

대용량 마이크로 웨이브 전원 시스템

유효열, 심은용, 서태원
(주)다원시스

Power Supply system of Large Capacity Microwave

Yoo Hyo Yol, Shim Eun Yong, Seo Tae woon
Dawonsys Co. LTD

ABSTRACT

The microwave power supply is mainly composed of the cathode power supply supplying the beam voltage and beam current of the gyrotron and body power supply for the single depressed collector (SDC) operation, which requires the cathode voltage/current of 80 kV/24 A for the cathode and +24 kV for the body. This paper is describing the power supply system for the gyrotron of KSTAR.

1. 서론

마이크로웨이브 전원장치는 마이크로웨이브 소스에 해당하는 자이로트론이나 마그네트론 사이클로트론 등에 전원을 공급하는 장치이다. 고전압의 DC 혹은 펄스형태의 전원이 요구되며 그 외에도 보조적으로 가속전원, 필라멘트 히팅전원, 콜렉터 코일 전원등의 보조전원을 필요로 한다. 또한 마이크로웨이브 소스를 보호하기 위해 Arc 나 과전류에 대한 빠른 보호기능이 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 국가핵융합연구소에서 진행하고 있는 KSTAR 프로젝트의 자이로트론 ECH(Electron Cyclotron Heating) 시스템에 적용된 전원장치를 중심으로 대용량 마이크로웨이브 전원장치에 대해 설명한다. 우선 빔 전압과 빔전류를 공급하는 캐소드 전원장치와 CPI 84GHz 자이로트론의 SDC(Single Depressed Collector) 운전을 위한 바디 전원장치로 이루어져 있으며 캐소드 전압과 전류는 80kV/24A 이며 바디전압은 콜렉터에 대해 100kV/20mA 이다. 캐소드 전원장치는 90kV의 고전압을 발생시키는 고전압 발생부와 펄스 형태의 출력을 위해 출력을 단속할 수 있는 고전압 MOSFET 반도체 스위치로 이루어진다. 또한 캐소드 및 바디에 아크나 과전류가 발생하면 10us 이내에 회로를 개방시켜 자이로트론 내부로 전달되는 에너지를 6J 이내로 제한하여 자이로트론의 손상을 방지한다.

2. 본론

2.1 대용량 마이크로웨이브 시스템 구성

그림1에 전체 시스템을 보여주고 있다. 주요구성장치는 자이로트론과 이에 전원을 공급하는 전원장치시스템 그리고 마이크로웨이브를 전달해주는 도파관, 그리고 최종적으로 가열이 이루어지는 진공의 플라즈마 챔버등

로 이루어져 있다.

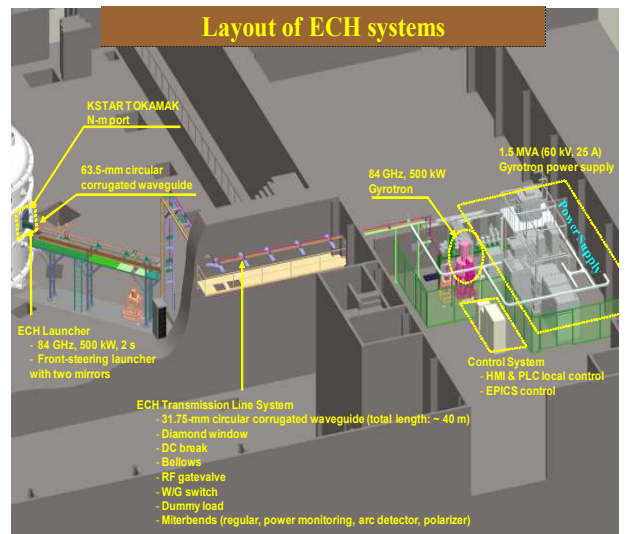


그림1. KSTAR 자이로트론 ECH 시스템

2.2 전원장치의 구성 및 사양

전원장치의 사양은 아래와 같다.

- Cathode Power Supply : -85kV, 25A
- Acceleration Power Supply : 100kV, 100mA
- Cathode Heating Power Supply : 30V, 10A
- Collector Coil Power Supply : 30V, 30A

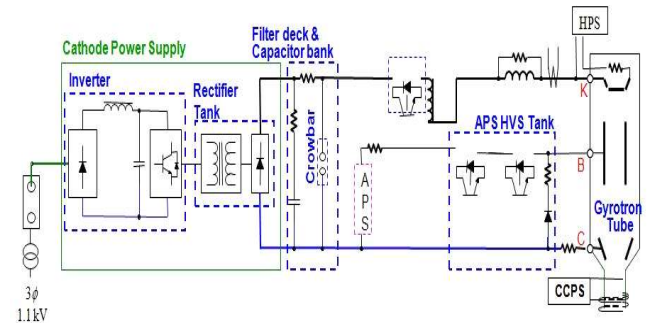


그림2. 전원장치 단선도

그림1은 전원장치의 단선도를 보여준다. 하나의 자이로트론을 구동하기 위해서는 CPS(Cathode Power Supply), APS(Acceleration Power Supply), HPS(Heater Power

Supply), CCPS(Collector Coil Power Supply)등의 4가지 전원 장치가 필요하다. 사양에서 알 수 있듯이 CPS와 APS는 고전압을 출력하는 전원장치이며 HPS는 자체로는 고전압을 출력하지 않지만 고전압부에 연결되므로 고전압 절연내력을 갖도록 설계 제작되어야 한다.

