

55kV 11mA X-ray 발생장치 설계

제진¹, 주학림², 목형수[†]
 건국대학교¹, 건국대학교², 건국대학교[†]

Design of 55kV 11mA X-ray generator

JeJin Jang¹, Helin Zhu², HyungSoo Mok[†]
 KONKUK University¹, KONKUK University², KONKUK University[†]

ABSTRACT

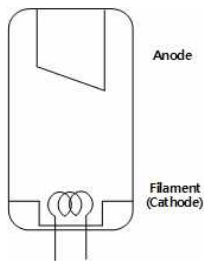
X-ray 발생장치는 주로 열전자생성을 위한 저압 발생장치와 열전자가속을 위한 고압전원 및 X-ray 튜브 등으로 이루어져 있다. 따라서 X-ray 발생장치에는 저압전원과 고압전원의 설계가 필수적이다. 저압전원의 경우 전압, 전류의 정격이 비교적 작기 때문에 구현이 상대적으로 용이하나 고압전원은 40~200kV까지의 고전압을 생성해야하기 때문에 일반적으로 인버터, 고압 변압기, 배압회로 등 단계를 거쳐서 생성되도록 설계된다. 이들의 설계 방식에 따라 고압전원의 특성이 결정되게 된다. 본 논문에서는 55kV 11mA급 X-ray 발생장치를 설계, 제작하고 성능에 대해 검증하였다.

을 Full- Bridge Inverter를 통해 전력을 전달하며, 전달 된 출력은 LC 필터를 통해 원하는 주파수의 출력으로 변화되게 된다. 또한 55kV에서 X-ray 발생장치 작동 시, 내부 아크로 인한 전체 시스템, 회로 손상 방지를 위해 leakage flux에 의한 1%미만의 전력 손실을 감수하더라도 1:1 변압기를 제작하여 구성함으로써 X-ray 발생장치 내부에 형성되는 아크로 인한 보호 회로로써 구성하였다.

1. 서론

통상적으로 상용되는 X-ray기기의 경우 X-ray 생성방식은 그림1과 같은 X-ray Tube 내 Filament를 가열하여 전자들이 X-ray Tube 진공으로 방출되게 한다[1]. 이때 anode와 chathode사이의 고전압을 인가해주면 전기장에 의해 가속된 전자들이 Anode와 충돌하면서 X-ray가 발생된다.

이를 통해 X-ray 발생장치의 구성요소는 전자를 가속하기 위한 고압 전원, Filament에 전력 공급목적의 저압 전원, 가속 전자를 X-ray 광자로 전환시켜주는 X-ray Tube로 구성되어 있다.



1 X-ray Tube 구조
 Fig. 1 X-ray Tube Structure

2. 본론

2.1 저압 발생장치 설계

그림2는 설계한 저압 발생장치의 회로도로서 DC-link의 전압

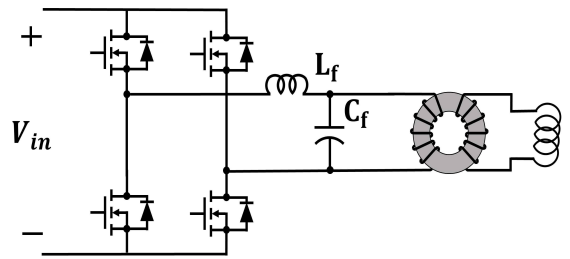
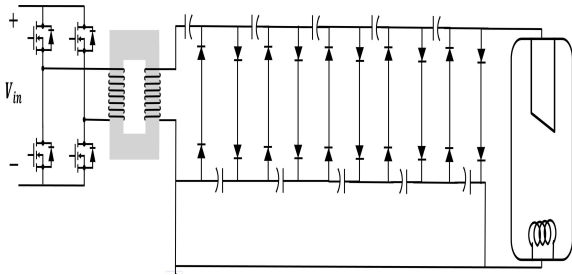


그림 2 저압 발생장치 회로도
 Fig. 2 Circuit diagram of low voltage generator

2.2 고압 발생장치 설계

그림3은 설계한 고압 발생장치의 회로도로서 250V DC-link 전압을 Full Bridge Inverter 각 leg의 상전압을 Phase Shift 방식을 이용하여 변압기 1차 측 입력 전압의 크기를 조절함으로써 출력되는 전압 조절 할 수 있게 설계하였으며, 또한 고압 출력 시 DC-link 전압 level 감소 및 배압회로 연결 감소에 따른 체적감소를 목적으로 변압기 권선 비를 1:20으로 설계하였다. 이 승압 변압기를 통해 전압 승압 효과 뿐만 아니라, 저압 발생장치와 마찬가지로 변압기 2차 측과 1차 측을 서로 절연시킴으로써 시스템 내부 아크 발생 시 회로 및 시스템의 보호가 가능하도록 제작하였다.

