

산업용 마그네트론 보조전원 개발

류홍제, 김종수
한국전기연구원 산업전기연구단

Development of Auxiliary Power Supply for Industrial Magnetron

H.J Ryoo, J.S Kim
KERI, IAR division

ABSTRACT

For the magnetron, two kinds of auxiliary power is required to generate proper heat and electromagnetic field. In this paper the development of filament power supply and magnet power supply for high power industrial magnetron is studied. The filament power supply which is generate proper heat, even it doesn't require high power like main power supplies, has many consideration such as high voltage insulation and power control coordinated with high voltage cathod current to maintain constant heat generation. The novel control method using constant resistance control is proposed for accurate control of filament power supply.

1. 서 론

마그네트론 구동전원은 크게 세가지로 분류된다. 첫째는 주 고압전원으로 마그네트론의 마이크로 웨이브 발생을 위한 고압 대전력전원이며, 이외 보조전원으로 챔버내의 열을 발생시키기 위한 필라멘트 구동전원과 자장을 형성시켜 주기 위한 마그넷 구동전원이 필요하다.

이러한 보조전원장치들은 주 고압전원과 같이 대용량 고압을 요구하지는 않으나, 마그네트론의 동작에 중요한 영향을 미치기도 하며, 특히 필라멘트 전원은 고압전원측에 같이 연결되어 고압 절연에 대한 세심한 주의가 요구된다.

또한 마그네트론의 파워가 증가함에 따라 반사되는 반사파의 영향으로 과도한 발열이 발생되기 때문에 마그네트론 출력의 증가에 따라 반비례하여 전류를 감소시켜 주는 연동제어가 필요하게 되고 이로 인해 고압측의 전류를 제한하여야 하므로 고압전원과도 밀접하게 관계 된다.

본 논문에서는 산업용 마그네트론 구동을 위한 필라멘트 가열용 전원과 마그넷 여자 전원의 개발에 대하여 소개한다.

이러한 보조전원은 단순한 변압기 및 정류회로로 구성되는 경우가 많으나 본 논문에서는 정확한 제어를 위해 공진형 인버터 방식을 사용하였으며, 고압전원의 전류 증가에 따라 감소하는 필라멘트 전원의 전류 연계 제어를 신호의 연계 없이 독립적으로 이루어질 수 있도록 정저항 제어방식을 사용하였다.

2. 마그네트론 보조전원 구성

그림 1은 산업용 마그네트론의 구동전원 구성을 보여주는 결선도로 그 정격사양이 기술되어 있다. 그림에 보이는 바와 같이 자계 발생을 위한 마그넷 여자 전원은 고압전원측과 절연되어 독립적으로 제공되지만 필라멘트 전원은 고압부에 공급되므로 고압에 대한 절연이 요구된다.

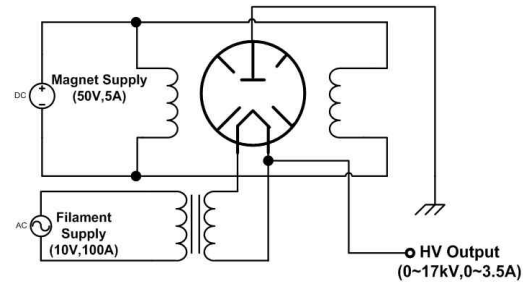
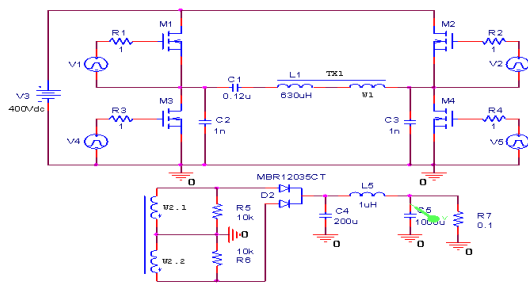
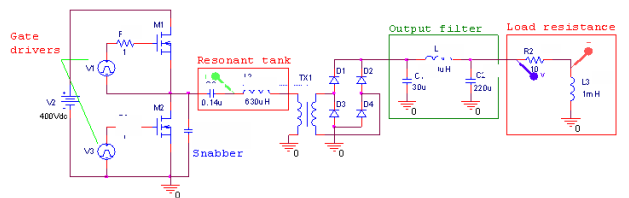


그림 1. 마그네트론 전원 구성도.



