

## 보급형 인버터식 X선발생장치의 특성에 관한 연구

이성길\*, 박수강\*\*, 조금배\*\*, 백형래\*\*, 김대곤\*\*\*, 김평호\*\*\*\*

\*광주보건대학 방사선과, \*\*조선대학교 전기공학과

\*\*\*전남과학대학 자동차과, \*\*\*\*서강정보대학 정보통신과

### A Study on the Characteristics of Inverter Type X-Ray Generator

Seong-Kil Lee\*, Su-Kang Park\*\*, Geum-Bae Cho\*\*, Hyung-Lae Baek\*\*

Dae-Gon Kim\*\*\*, Pyoung-Ho Kim\*\*\*\*

\*Dept. of Radio-Technology Kwangju Health College,

\*\*Dept. of Electrical Eng. Chosun Univ., \*\*\*Dept. of Automobile Chunnam College,

\*\*\*\*Dept. of Information & Communication Seokang College

#### ABSTRACT

The conventional types of X-ray generators were bulky in physical size and heavy in weight, and the control accuracies of the output voltages were not always satisfactory.

The high frequency switching inverter and converter technology on power conversion and control systems have been greatly closed up introducing power semiconductor devices. To decreasing the volume and the weight of high voltage transformer, and to stabilize ripple.

In this paper, the newly developed x-ray generator in a low cost using duty modulation PWM inverter. This system verify improved performance by stabilize ripple of X-ray tube voltage and compared the reproducibility, linearity and dose in single phase, three phase and PSU.

#### 1. 서론

X선을 발생시키기 위해서는 고진공의 X선관 음극측 필라멘트를 가열하여 열전자를 발생시키고, 음극과 양극 양단간에 20~150kV 정도의 맥동률이 작고 안정화된 직류고전압이 X선관에 공급되어야 한다. 이때 X선관에서 방출되는 X선의 에너지특성은 X선관에 가해지는 직류고전압의 파형 특성에 의존하게 되므로 관전압 안정특성이 매우 중요시된다.<sup>1)</sup>

현재 임상에 보급되어 있는 대부분의 X선 발생장치는 상용교류 전원을 이용해 교류 고압을 발생

시키고 정류해서 직류 고전압을 X선관에 인가하여 X선을 발생하는 정류형 변압기식 고압발생장치가 사용되어 왔으나, 이것은 원리적으로 구조가 소형, 경량화가 어려운 점과 관전압의 맥동률이 커서 X선발생 효율이 매우 낮고, X선관 출력제어장치의 동작이 정밀치 못해 신뢰성이 문제점으로 지적되어 왔다. 따라서 종래의 진단용 X선장치의 문제점들을 개선하기 위해서 고속 스위칭능력을 갖는 전력용 반도체스위칭 소자를 이용한 인버터식 X선 발생용 고압발생장치가 개발되어 이러한 문제점을 해결되어 가고 있으나 인버터식 X선장치는 대부분 수입에 의존하고 있으며 고압변압기의 입력전압을 고주파화 함으로써 변압기 크기를 소형, 경량화 할 수 있고, 관전압의 빠른 상승시간으로 인해 1ms 정도의 짧은 시간도 조사가 가능하지만 X선관 소비 전력이 큼으로 대용량의 반도체 소자들을 사용하고 제어방식이 DSP를 통한 디지털 제어를 함으로써 생산원가 상승으로 인한 장치가격이 비싸 소형병원에는 보급되지 못하고 있는 실정이다.<sup>2)</sup>

따라서 본 논문에서는 정밀한 제어가 가능하고, 넓은 출력전압과 부하범위를 갖고, 신뢰성이 높으며 경제적인 보급형 고주파 공진형 인버터식 X선 발생장치를 설계 제작하여 출력특성의 안정성과 제어회로에 대한 재현성 및 직선성 등을 고찰하였다.