또한 DC-link전압과 변압기만으로 55kV의 고전압을 형성하기 위해서는 변압기 2차권선 수 증가에 따른 체적 증가 및 절연 문제, X-ray Tube에 일정한 직류 전압으로 인가해주기 위해서 변압기 2차 측에는 정류 배압회로가 필수적으로 필요하여 그림 5와 같이 변압기 출력단에 구성하여 고압 발생장치를 설계하였다.



3 고압 발생장치 회로도

Fig. 3 Circuit diagram of high voltage generator

2.3 전압, 전류 측정 방법

현재 시스템의 최대 전압이 55kV이기 때문에 인해 전압, 전류를 특수한 고압 측정 장비 없이 측정하기 위해서는 별도의 분압 회로가 필수적이다. 따라서 아래 그림 4와 같이 150MΩ와 10.665kΩ의 저항을 직렬로 연결하여 1V 전압이 약 14kV의 전압으로 관찰되도록 설계하였으며, 측정된 전압 값을 제어기와 연결함으로 고압 제어를 구현 하였다.

또한 전류 측정의 경우 Filament로부터 Anode로 전자들이 이동 시 전류는 전자의 반대방향으로 흐르기 때문에 그림 4와 같이 Filament 하단에 250Ω의 정밀 저항 양단에 측정되는 전압 값을 이용하여 1V의 전압이 4mA 전류로 측정할 수 있게 설계하여 진행하였다.

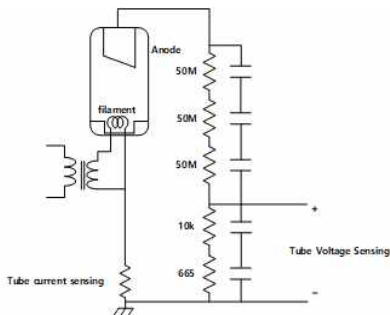


그림 4 전압, 전류 측정 회로도

Fig. 4 voltage and current measurement circuit diagram

2.4 실험 결과

실험의 신뢰도를 높이기 위해 원하는 분압 전압 값을 제어기 기준 전압 값으로 설정하였고 원하는 전류 수준을 형성하기 위해 Filament에 인가되는 전류의 실효 값 변화를 통한 전력 변화방식 또는 전력이 인가되는 시간을 변화시키는 방식으로 원하는 수준의 전압, 전류를 형성하여 실험을 진행하였으며 55kV의 고압인 점을 감안하여 1.6s동안만 전압이 형성되도록 설정하여 실험을 진행하였으며 그 결과 데이터를 추출하여 맷랩을 통해 파형을 재구성한 결과는 그림 5와 같다.

그림 5의 채널1은 분압 된 고전압을 의미하며 3.92V로 측정되는 것을 통해 Anode에 인가되는 전압 값이 55kV인 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 5의 채널2는 Tube 전류에 의한 정밀 저항 양단 전압이다. 정밀저항 양단 전압 값이 2.75V로 측정되는 것을 통해 Tube 전류 값이 11mA인 것 또한 확인할 수 있었다.

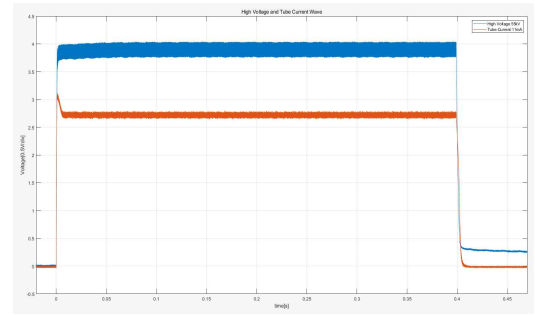


그림 5 55kV 전압, 11mA 전류 파형

Fig. 5 55kV Voltage, 11mA current wave

3. 결론

본 논문은 55kV 11mA급 X-ray 발생장치를 X-ray Tube, 고압 발생장치, 저압 발생장치로 구성하여 설계, 제작하였으며, 별도로 제작한 센싱 회로를 통해 발생장치 구동 검증을 실시하였다. 이를 통해 설계 목표 전압, 전류 값을 직접 확인함으로 제작 시스템의 구동 검증을 실시하였다.

참고 문헌

- [1] Marian Griljim, "Thermionic emission", University of Ljubljana, 2008, April
- [2] Young Jae Lee, Yeongsu Bak, "Control Method for Phase Shift Full-Bridge Center Tapped Converters Using s Hybrid Fuzzy Sliding Mode Controller", electronics, 2019, May