2.2.1 CPS (Cathode Power Supply)

85kV/25A의 고전압을 펄스 형태로 출력하는 펄스전원장치이며 구성은 아래와 같다..

- 입력부 : 3상 1100V를 수전하는 부분이며 차단기와 Fuse, 전압전류 메타, 과전압 보호회로등으로 구성된다.

- 인버터부 :

다이오우드 정류기와 DC Link 필터 그리고 IGBT 인버터로 구성된다. 3대의 단상 인버터로 구성되어 있으며 IGBT는 3300V/1200A를 사용하여 800Hz로 스위칭하며 출력리플을 감소하기 위해 인버터 간에는 위상차를 두어 스위칭 한다.

- 고전압 정류부 :

3대의 승압 트랜스포머와 고전압 다이오우드 정류기로 구성되어 있으며 출력이 직렬로 연결되어 있어 최대 85kV의 고전압을 얻는다. 트랜스포머는 800Hz의 단상 구형파를 입력으로 하여 1.3kV/30kV의 전압비를 갖는다. 고전압정류기는 1200V/60A 다이오우드를 직렬로 연결하여 사용하고 있다. 고 절연을 위해 절연유를 사용하며 고전압 정류부는 오일 Tank 형태로 되어 있다.

- 고전압 필터부 : 고전압 절연내력을 갖는 LC필터로 구성되어 있다.

- 고전압 스위치부 : 1200V/70A MOSFET이 150개 직렬연결된 고전압 반도체 스위치, 프리휠링 다이오우드, 전류제한 리액터, 과전압보호회로 등으로 구성되며 절연유 속에서 동작한다. 과전류에 대해 Fast Protection기능이 있어 10us이내에 출력을 차단할 수 있다.

2.2.2 APS, HPS, CCPS

CPS외에도 자이로트론의 구동을 위해서는 아래와 같은 사양의 전원장치들이 필요하며 대부분은 기개발되어 판매되고 있는 상용품을 사용하여 구성하고 있다.

- Acceleration Power Supply : 100kV ,100mA
- Cathode Heating Power Supply : 30V, 10A
- Collector Coil Power Supply : 30V, 30A

2.3 설치 및 시험

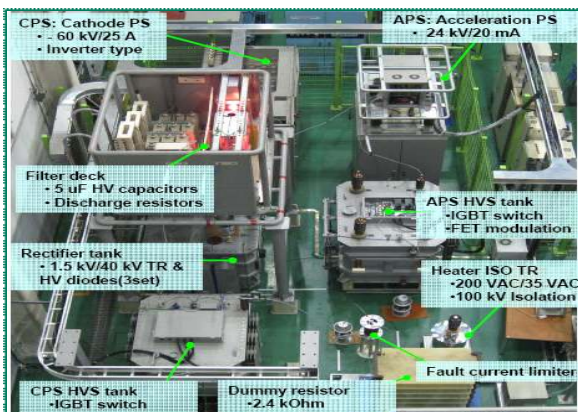


그림3. 현장설치 사진



Gyrotron Tube

- Beam Voltage : -80kV
- Beam Current : 25A
- Beam Power : 500kW
- Frequency : 84GHz

그림4. 자이로트론

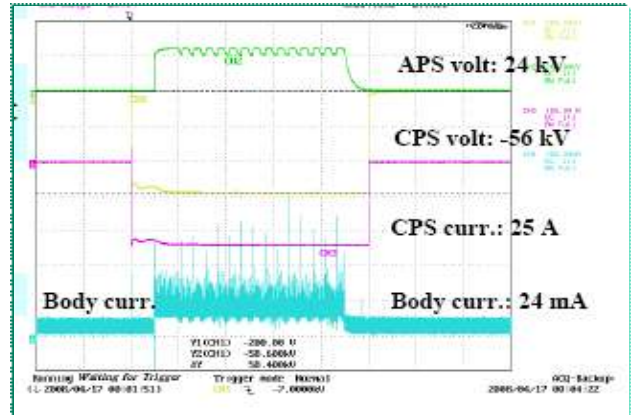


그림5. 시험파형

그림3~5는 현장설치장면 및 사용된 자이로트론 그리고 시험 파형을 보여주고 있다.

각 전원장치들은 서로 연동되어 운전되며 타이밍 제어를 위해 고정밀의 타이밍 발생기를 사용한 별도의 제어장치가 구성된다. 시험에 사용된 자이로트론은 CPI사의 84GHz 500kW급이며 핵융합로의 초기 플라즈마 히팅에 성공적으로 사용되고 있다.

3. 결론

본 논문에서는 대용량 마이크로웨이브용 전원시스템에 대해 개략적인 내용으로 서술하였다. 본 장치를 구현하기 위해서는 고전압 특성의 이해에서 부터 고전압발생에 대한 연구, 고전압 절연기술, 전력용 반도체소자를 사용한 고전압 스위칭 기술, 노이즈대책, 접지기술등이 필요하다. 향후 특수전원분야의 하나로 고전압 펄스 전원장치가 소요되는 분야로 적용을 확대할 예정이며 더욱 더 신뢰성 있는 전원장치로 보완 발전해 나갈 예정이다.

참고 문헌

[1] K. Hayashi "Design and test of 168-GHz, 500kW Gyrotron and power supply system" Fusion Engineering and Design 53(2001) 457-464, 2001.
 [2] JH Jeong "Current status and upgrade plan power supply for 84 GHz Gyrotron for KSTAR ECH" 2008.