

Inverter方式 X線裝置의 臨床應用

高麗大學校 保健專門大學 放射線科
李善淑·許 俊

仁濟大學校附屬 白病院 放射線科
李 載 元

智山看護保健專門大學 放射線科
金 正 敏

Abstract

Clinical Application of Inverter type X-ray Generator

Sun Sook Lee, Joon Huh

Dept. of Radiotechnology, Junior College of Allied Health Sciences, Korea University

Jea Won Lee

Dept. of Radiology, Paik Hospital, In Je University

Jung Min Kim

Dept. of Radiotechnology, Ji San Junior College

Inverter type X-ray apparatus has been introduced and used several hospitals.

Principle of inverter type X-ray generators are such as to convert the frequency of commercial power supply to high frequency and to control the high voltages for X-ray tube.

Inverter generators are now on the way for further development to eliminate single phase generators and three phase generators.

We compared inverter type X-ray apparatus with conventional single phase 2 peak and three phase 12 peak, apparatus in the following aspects X-ray out put to tube voltage, linearity of X-ray out put to mA, HVL according to mA contrast to kV.

I. 緒 論

최근에 inverter식 X선장치는 power electronics 기술의 발달에 따라 급속히 보급되고 있다. 이 장치의 특징은 전원주파수를 몇 십배에서 몇 백배로 증가시켜 고전압을 발생시키는 것이다. 이에 따라 고전압 발생장치를 소형화시킬 수 있게 되었고, 또 정확하게 제어를 할 수 있게 되었다^{1~3)}.

Inverter식 X선 고전압장치는 X선방출 중에 직류전력을 교류전력으로 변환시켜 필요로 하는 고전압을 발생시키는 것으로, 그 종류는 촬영시에 X선방출 에너지를 전원설비에서 공급하는 것과 축전지 또는 condenser에서 공급하는 것이 있어서 단상, 3상의 모든 전원에서 정전압에 가까운 관전압파형을 낼 수 있다. 또한 축전지식 에너지 축적형으로는 500 W~1 kW의 전원용량으로 30~50 kW의 출력을 낼 수 있다⁴⁾.

이 장치는 주파수가 높게 되어 관전압이 올라가는 시간이 단축되어 고속제어를 할 수 있으며, 관전압은 고전압 cable 정도의 용량으로 맥동률이 수 %인 파형을 낼 수 있다.

관전압, 관전류에 대해서는 feed back에 의해서 보다 정확한 제어를 할 수 있으며 조사시간의 정확도에도 크게 기여하고 있다⁵⁾.

저자들은 inverter식 X선장치에 대해서 일반적으로 많이 사용되고 있는 촬영조건에서의 X선출력과 직선성, 재현성, 선질, 사진대조도 등의 제 특성을 종전의 단상전파 정류장치, 3상 12펄스 정류장치와 비교한 바 있어 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 使用器材

- X선 발생장치 : Inverter식 장치(Thosiba, Model KXO-50F)
3상 12펄스 정류장치(Thosiba, Model DTW-300A)

단상전파 정류장치(Goldstar, Model XC-650F)

- 선량계 : Rad meter
(Model 06~525, Nuclear Associated division of victoreen, I.N.C.)
- 여과판 : Al 3 mm
- 흡수체 : 두께 10 cm의 물팬텀과 알루미늄계단
- 필름 : Konica KM-SR
- 증감지 : Konica KM
- 자동현상기 : Konica Daystar DS-5(35°, 45초 현상)
- 격자 : Mitaya MS 8 : 1
- 농도계 : RMI Densitometer

III. 實驗方法 및 結果

1. 장치별 X선출력

각 장치, 즉 inverter식 장치와 3상 12펄스 정류장치, 단상전파 정류장치의 출력을 비교하기 위해 초점-필름간 거리 100 cm에서 조사야 35.6×43.2 cm, 관전류량 10 mAs로 고정하고, 관전압을 60, 80, 100 kV로 증가시키며 mR/mAs를 측정하였다.