#### 2. 고주파 공진형 인버터

그림 1은 고주파 공진형 PWM 인버터를 도입한 X-선 발생장치의 전력변환처리 시스템을 나타낸다. 인버터에 공급되는 직류전원은 저전압 정류장치를 이용하였고 직류 입력전압을 높은 주파수의 교류 출력전압으로 만들기 위해 고속 스위칭소자로



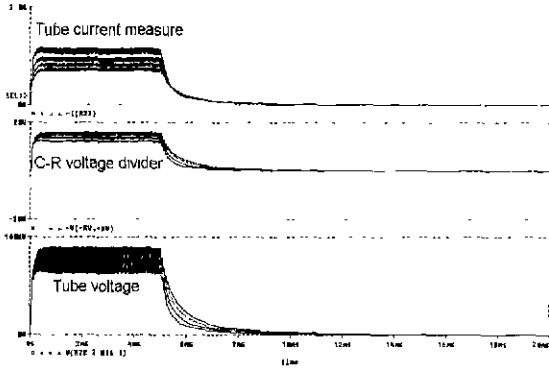


Fig. 4 Tube voltage and tube current waveforms of variable load

#### 4. 실험장치 및 결과

##### 4-1. 고주파 공진형 인버터식 X선 발생장치

본 논문에서 제안한 X선 발생장치의 전체 회로는 그림 5와 같으며 입력교류 전압을 직류로 변환하기 위한 정류부와 평활콘덴서, 직렬공진형 인버터와 인버터의 선간 전압을 승압하여 고압을 얻기 위한 고주파 고압변압기와 고압을 정류하여 X선관 양단에 직류 고압을 공급하기 위한 고압 다이오드로 구성된 고압 정류부, X선관 입력 전압 공급선(feeder)으로서 출력측의 평활 필터로 사용되는 고압 케이블과 X선관 음극의 필라멘트가열용 변압기로 이루어진다.

##### 4-2. 실험결과 및 고찰

그림 6은 공진형 인버터의 IGBT에 인가되는 스위칭 파형을 나타낸다. 이때 ch. 1은 인버터 출력 전류이면서 고압변압기 1차측에 흐르는 전류이고, ch. 2는 IGBT S1과 S4, ch. 3은 IGBT S2와 S3에 인가되는 신호이다. ch 2과 ch 3의 신호는 180° 반전되어 IGBT S1~S4에 각각 인가되며 신호의 듀티비에 따라 인버터의 출력전류가 증가함을 알 수 있다.

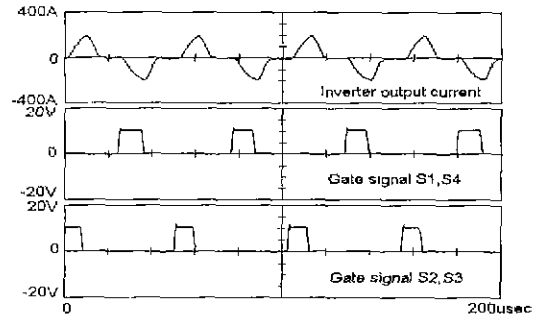


Fig. 6 Output current and gate signal of inverter

그림 7은 관전압이 100kV, 관전류 100mA일 때 인버터의 DC링크 전압(ch1)과 IGBT 스위치의 양단에 걸리는 Vce(ch2)와 이때 흐르는 인버터 출력 전류(ch3)를 나타낸다. 그림 8은 관전압, 관전류를 피드백 제어하기 위한 C-R 분압기에서 검출된 관전압과 중성점 전류 검출을 통한 관전류를 나타낸다. ch1은 고압변압기 1차 전류이고 ch2는 관전압, ch3은 관전류를 나타낸다. 그림 9는 고압변압기 1

