

X선 투시촬영장치를 위한 하이브리드 고전압 전원장치

서영민, 홍순찬
단국대학교 전기전자공학부

Hybrid Type High-Voltage Power Supply for Fluoroscopy X-Ray System

Young Min Seo and Soon Chan Hong
School of Electronics and Electrical Engineering, Dankook University

ABSTRACT

진단용 X선 투시촬영장치는 고전압발생장치를 필요로 하며, 이에 대용량 전원설비를 갖춘 X선 고전압 발생장치의 개발이 요구되고 있다. X선 투시촬영장치는 단시간 고휘력의 촬영과 장시간 저출력의 투시가 가능해야 하므로 고용량의 상용 AC 전원을 사용해야 한다. 이에 본 논문에서는 EDLC를 에너지 저장장치로 사용하여 저용량의 AC전원만으로 투시 및 촬영이 가능한 X선 투시촬영장치용 고전압발생장치를 제안한다. 에너지 저장장치를 기반으로 한 32[kW]급의 X선 투시촬영장치용 고전압발생장치를 구성하고 시뮬레이션 통하여 제안한 고전압발생장치의 효율성을 입증한다.

1. 서 론

의료용 X선 영상장치는 사용목적에 따라 X선 촬영장치, X선 투시촬영장치, 혈관조영장치, 단층촬영장치 등으로 분류된다. X선 촬영장치는 가장 보편적으로 사용되는 X선 영상장치로서 수ms에서 수s 범위의 단시간 동안에 고전력을 입력받아 X선 촬영을 한다. 단시간의 고전력을 필요로 하기 때문에 전원설비가 부족한 소형 병원이나 전력사정이 좋지 않은 후진국 등에서는 에너지 저장장치를 기반으로 하는 X선 촬영장치가 선호되고 있다. 초기에는 연축전지를 직렬로 접속한 에너지 저장장치를 사용하는 X선 촬영장치가 많이 보급되었으나 배터리의 단수명과 환경규제 등의 단점으로 인해 전해커패시터를 기반으로 하는 X선 촬영장치의 사용이 늘어나고 있다.

혈관조영장치나 단층촬영장치는 장비의 특성 상 장시간 고휘력 에너지를 필요로 하고, 대학병원이나 종합병원 등의 규모가 큰 의료시설에 설치되기 때문에 전원설비를 보완하기 위한 목적의 에너지 저장장치가 필요하지 않다. 하지만, 소형병원에서도 많이 사용되는 X선 투시촬영장치는 에너지 저장장치를 사용할 경우 전원설비 확충 등의 추가비용을 절감할 수 있다.

X선 촬영에 필요한 고전력 에너지를 공급할 수 있는 에너지 저장장치에는 연축전지, 전해커패시터, 전기이중층 커패시터(EDLC) 등이 있다. 연축전지는 저장에너지가 가장 크고 저가의 장점이 있지만 환경규제 및 단수명의 단점이 있고, 전해 커패시터는 높은 출력밀도를 갖는데 반해 에너지밀도가 낮은 단점이 있다. EDLC는 배터리보다 높은 출력밀도와 전해커패시터보다 높은 에너지밀도를 갖는 에너지 저장장치로 최근들어 각광받고 있다.^[1]

본 논문에서는 에너지 저장장치를 적용하여 벽전원 정도의 전원설비로도 운용이 가능한 X선 투시촬영장치를 제안한다. 제안한 투시촬영장치는 투시에 필요한 저전력은 전원에서 정류회로를 통하여 직접 공급받고, 촬영에 필요한 고전력은 에너지저장장치로 공급받는 하이브리드 방식으로 투시 및 촬영이 가능하게 된다. 본 논문에서는 EDLC를 에너지 저장장치로 사용하는 32[kW]급의 X선 투시촬영장치를 구성하고 시뮬레이션을 수행하여 제안한 투시촬영장치의 효율성을 입증한다.