(a) 필라멘트 전원



(b) 마그넷 전원

그림 2. 마그네트론 보조전원 시뮬레이션 모델

그림 2는 산업용 마그네트론 보조전원 시뮬레이션을 위한 모델이며, 일반적인 경우 이러한 보조전원은 간단한 변압기와 정류부로 구현되는 경우가 많으나 본 연구에서는 보다 정밀한 제어를 위하여 공진형 컨버터 방식을 사용하였다.

특히, 필라멘트의 열의 일정한 제어를 위해서는 그림 3과 같이 마그네트론 주전원에서 공급되는 캐소드 전류의 양에 반비례하게 필라멘트 전류를 감쇄시켜 주므로써 항상 일정한 열을 발생시키도록 구현하는 것이 필요한데 이로 인하여 고압부와 필라멘트 전원부는 센싱신호의 연계가 필요하게 되며 분리가 불가능하나, 본 연구에서는 필라멘트선의 저항값을 예측하여 항상 일정한 저항값이 되도록 제어해 주는 일정저항 제어방식을 사용하여, 고압 전원과 중속되지 않고 항상 일정한 열이 발생가능하도록 구현하였으며, 고압절연을 위한 변압기를 고주파 스위칭 변압기로 대체하여 사이즈를 줄일 수 있었다.

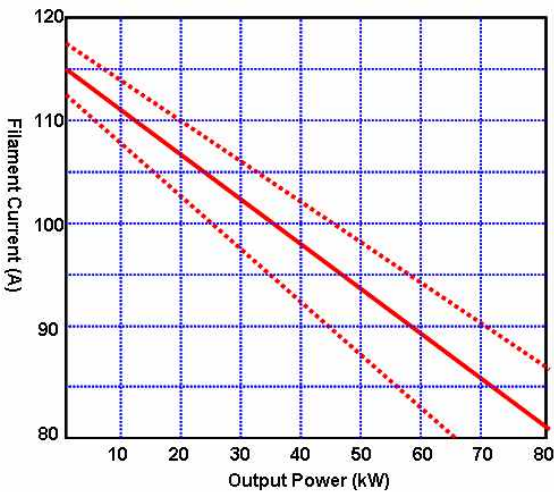


그림 3. 고압전원출력과 필라멘트 전원 연계 제어 곡선

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

그림 4, 그림 5는 각각 그림 2의 시뮬레이션 모델에 대한 필라멘트 전원 및 마그넷 전원의 시뮬레이션 결과이다.

두 전원장치 모두 기본적으로 부하 직렬공진형 컨버터를 사용하였으며, 파형 역시 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 다만 정격전류와 정격전압의 차이로 인하여 그 특성이 다르며 마그넷 전원의 경우 인덕터 성분으로 인하여 필라멘트 전원보다 응답 특성이 지연되는 것을 알 수 있다.

필라멘트 전원의 경우 교류형태로 인가되는 경우가 일반적이나 앞서 서술한 것과 같이 정밀한 열의 제어를 위하여 2차측 전압과 전류를 직접 센싱하여 제어하는 직류형태의 전류원 제어 방식으로 구현하였으며 이로 인하여, 정저항 제어 방식을 사용한 고압전원과 독립적인 전원장치로 제작이 가능한 장점을 지니게 되었다. 이는 향후 마그넷 및 필라멘트 전원을 고압전원과 별도로 판매 가능한 장점을 지니게 된다.

그림 6은 각 전원장치의 공진탱크의 전류파형을 나타낸다.

그림 7은 필라멘트 전원장치의 실제 사진이며, 우측 파트는 고압전원부에 연결되는 필라멘트 전원의 정류부이며, 좌측 파트는 마그넷전원장치가 제어부와 컨버터 부가 원보드 형태로 구현되었고, 필라멘트 전원의 인버터부가 위치한다. 필라멘트 제어기는 전면 표시부에 부착되는 구조로 제작되었다.