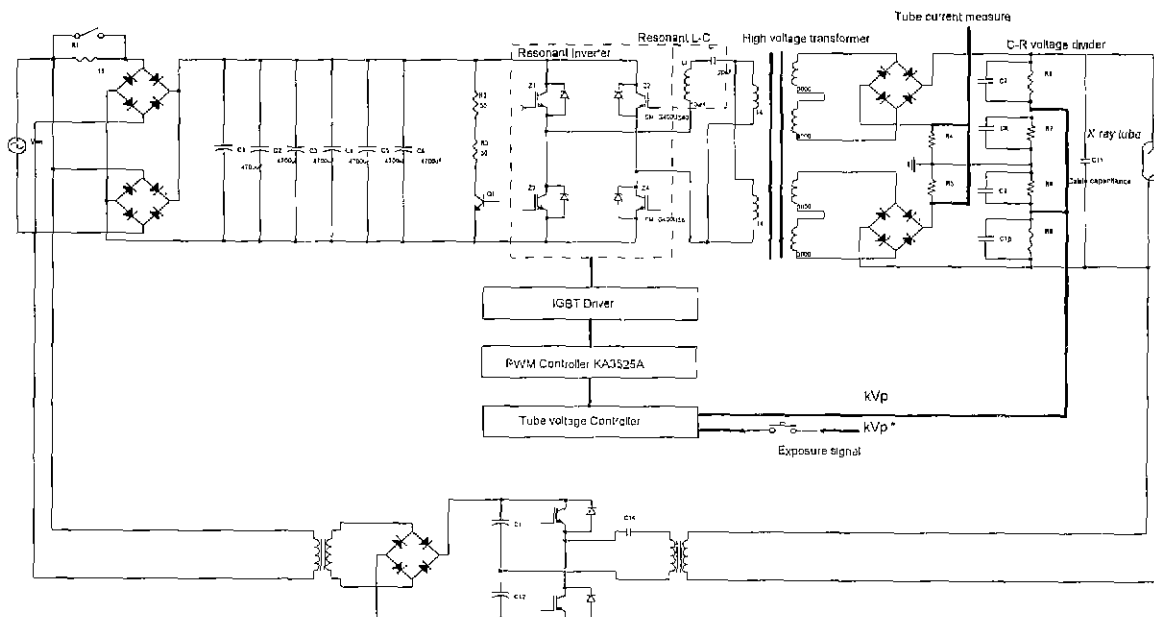


Fig. 5 Whole configuration of X-ray generator

차측의 전압 및 전류파형을 나타내고 이때 측정된 전압은 공진콘덴서와 공진인덕터의 후단인 고압변압기 1차측의 전압. 전류파형으로 공진회로의 전압강하로 인해 인버터의 출력전압보다는 낮게 나타난다.