그 결과 그림 1과 같이 관전압 변화에 따른 장치별 X선출력은 관전압 60 kV에서 inverter식 장치는 3.75 mR/mAs, 3상 12펄스 정류장치는 3.5 mR/mAs, 단상장치는 2.75 mR/mAs 이었으며 관전압 80 kV에서는 inverter식 장치 8.0 mR/mAs, 3상 12펄스 정류장치 7.8 mR/mAs, 단상장치 5.2 mR/mAs, 관전압 100 kV에서는 12.8 mR/mAs, 12.0 mR/mAs, 9.1 mR/mAs으로 나타났다.

각 관전압별 출력비는 단상장치의 출력을 1.0으로 기준시 관전압 60 kV에서 3상 12펄스 정류장치는 1.27배, inverter식 장치는 1.36배이었고, 관전압 80 kV에서는 3상 12펄스 정류장치는 1.5배, inverter식 장치는 1.54배, 관전

압 100 kV에서는 3상 12펄스 정류장치 1.32배, inverter식 장치 1.41배로 나타나 각 관전압에서 inverter식 장치의 출력이 타 장치에 비해 큰 것을 알 수 있다.

er식 장치 0.093, 3상 12펄스 장치는 0.05로 우수하였으며, 단상장치의 직선성은 0.28로 나타나 저하되는 것을 알 수 있다.

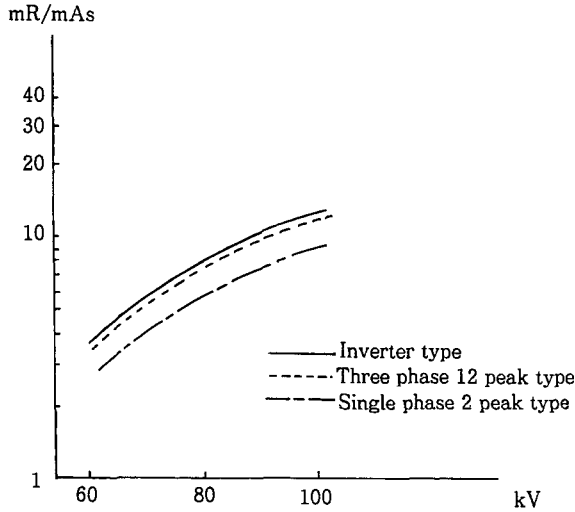


그림 1. Comparison of X-ray out put to tube voltage

2. 관전류량 변화에 따른 X선 출력의 직선성

관전류 변화에 따르는 X선출력의 직선성을 검사하기 위해 초점-필름간 거리 100 cm, 조사야 35.6×43.2 cm, 관전압 80 kV, 조사시간 0.2 sec로 하고 관전류를 50, 100, 200, 400, 500 mA로 변화시키며 mR/mAs를 측정하였다.

그 결과 그림 2와 같이 관전류 변화에 따른 출력의 변화는 inverter 장치는 관전류 50 mA 시 7%, 100 mA 시 10%, 200 mA 시 -2%, 400 mA 시 -6%, 500 mA 시 -8%로 나타나 평균 6.6%의 출력의 변동이 있었으며, 3상 12펄스장치는 관전류가 증가함에 따라 5%, 2%, -5%, -3%, 5%로 평균 4.8%, 단상장치는 22%, 9%, -2%, -30%로 평균 15.8%의 출력의 변동이 있어 관전류량이 일정해도 선택한 관전류에 따라서 출력선량이 다른 것을 알 수 있다.