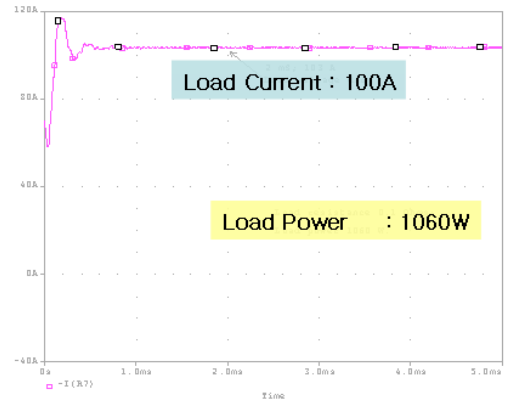
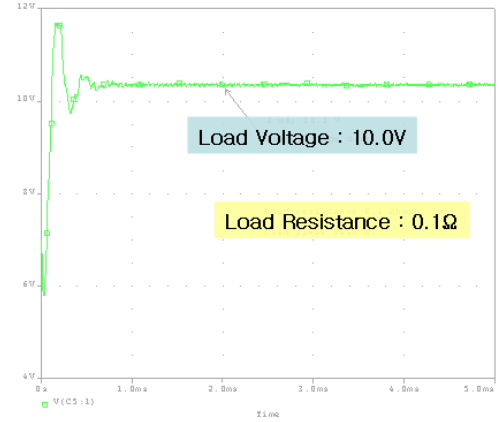


그림 4. 필라멘트 전원장치 시뮬레이션 결과 (상: 부하전압, 하: 부하 전류)

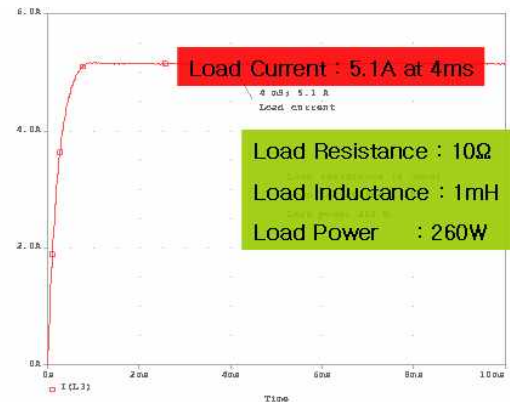
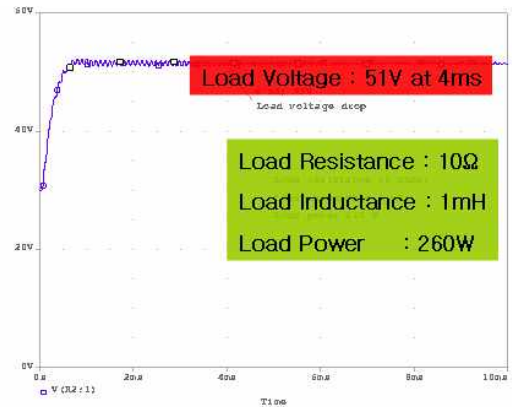


그림 5. 마그넷 전원장치 시뮬레이션 결과 (상: 부하전압, 하: 부하 전류)