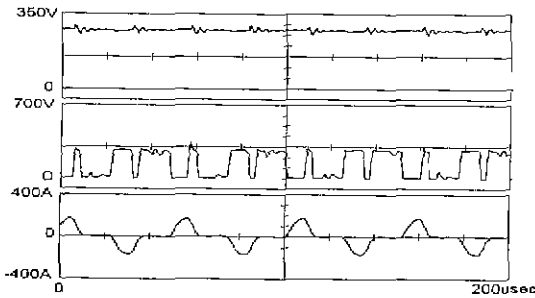


Fig. 7 IGBT E-C Voltage and current waveforms of inverter

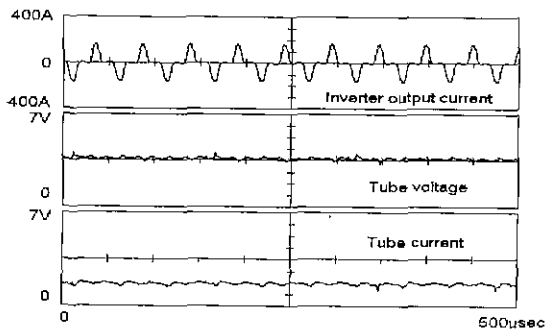


Fig. 8 Voltage of CR divider and Measuring tube current

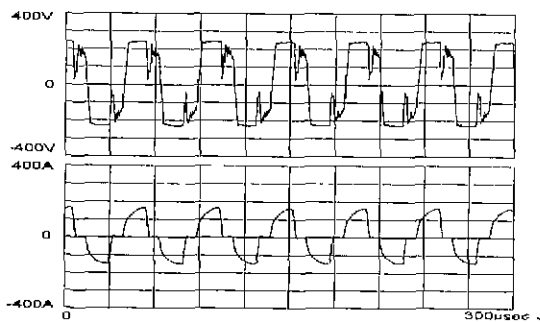


Fig. 9 Primary windings current and voltage waveforms of H.T

그림 10은 C-R분압기의 양극과 음극간의 관전압 파형을 나타내며 관전압이 높아짐에 따라 맥동율이 증가하였다. 그림 11은 고주파 공진형 PWM 인버터식 X-선 장치를 이용해 관전류 50 mA, 조사시간 200 ms에서 관전압을 60kV, 80kV, 100kV, 120 kV로 변화시켰을 때의 관전압 파형으로 맥동률 (60kV : 6.2%, 80 kV : 6.8%, 100 kV : 7.8%, 120 kV : 8.8%)의 변화폭이 매우 작고, 안정하게 나타났다.

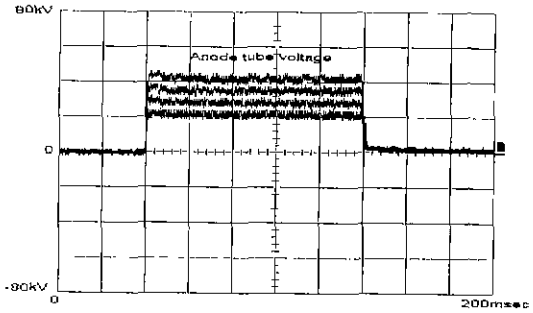


Fig. 10 Tube voltage waveforms of CR divider

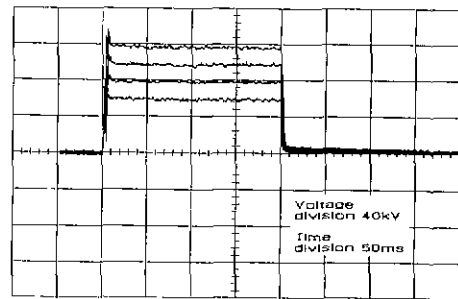


Fig. 11 Output voltage waveforms of X-tube

## 5. 결론

고주파 공진형 인버터식 X선 발생장치를 시뮬레이션한 결과와 제작한 X선 발생장치의 출력전압, 전류파형 등 출력특성이 거의 일치하게 나타났으며 공진회로를 구성하고 고주파 동작시킴으로써 장치의 소형, 경량화를 도모하였다. 전체시스템의 제어는 모니터링 기능이 우수한 범용 저가의 8bit의 프로세서를 사용하였고 소프트 스타트기능이 내장된 PWM IC를 사용하여 공진형 인버터의 출력제어를 하였다. 또한 관전압의 리플이 적고 정전압 장치의 파형에 가까운 안정한 출력특성을 얻을 수 있었고 전압 상승시간이 1ms이하로 짧아 고정밀 제어가 가능하였다.

## 참고문헌

- [1] T.F. Wu and J.C. Hung, "A PDM Controlled Series Resonant Multi-level Converter Applied X-ray Generators" IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.34, pp.1177-1182, 1999
- [2] H. S. Kim, C. Y. Won, D. W. Yoo, S. W. Ha, " A Study on High Power Resonant Converter for X-ray Generator", Proceedings of ICPE'95, p.p 288-294, 1995.
- [3] 安部, 小倉, 青柳, 他, "インバータ式 X-線装置の特性", 日本放射線技術學會誌, vol.48(2), p.p 221-225, 1992