2. 제안한 X선 고전압발생장치

2.1 X선 투시촬영장치

X선 투시촬영장치는 고전압 발생장치와 X선관으로 구성되는 X선 발생장치, 환자테이블 및 X선 영상장치 등으로 구성된다. X선 발생장치는 그림 1과 같이 X선관의 양극과 음극에 고전압을 인가하기 위한 고전압변환회로, X선관 음극의 필라멘트 전류를 구동하기 위한 필라멘트 구동회로, X선관 양극을 회전시키기 위한 로터 구동회로와 고전압 제어회로로 구성된다.^[2]

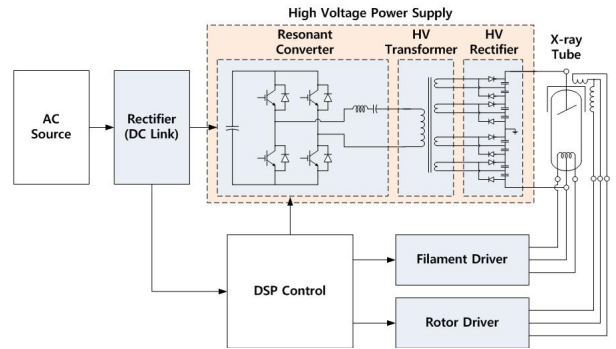


그림 1 X선 투시촬영장치용 고전압발생장치
Fig. 1 HVPS for fluoroscopy X-ray system

X선 투시촬영장치는 소화기 진단에 사용되는데 황산바륨 계열의 조영제 등을 이용하여 투시영상을 얻을 수 있다. 투시는 펄스전류 방식을 사용하며 10~40[mA] 범위의 관전류를 영상처리장치와 동기화 맞춰서 1~30 PPS로 출력하게 된다. 투시는 촬영에 비하여 저전력을 필요로 하지만 장시간 사용이 가능해야 하므로 배터리나 전해커패시터 등의 에너지 저장장치로는 에너지를 공급하기 어렵다. 이로 인해 X선 투시촬영장치는 촬영에 필요한 고전력을 공급할 수 있는 전원설비를 요구한다.

2.2 제안한 고전압 발생장치

제안한 X선 고전압 발생장치는 대기모드, 투시모드, 촬영모드의 3가지 모드로 동작하며 각 모드별 동작회로는 그림 2와 같다. 투시모드에서는 교류전원으로부터 에너지를 공급받고 촬영모드에서는 별도로 설치된 에너지저장장치인 EDLC에서 에너지를 공급받아 고출력의 X선 촬영을 할 수 있다. 스위치 S1과 S2 조합으로 표 1과 같이 각 모드에서의 에너지원을 선택하게 된다.

표 1 X선 투시촬영장치용 고전압발생장치의 구동모드
Table 1 Operating mode of HVPS for Fluoroscopy X-ray system

모드	S1	S2	HVPS
대기모드	ON	OFF	OFF
투시모드	ON	OFF	Pulse
촬영모드	OFF	ON	DC

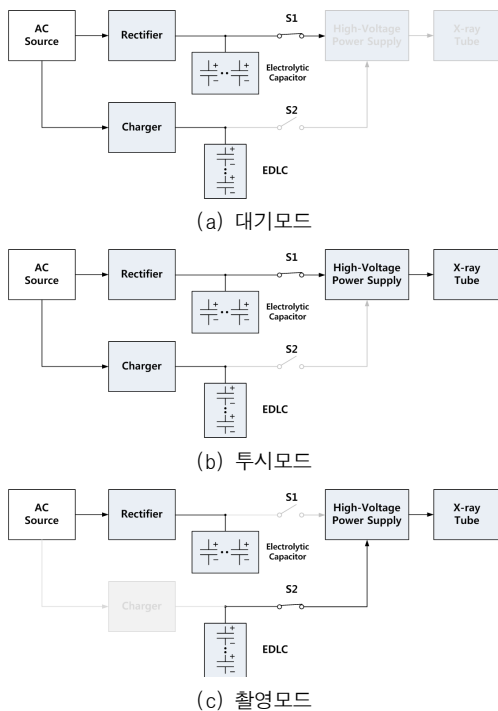


그림 2 제안한 고전압발생장치의 모드별 동작회로
Fig. 2 Block diagram of HVPS for fluoroscopy X-ray system