관전류 변화에 따른 출력의 직선성은 invert-

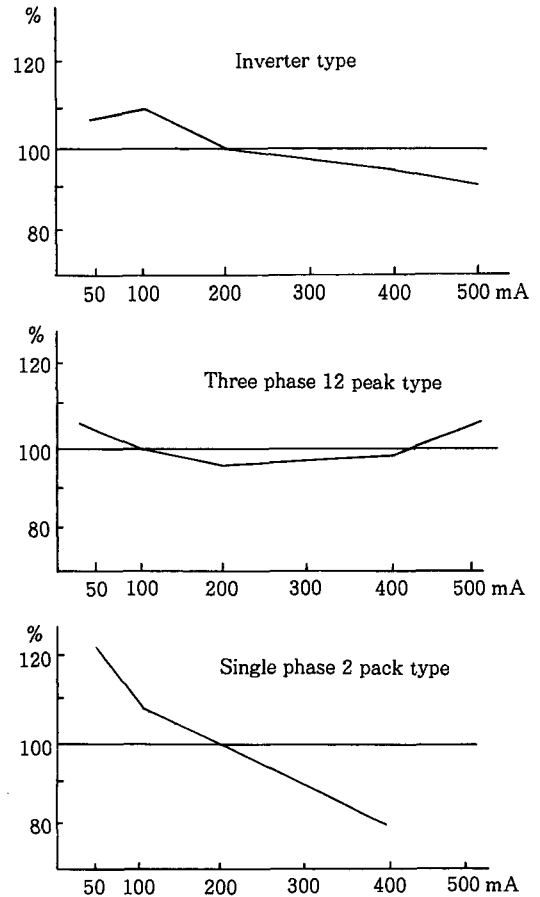


그림 2. Linearity of X-ray out put to X-ray tube current

3. X선출력의 재현성

각 장치의 출력의 재현성을 검사하기 위해 관전압 80 kV, 초점-필름간 거리 180 cm, 흡수체로 acryl 10 cm에 해당되는 1 mm Cu를 사용하여 일정농도(D=1.0)를 내기 위한 조건으로 각 10회씩 노광하여 현상처리 후 농도변화

를 측정하였다.

그 결과 그림 3과 같이 10회 노광의 농도변동률은 inverter식 장치에서는 1.3%, 3상 12펄스 장치는 5%, 단상장치는 11%로 나타났으며, 이때의 변동계수(CV)는 inverter식 장치에서 0.017, 3상 12펄스 장치 0.065, 단상장치는 0.136으로 나타나 X선 출력의 재현성은 inverter식 장치와 3상 12펄스 장치가 우수한 것을 알 수 있다.

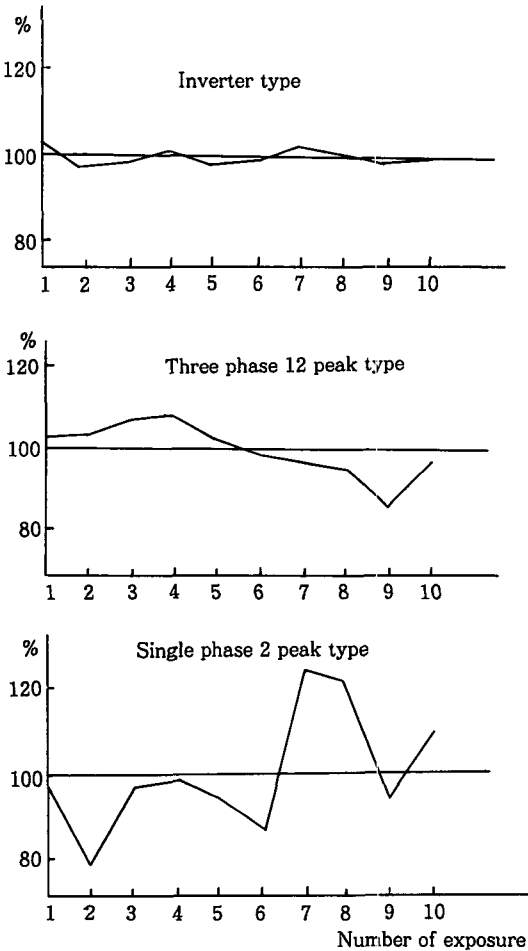


그림 3. X-ray out put reproducibility

4. 관전류 변화에 따른 반가층과 사진 대조도

1) 관전류 변화에 따른 반가층

관전류 변화에 따른 반가층을 측정하기 위해 초점-필름간 거리 100 cm, 피사체와 선량계의 중간지점에 3 mmAl판을 삽입하였다. 이때 조사조건은 관전압 60, 80, 100 kV에서 관전류를 50, 100, 200, 400, 500 mA로 변화시키며 부가여과판이 없을 경우와 부가여과판이 있을 경우의 선량을 측정하여 반가층을 산출하였다.

