

그림 1은 마그네트론의 간략한 전원 구성도를 보여주고 있다. 그림에서 나타나는 것과 같이 고압전원이 마그네트론의 음극봉과 접지 사이에 인가되며 마그네트론의 자계 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 3은 고압 전원의 시뮬레이션을 위한 회로모델이다. 주전원장치는 고효율 직렬공진형 인버터 방식을 사용하여 출력전압 13kV에서 최대 출력 40kW가 발생할 수 있도록 설계하였다.

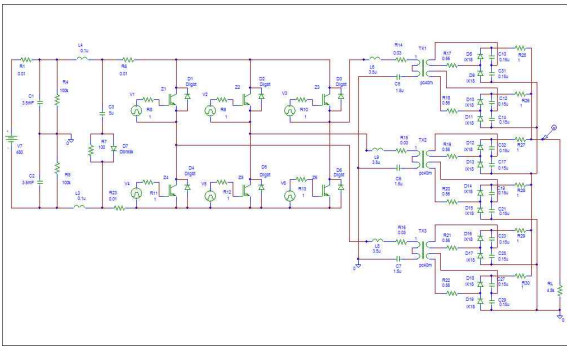


그림 3. 고압전원 시뮬레이션 모델(13kV, 40KW)

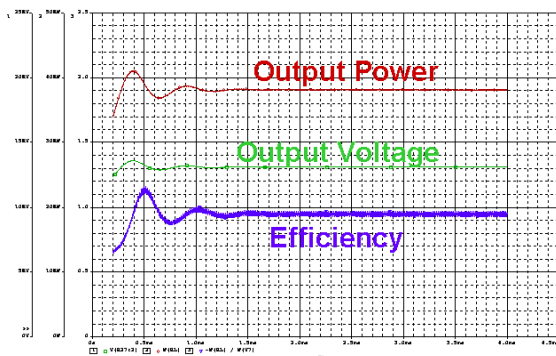


그림 4. 출력전압, 출력, 효율

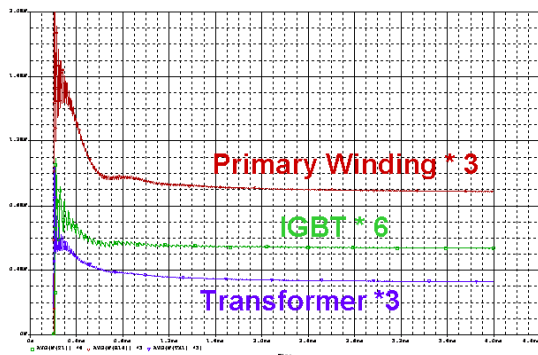


그림 5. 각부 발생 손실 분석

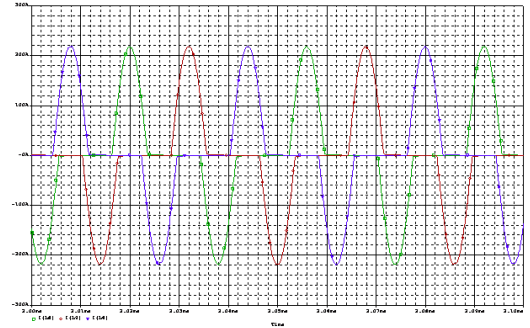


그림 6. 공진전류파형

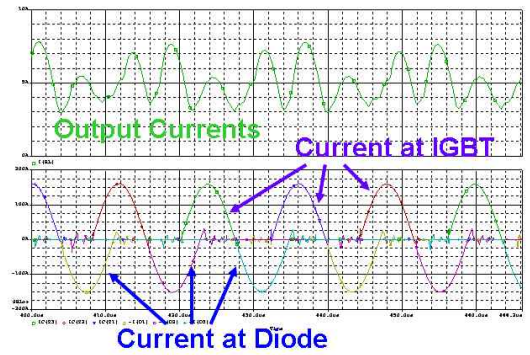


그림 7. 아크발생시 전류파형

그림 4는 시뮬레이션 결과로 40kW 발생시의 출력전압과 출력, 그리고 효율의 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 13kV출력전압에서 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 간략화된 분석파형이다.

그림 6은 정상상태에서의 3상 공진형 인버터의 출력 전류파형을 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.

4. 실험 결과

시뮬레이션 결과를 바탕으로 30kW급 마그네트론의 고압 전원장치가 설계 제작되었으며, 그림 8에 제작된 고압전원장치를 도시하였다. 고압전원은 입력 3상전원으로부터 필터부와 정류부로 인버터의 입력 DC 전원을 구성하는 저전압부와 인버터 고압변압기 및 고압정류다이오드로 구성되는 고전압부의 두부분으로 구성된다.



그림 8. 제작된 산업용마그네트론 고압전원

그림 9부터 그림 12는 실제 제작된 고압전원의 저항부하를 사용한 실험파형이다.

먼저, 그림 9는 정격부하의 전압 전류 파형으로 10kV, 3.5A 조건에서의 과도상태 및 정상상태 동작 파형으로 보여준다.