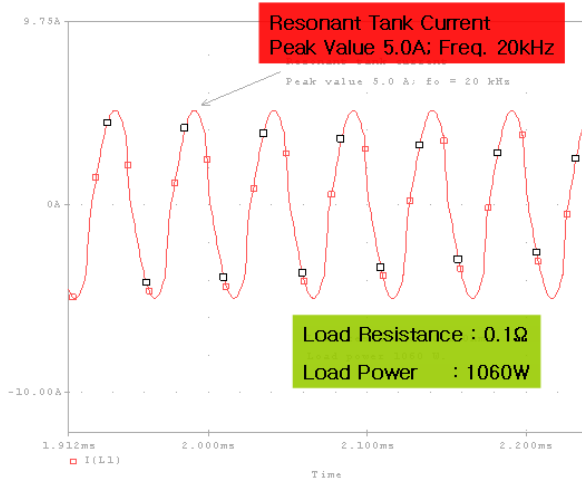


그림 8. 필라멘트 전원장치 실험 파형

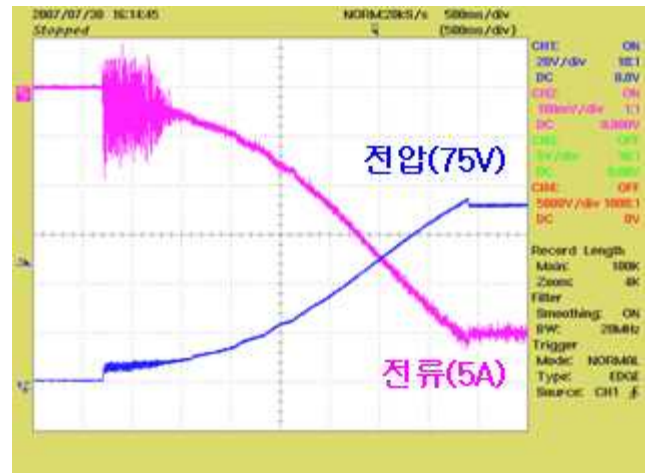
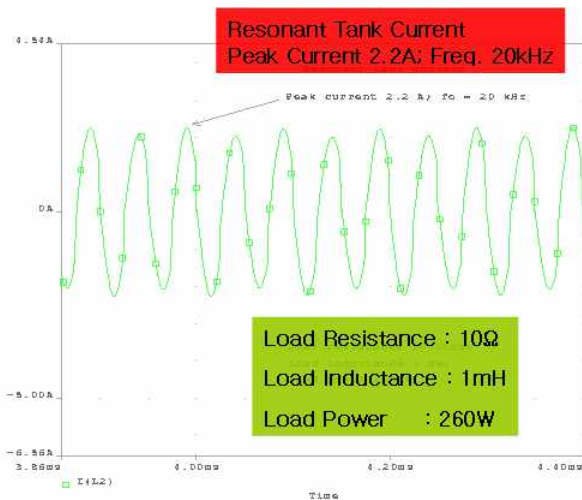


그림 9. 마그넷 전원장치 실험 파형

그림 6. 공진탱크 전류파형 시뮬레이션 결과
(상: 필라멘트전원장치, 하: 마그넷 전원장치)

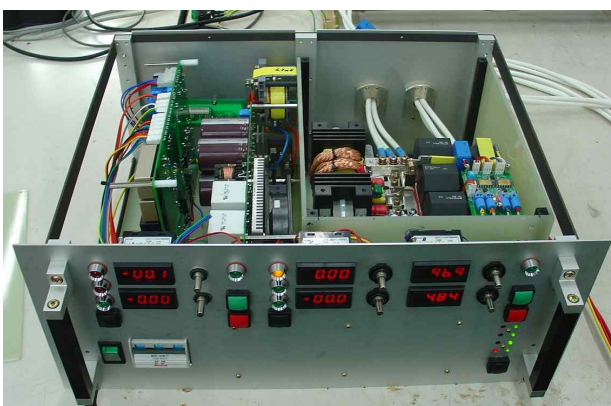


그림 7. 마그네트론 보조전원장치

그림 8과 그림 9는 실제 제작된 마그네트론 보조전원장치의 실험 파형을 보여준다.

시뮬레이션 결과에 비하여 응답성능이 느리게 되어 있는 것은 고의적으로 응답특성이 느리게 조절하였기 때문이며, 필라멘트전류의 경우 최대 전류인 120A로 제어하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 30kW급 산업용 마그네트론에 적용하기 위한 보조전원장치의 개발에 대하여 다루었다.

필라멘트와 마그넷 전원장치는 공진형 컨버터 방식을 사용하여 그 성능을 높였으며, 필라멘트 전원의 경우

필라멘트에서 방출된 전자들 중 일부가 되돌아와 필라멘트와 충돌하는 역충격(back-bombardment) 현상 때문에 발생하는 추가적인 열에 의한 필라멘트의 온도 상승을 보상해 주기 위한 정지항 제어 방식을 채택하였다.

현재 제작된 마그네트론 보조전원장치는 실제 30kW급 마그네트론과 함께 실부하 시험중이며, 성능보완 후 상용화 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 산업용 마그네트론 및 구동전원 개발 1차년도 보고서, 2006년. 7월
- [2] 산업용 마그네트론 및 구동전원 개발 2차년도 보고서, 2007년. 7월