대기모드는 X선을 출력하지 않는 상태로 교류전원은 전해커패시터와 EDLC를 충전한다. 투시모드에서는 교류전원이 정류회로를 통해서 전해커패시터에 연결되고, 부하에는 전해커패시터에서 에너지를 공급한다. EDLC의 충전량이 부족한 경우 Charger를 통해서 EDLC에 정전류로 충전한다. 촬영모드에서는 고전압전원장치에 고전력 입력을 필요로 하므로 스위치 S2가 켜지면서 EDLC의 충전된 에너지가 부하로 전달된다.

3. 시뮬레이션

제안한 X선 고전압발생장치의 유용성을 검증하기 위하여 PSIM을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. EDLC는 전기화학적 메커니즘을 기본으로 서로 다른 시정수를 갖는 3병렬 전송회로^[3]를 사용하여 등가화하였다.

그림 3은 투시중 촬영을 모의하기 위하여 100kV 40mA

30PPS 투시 중에 100kV 320mA 250ms 촬영을 수행했을 때의 관전압, 관전류 파형이다. 4kW의 투시 출력과 32kW의 촬영 출력이 정상적으로 수행됨을 알 수 있다. 그림 4에는 EDLC에 저장된 에너지를 사용하여 출력가능한 관전압, 관전류 조합의 최대부하시간을 나타내었다.

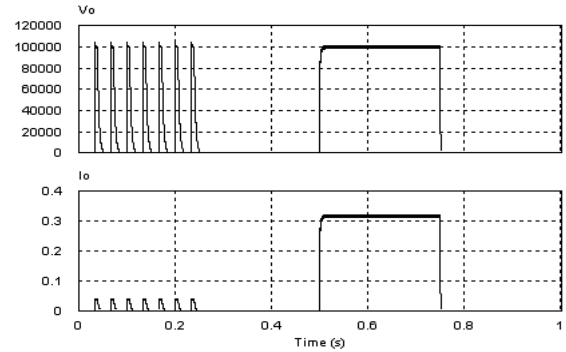


그림 3 출력전압, 출력전류 파형
Fig. 3 Output voltage and current waveforms

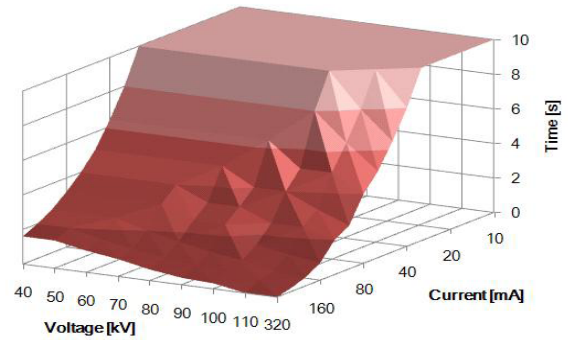


그림 4 EDLC의 최대부하시간
Fig. 4 Maximum load time of EDLC

4. 결론

본 논문에서는 전력밀도와 에너지밀도가 높은 EDLC를 에너지 저장장치로 사용하는 X선 투시촬영장치를 위한 고전압발생장치를 제안하였다. 저전력의 투시모드에서는 교류전원으로부터 에너지를 공급받고, 고전력의 촬영모드에서는 에너지 저장장치 EDLC에 충전된 에너지를 사용하여 용량이 작은 전원설비에서도 X선 투시촬영장치를 사용할 수 있다.

참고문헌

- [1] Young Min Seo, Hee Sun Kim, and Soon Chan Hong, "Comparison of Energy Storage Devices for Diagnostic X Ray Generator", IP EMC, pp. 2937 2942, 2012.
- [2] Shyh Shin Liang and Ying Yu Tzuo, "DSP Control of a Resonant Switching High Voltage Power Supply for X ray Generators", IEEE Power Electronics and Drive Systems Conference, pp522 526, 2001.
- [3] John M. Miller, "Electrical and Thermal Performance of the Carbon carbon Ultracapacitor Under Constant Power Conditions", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, pp. 559 566, 2007.