그 결과 그림 4-a와 같이 관전압 증가에 따른 반가층은 관전압이 60~100 kV로 증가함에 따라 관전류 50 mA에서 inverter식 장치는 2.1~3.4 mmAl, 3상 12펄스장치는 2.3~3.8 mmAl, 단상장치는 2.1~4.0 mmAl로 나타났으며, 관전류 100 mA에서는 inverter식 장치의 경우 2.2~3.6 mmAl, 3상 12펄스 장치는 2.4~3.9 mmAl, 단상장치는 2.2~2.9 mmAl, 관전류 200 mA에서는 inverter식장치시 2.2~3.3 mmAl, 3상 12펄스 장치시 2.3~3.95 mmAl, 단상장치시 2.3~3.2 mmAl, 관전류 400 mA에서는 inverter식 장치시 2.1~3.5 mmAl, 3상 12펄스 장치시 2.2~3.95 mmAl, 단상장치시 2.25~3.0 mmAl으로 나타나 관전압이 증가함에 따라 반가층은 증가하는 경향을 나타내었다.

한편 관전류 변화에 따른 반가층은 그림 4-b와 같이 관전류가 50, 100, 200, 400 mA로 변화함에 따라 관전압 60 kV에서 inverter식 장치의 반가층은 2.1~2.2 mmAl, 3상 12펄스장치는 2.2~2.4 mmAl, 단상장치는 2.1~2.25 mmAl으로 나타났으며, 관전압 80 kV시 inverter식 장치는 2.85~2.9 mmAl, 3상 12펄스장치는 3.0~3.1 mmAl, 단상장치는 2.5~2.8 mmAl으로 나타났다.

관전압 100 kV시도 inverter식 장치의 반가층은 3.3~3.6 mmAl, 3상 12펄스 장치는 3.8~3.95 mmAl, 단상장치는 3.0~3.4 mmAl으로 나타나 관전류 변화에 따른 반가층은 큰 차이가

없는 것을 알 수 있다.

따라서 장치별 반가층은 3상 12펄스 장치와 inverter식 장치가 크게 나타나고 있었다.

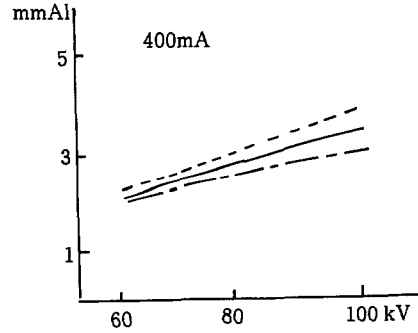
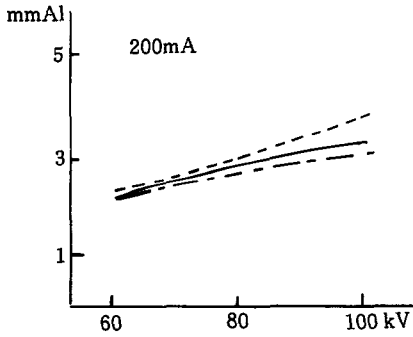
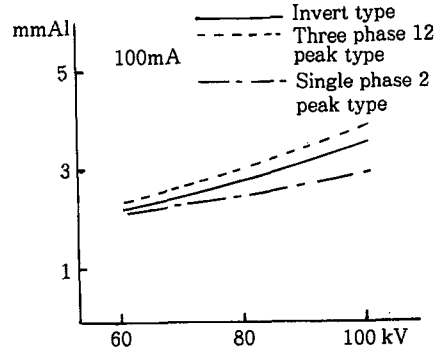
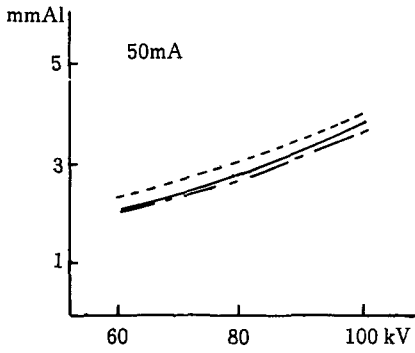