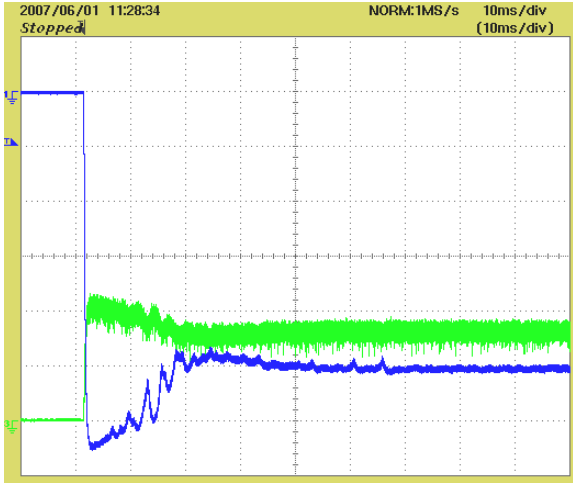


그림 9. 고압전원 실험 파형(10kV, 3.5A, 2kV/div, 2A/div.)

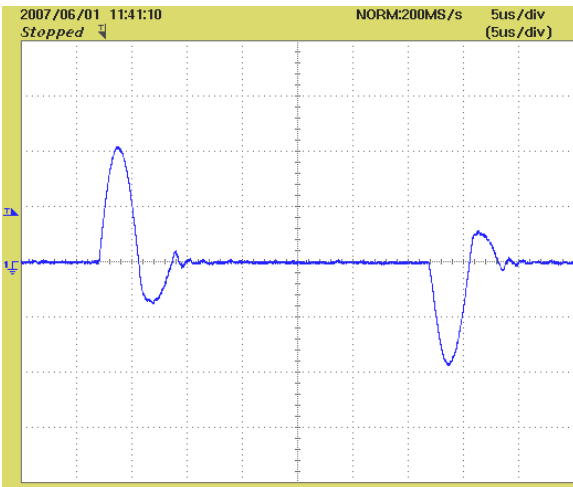


그림 10. 인버터 공진전류 파형(100A/div.)

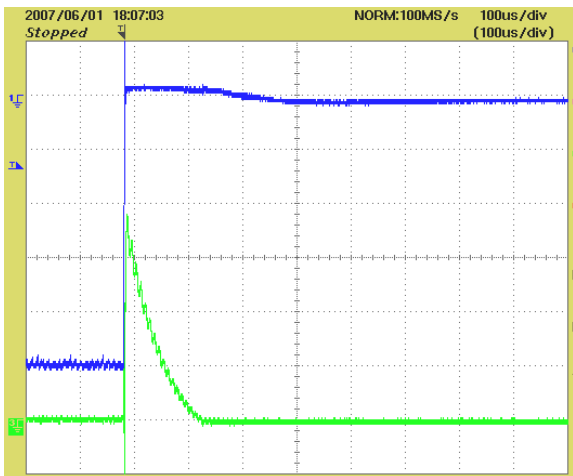


그림 11. Arc 보호 파형(20A/div., 2kV/div)

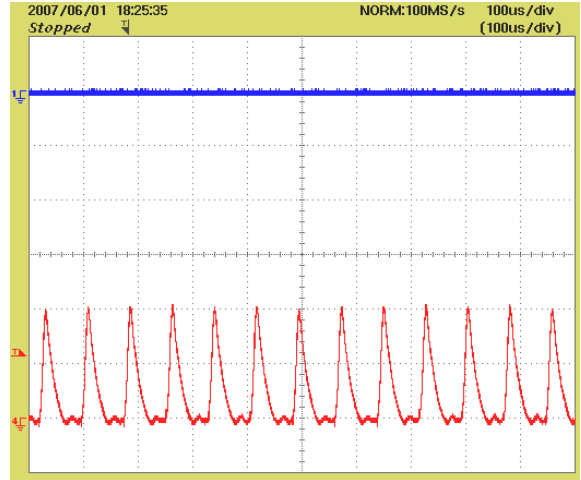


그림 12. 단락전류파형(2A/div., 2kV/div)

그림 10은 공진형 인버터의 공진 전류 파형을 나타낸다.

그림 11과 12는 마그네트론 구동시에 빈번하게 발생 가능한 Arc 발생시의 동작 파형으로 그림 11은 저항부하에서 동작중에 저항부하 양단을 단락시킨 경우의 과도상태의 파형이며 그림 12는 부하를 단락시킨 상태에서 고압전원을 인가하였을 경우의 동작 파형이다.

그림 11에서 보이는 바와 같이 공진형 인버터가 기본적으로 전류원으로 동작하므로 아크 발생시에 안전한 보호동작이 수행됨을 알 수 있으며 그림 12에 보이는 바와 같이 부하 단락 조건에서 고압전원을 인가하여도 안정적으로 정격전류만을 흘리면서 더 이상 전압이 증가되지 않는 현상을 보여주고 있다.

현재 제작된 고압 전원장치는 실제 마그네트론 부하와 연계하여 다양한 실험을 수행예정중에 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 30kW급 마그네트론에 전원을 공급하기 위한 40kW급 마그네트론 고압전원에 대한 전원장치의 설계 및 개발을 소개하였다.

다양한 시뮬레이션을 통하여 전원장치의 요구성능을 검증하였으며, 이를 바탕으로 상세 설계 및 제작이 완료되어 실험 및 보안을 수행중이다. 제작된 전원장치는 다양한 테스트를 거쳐 현재 별도로 설계 제작되고 30kW 산업용 국산화 마그네트론과 결합되어 시제품테스트가 수행되고 있으며, 상용화 연구를 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