

산업용 마그네트론 구동전원 개발

류홍제, 김종수, 김수진, D. Sytykh
한국전기연구원 산업전기연구단 전력전자 그룹

The Development of Industrial Magnetron Power Supply

Hong-Je Ryoo, Jong-Su Kim, Su-jin Kim, D. Sytykh
Power Electronics Group, KERI

Abstract - In this paper, the design of power supply for high power magnetron system is studied. For magnetron drive, three kinds of power supply is required for main high voltage, magnet and heating filament.

Detail design was accomplished with basic simulation and real system is developing based on basic design.

1. 서 론

현재 2450MHz, 1kW급의 가정용 전자렌지와 같은 소형 마그네트론의 생산에 있어서는 국내의 가전사가 최고의 기술력을 바탕으로 세계시장을 점유하고 있으나 고출력 산업용 마그네트론은 고효율, 고출력 마이크로파 에너지원으로서 식품, 환경, 화학, 종이, 목재 등 다양한 산업에 응용되고 있음에도 불구하고 국내 기술 개발이 거의 이루어지지 않았다. 이로 인해 국내 기업이 사용하고 있는 마이크로파 응용 시스템의 신속한 유지보수가 어렵고 가격이 높아, 에너지 효율과 생산성이 높은 마이크로파 응용 시스템의 보급이 쉽지 않다.[1]

또한, 고출력 산업용 마그네트론은 국내에서 개발된 실적이 거의 없어 이에 적합한 구동전원도 개발이 거의 이루어지지 않고 있다. 그리고 구동전원의 특성상 구동전원은 부하특성에 적합한 전원이 되어야하므로 고출력 산업용 마그네트론을 최적 조건으로 구동하기 위해서는 마그네트론의 전기적 특성, 연속 동작에서 온도상승에 따라 변화되는 부하특성, 마그네트론의 보호 방법등을 고려하여 구동전원이 설계되어야 한다.

이러한 산업용 마그네트론과 구동전원은 미국, 영국, 러시아, 일본, 중국 등의 선진국만이 보유하고 있는 전략 기술이기 때문에, 이 기술을 이전받는다는 것은 불가능하여 국내에서 자체적으로 기술을 개발해야 한다.

본 논문에서는 30kW급 산업용 마그네트론의 구동을 위한 구동전원의 설계에 대하여 다룬다. 30kW급 마그네트론을 구동하기 위한 구동전원의 기본 설계를 수행하고 기본기능에 대한 시뮬레이션을 수행한다. 기본설계된 사양을 바탕으로 향후 시작품을 제작하여 국산화 개발을 완료할 예정이다.

2. 30kW급 산업용 마그네트론 구동전원

표 1은 현재 시판되고 있는 국외의 30kW급 마그네트론 구동전원의 대략적인 사양비교이다.

가장 중요한 마그네트론의 고압전원으로는 12-13kV에 3.0A 내외의 전류를 인가하며 약 40kVA의 용량을 요구함을 알 수 있으며, 그 외 마그네트론의 구동을 위한 보조전원으로 예열을 위한 필라멘트 전원과 전자석 여자전원이 추가로 요구된다.

표 1. 30kW급 마그네트론 구동전원 비교

	Anode Voltage	Anode Current	Filament Current	Magnet Current	Frequency Stability
National Electronics	12.5kV	3.0A	100A	3.4A	10MHz
California Tube Lab.	12.8kV	3.0A	N/A	N/A	5MHz
Burle	12.6kV	2.8A	100A	3.35A	5MHz
EZV	12.5kV	2.8A	102A	3.4A	5MHz
Nanjing Sanle Group	12.5kV	2.8A	115A	N/A	25MHz

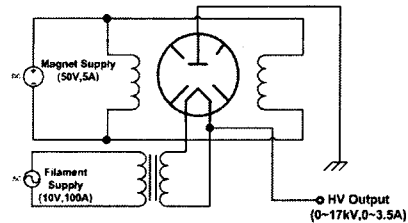


그림 1. 마그네트론 전원 구성도

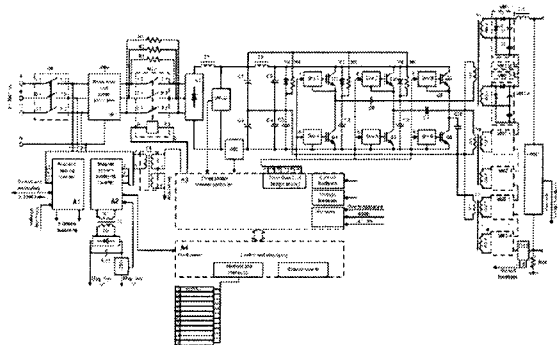


그림 2. 마그네트론 전원 인터페이스 설계도

그림 1은 마그네트론의 간략한 전원 구성도를 보여주고 있다. 그림에서 나타나는 것과 같이 고압전원이 마그네트론의 음극봉과 접지 사이에 인가되며 마그네트론의 자체 형성을 위한 전자석 여자전원과 예열을 위한 필라멘트 전원이 공급된다. 필라멘트 전원은 고압 음극봉에 전원을 인가하게 되므로 고압에 따른 절연이 요구된다.

그림 2는 이에 따른 제어기와 주변장치를 포함한 상세 설계도이다.

3. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 필라멘트 여자 전원과 전자석 여자전원에 대한 내용은 생략하고 가장 주가 되는 고압전원에 대한 시뮬레이션 결과를 소개한다.

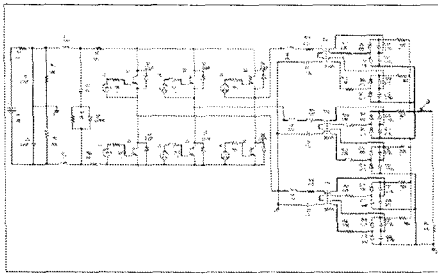


그림 3. 고압전원 시뮬레이션 모델(13kV, 40KW)

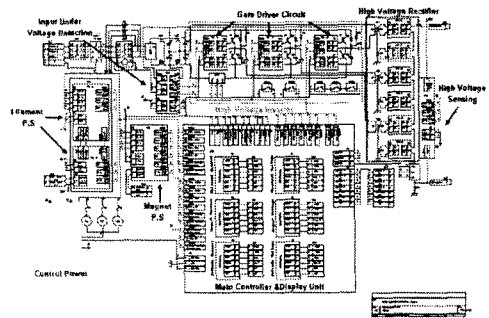


그림 8 마그네트론 상세 설계 도면

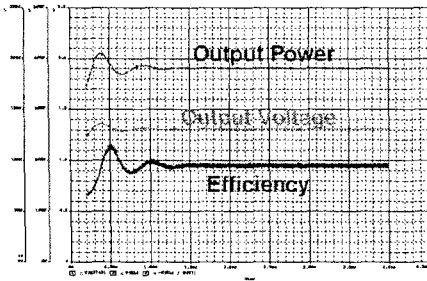


그림 4. 출력전압, 출력, 효율

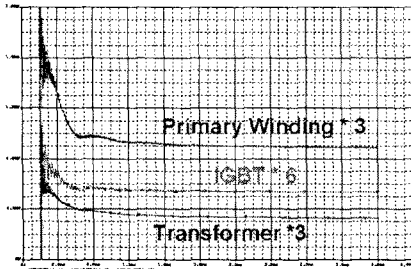


그림 5. 각부 발생 손실 분석

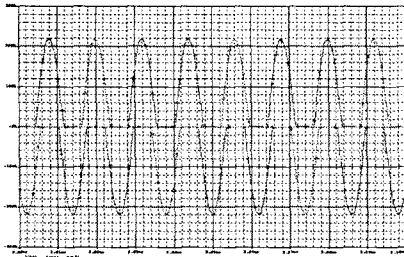


그림 6. 공진전류파형

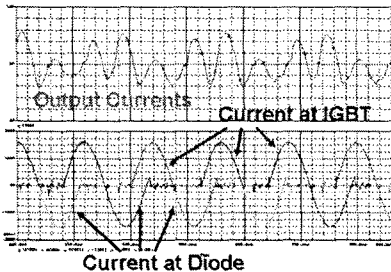


그림 7. 아크발생시 전류파형

그림 3은 고압 전원의 시뮬레이션을 위한 회로모델이다. 주전원장치는 고효율 직렬공진형 인버터 방식을 사용하여 출력전압 13kV에서 최대 출력 40kW가 발생할 수 있도록 설계하였다.

그림 4는 시뮬레이션 결과로 40kW 발생시의 출력전압과 출력, 그리고 효율의 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 13kV 출력전압에서 40kW의 출력이 발생하며 정상상태에서의 효율은 90% 이상으로 유지됨을 알 수 있다. 그림 5는 각부의 손실계산으로 이는 등가모델에 의한 변압기 일차측 회로와 IGBT의 도전손실, 변압기에서 발생하는 손실의 간략화 된 분석파형이다.

그림 6은 정상상태에서의 3상 공진형 인버터의 출력전류파형을 보여주며, 그림 7은 비선형 부하조건에서 수시로 발생하는 마그네트론의 아크 발생시의 단락조건에서의 전류파형 시뮬레이션 결과이다. 본 장치는 공진형 전류형 인버터를 사용함에 따라 단락발생시의 효과적인 보호가 가능함을 보여주고 있다.

그림 8은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 상세 설계된 마그네트론 구동전원의 회로도도 모든 부분에 대한 상세 설계가 완료되었다.

4. 결 론

본 논문에서는 30kW급 마그네트론에 전원을 공급하기 위한 40kW급 마그네트론 음극전원을 위주로 전원장치의 설계와 시뮬레이션 결과를 소개하였다.

다양한 시뮬레이션을 통하여 전원장치의 요구성능을 검증하였으며, 현재 상세 설계가 완료되어 실 제작품을 제작중이다. 제작된 전원장치는 다양한 테스트를 거쳐 현재 별도로 설계 제작되고 30kW 산업용 국산화 마그네트론과 결합되어 시제품테스트를 수행할 예정이다.

제시된 고압전원과 산업용 마그네트론의 국산화 개발이 완료되면 상당한 수입대체 효과와 국내 기술 개발의 향상에 이바지할 것으로 예상된다.

[참 고 문 헌]

- [1] "산업용 마그네트론 및 구동전원 개발" 한국전기연구원 1차년도 보고서