동등 이상의 냉각성능을 갖는 방식으로 구성하고, 최대 반복률 및 지정된 부하조건에서 주요 부품의 온도가 각 부품의 허용범위를 초과하지 않아야 한다.
- 강제공랭을 적용하는 경우 방열부품의 배치, 흡기구 및 배기구 위치를 고려하여 외함 내부에 열이 집중되는 영역이 발생하지 않도록 하여야 한다.



[시스템 구성 예시]

4. 납품 후 시험

납품 후 검수는 KERI가 지정한 장소에서 공급자 입회하에 실시하며, 다음 시험을 수행한다.

- 3상 380 Vac 입력에서 시스템의 정상 동작을 확인한다.
- Multi-output 전압원의 채널별 최대 출력전압 400 V와 개별 제어 기능을 확인한다.
- Positive 정전압원을 이용한 최대 +100 V의 양전압 펄스 출력을 확인한다.
- 정전류원과 4직렬 2병렬 스위치를 이용한 최대 1.5 kV의 경사전압 출력을 확인한다.
- KERI가 지정한 부하조건에서 최대 피크전압 -3 kV의 펄스 출력을 확인한다.
- 최대 400 kHz의 반복률에서 펄스 출력과 시스템의 정상 동작을 확인한다.
- 과전류 및 아크 발생 시 보호회로가 동작하여 스위칭 신호와 고전압 출력을 차단하는지 확인한다.

5. 기타사항

5.1 본 시방서에 해석상의 이견이 있을 경우에는 당원의 해석에 따른다.

5.2 사양이 제시되지 않은 부분들은 일반 사양을 따르며 최종적인 상세 제작사양은 담당자와 협의하여 결정한다.

5.3 설계 및 모델링을 진행하면서 전기적인 성능에 문제가 있다고 판단되는 경우 지속적인 수정이 필요할 수 있으며, 이에 공급자는 당 연구원의 요구에 맞게 납품 및 성능 테스트가 끝날때까지 설계, 모델링 변경 및 제작을 지원하여야 한다.

[문의처 및 담당자]

한국전기연구원 전기응용연구본부 전기물리연구센터

정우철

055-280-1453