그림 4-a. Comparison of half value layer to tube voltage

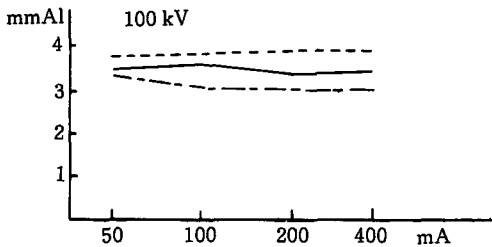
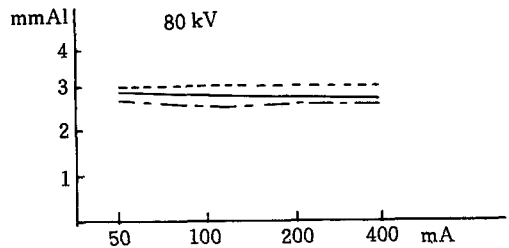
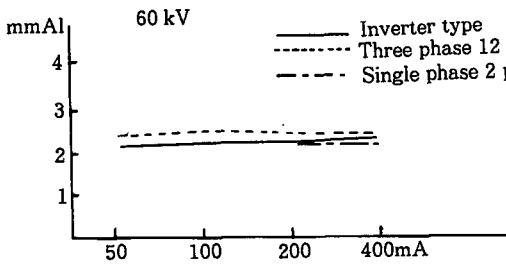


그림 4-b. Comparison of half value layer to tube current

2) 사진대조도

각 장치의 사진대조도를 비교하기 위해 초점-필름간 거리 100 cm에서 피사체로 두께 10 cm의 물 phantom을 사용하고, 그 위에 사진대조도를 측정하기 위해 알루미늄계단을 올려놓고 적절한 필름농도(D=1.2)를 낼 수 있는 조건으로 촬영하여 알루미늄 두께 3.5 mm와 10 mm에서의 사진대조도를 $D_{max}-D_{min}/D_{max}+D_{min}$ 식에 따라 산출하였다. 그 결과 그림 5와 같이 관전압 변화에 따른 사진대조도는 inverter식 장치시 관전압 60 kV에서 0.50, 관전압 80 kV에서 0.29, 관전압 100 kV에서 0.17이었으며, 3상 12펄스 장치에서는 관전압 60 kV에서 0.46, 80 kV에서 0.27, 100 kV에서 0.23으로 나타나 단상장치에서의 사진대조도는 관전압 60 kV시 0.54, 80 kV시 0.35, 100 kV시 0.25로 나타나 관전압이 증가함에 따라 사진대조도는 저하되었으며, 장치별로는 단상장치 사용시 사진대조도가 가장 높고 3상 12펄스 정류장치와 inverter식 장치는 큰 차이는 없었다.

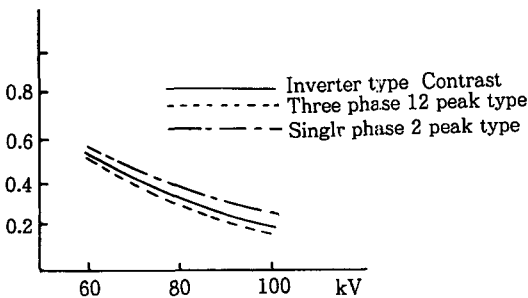


그림 5. Comparison of image contrast to tube voltage

IV. 考 察

Inverter식 X선 고전압 장치의 특징은 단상 전원을 사용하고 3상정류장치에 해당되는 X선 출력을 낼 수 있는 동시에 소형으로 가볍고 재

현성이 우수한데 있다. 종전의 단상장치는 크기와 무게, 가격면에서 우위에 있으나 성능면에서는 X선출력의 재현성, 직선성, 단시간 특성 등은 2차측 제어의 定管電壓이 우수하다. Inverter식 장치는 체적과 중량면에서는 단상장치와 같고, 성능면에서는 3상장치를 능가하고 있다^{1,6)}.

출력선량의 관점에서 inverter식 장치의 利點은 3상장치에서의 전환에 비해서 단상장치에서 전환하는 것이 효과가 크다. 그 효과는 저관전압일수록 출력차가 크다고 하였으나²⁾ 본 실험에서는 그와 같은 경향을 찾아볼 수 없었으며 단상장치에 비해서 1.3~1.5배, 3상장치에 비해서는 1.2~1.3배의 출력이 있었다. 출력은 inverter 주파수와 방식에 따라 차이가 있을 것이다.

Inverter식 장치는 단상장치에 비해서 관전류에 대한 X선출력의 직선성은 월등히 좋아지고 있었다. 그 원인으로 inverter식 장치는 고관전압 파형의 피크사이에서의 전압강하를 고압 cable의 浮遊容量이나 condenser로서 제어하여 ripple을 감소시키는데 있으며 주파수 고정의 저주파수 type의 기종에서 직선성이 좋아지며 저관전압, 대관전류에서 직선성은 양호하게 된다⁷⁻⁹⁾.

Inverter 장치는 X선출력에 대해서 feedback 제어로서 단상장치와 3상장치에서는 할 수 없었던 전원전압의 변동에 의한 관전압이나 관전류의 변동을 순간적으로 보정할 수 있어 신뢰성을 높일 수 있다. 단상과 3상장치에서는 전원전압이 변동될 경우에도 계속하여 X선은 조사된다. 이에 반해서 inverter식 장치는 변동의 정도에 따라 inter lock의 기구가 작동되어 X선은 조사되지 않는다. 따라서 전원변동이 큰 시설에서는 충분히 대책을 강구할 필요가 있다.

관전압 파형의 차이가 화질에 미치는 영향에 대해서 高橋²⁾는 inverter식 장치가 단상장치는 물론이고 3상장치보다도 반가층이 증대된다고

하였으나 본 실험에서는 단상장치보다는 크게 나타나고 있었으며 3상장치에는 미치지 못하고 있었다.

사진대조도는 단상장치가 3상장치보다 좋으나 inverter식 장치와 3상장치에서는 별로 유의한 차이는 없었다.

Inverter식 장치는 소형으로 경량화되면서 출력면에서 우수하여 앞으로 발전되어 진단용 X선장치의 분야에서 주류를 차지할 것이며 그 성능은 inverter 주파수와 방식에 따라 차이가 있어 inverter 주파수는 고주파수화 되는 경향으로 발전이 될 것이다. 그러나 inverter 기술은 아직 미완성의 기술로서 앞으로 우수한 inverter식 장치가 나타나기를 기대한다.

V. 결 론

증전에 많이 사용된 단상전파 정류장치, 3상 12펄스 정류장치와 최근에 새로 도입된 inverter식 장치의 특성을 비교하기 위해 X선출력과 관전류 변화에 따른 출력의 직선성, 재현성, 반가층, 사진대조도를 검토한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. X선출력은 inverter식 장치가 단상전파 정류장치에 비해 36~52%, 3상 12펄스 정류장치에 비해 19~32% 큰 것으로 나타났으며 관전압 변화에 따라 출력의 차가 있는 것을 알 수 있었다.

2. 관전류 변화에 따른 출력의 직선성은 inverter식 장치와 3상 11펄스 정류장치가 우수하게 나타났다.

3. X선출력의 재현성은 inverter식 장치가 10회 촬영시 사진농도 차가 적게 나타나 우수하였다.

4. 반가층은 관전류 변화에 따라 큰 차이가 없었으며 장치별로는 출력이 큰 inverter식 장치와 3상 12펄스 정류장치가 크게 나타났으며 사진대조도는 단상장치가 높고 3상장치와 inverter 장치는 큰 차이가 없었다.

參 考 文 獻

1. 吉田熙宣：インバータ式X線高電壓装置の原理. 日本放射線技術學會雜誌, 46(12) : 1880, 1990.
2. 高橋秀彰：一般撮影および軟線撮影. 日本放射線技術學會雜誌, 46(12) : 1901, 1990.
3. 青柳泰司：動作特性—インバータ式X線装置の特性と臨床効果—. 日本放射線技術學會雜誌, 46(12) : 1885, 1990.
4. 生涯教育テキスト第2集：診療畫像學Ⅱ—検査法と畫像機器—. 日本放射線技師會雜誌增刊號 36(3-1) : 8~12, 1989.
5. 上遠野 昭：一般撮影とX線發生装置の特性. 日本放射線技術學會雜誌, 45(11) : 1736, 1989.
6. 田中茂 外：高周波インバータ方式X線發生装置(第1報). 第40回 日本放射線技術學會總會豫稿集, 700, 1984.
7. 小林一郎 外：共振型 インバータ式X線高電壓装置の特性. 日本放射線技術學會雜誌, 47(8) : 1389, 1991.
8. 奥山恒敏 外：最短時間の撮影について(第3報). 日本放射線技術學會雜誌, 46(8) : 1203, 1990.
9. 勝又三夫：循環器機査—インバータ式X線装置の特性と臨床効果—. 日本放射線技術學會雜誌, 56(46) : 1910, 1990.