

휴대용 고압 기기에 적합한 커패시터 충전 속도 향상 방안

김철진\*, 홍성호\*, 이수랑\*\*, 김영태\*\*\*  
 한라대학교\*, 씨유메디칼시스템\*\*, 강릉대\*\*\*

Method for improving the capacitor charging speed of portable high voltage device

Chul-Jin Kim\*, Sung-Ho Hong\*, Soo-Rang Lee\*\*, Young-Tae Kim\*\*\*  
 Halla University\*, CU Medical Systems, inc.\*\* , Kangnung National University\*\*\*,

**Abstract** -This paper proposes the method to improve the charging speed of high voltage capacitor used in the portable medical device. The feedback control method with microprocessor was used to detect charging time and control charging voltage. The result shows that the proposed method is more efficient than only voltage check method with typical charging sequence control.

전기 에너지 W는

$$W = \int P dt \tag{2}$$

$$W = \int P dt = \int v i dt = \int \frac{q^2}{C} dt \tag{3}$$

로 나타 낼 수 있다[1].

위의 식(3)에 충전 에너지(W)와 전하(Q), 정전용량(C)의 관계를 식(1)을 통하여 다음과 같이 나타낸다.

$$W = \int \frac{q}{c} dq = (\frac{1}{2C}) [q^2(t=t_1) - q^2(t=0)] = (\frac{1}{2C}) Q^2 \tag{4}$$

가 되며 Q=CV라는 정의 식을 대입하면

$$W = (\frac{1}{2C}) Q^2 = \frac{1}{2} CV^2 \tag{5}$$

표가 성립하여 충전 에너지 와 정전 용량의 상관관계를 표현 할 수 있다. 따라서 충전 에너지와 충전 시간과의 증명은 식(1)  $i = \frac{dq}{dt}$ 로 나타 낼 수 있으며 충전 전류 I의 증가함에 따라 충전 시간 t는 감소함을 알 수 있다.

1. 서 론

최근 산업의 발전에 따라 다양한 출력을 필요로 하는 전원장치의 개발이 요구되고 있다. 특히 고압 커패시터 충전 시간 개선은 의료기기의 전원특성을 갖는 부하를 개선 할 수 있다. PWM IC를 주로 이용하던 고압 충전 방식은 Microprocessor를 사용함에 따라 부하변동에 따른 안정적인 전원 공급과 보호회로 제어 기능이 포함된 충전회로가 소형화 되었고 고압 충전 시 발생 할 수 있는 과 충전 및 과 방전의 위험으로부터 빠른 회로 차단 실시가 가능해 졌다. 그러나 충전 속도 향상에 있어서는 개선의 여지가 남아 있다. 특히 Microprocessor를 이용한 PWM duty비 제어에 있어 Battery를 사용하는 portable방식의 고압 기기의 고압 충전 속도 저하는 필연 적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 고압 충전 시 전압 충전 값만 확인하여 고압 충전 하던 기존의 충전 방식에 비해 충전 전압과 충전 속도에 비례한 시간 값을 Feedback 받아 PWM Duty 제어를 이용한 고압 충전 방식을 제안한다. 고압 충전 시간 단축은 고압을 사용하는 의료기기의 특성상 환자의 치료 및 검사에 걸리는 시간을 단축 시켜 응급환자의 경우 보다 높은 소생률을 가져 올 수 있다.

2. 본 론

2.1 고압 커패시터 충전 원리 및 제어 블록도

커패시터의 에너지는 축적된 전하(Q)에 의해 이루어져 있으며 그 충전된 에너지는 고압 커패시터의 용량 값에 따라 완충된 상태에서 그 에너지 값이 결정되며 커패시터의 고압 충전 속도는 식(1)에 의해 설명 될 수 있다. 식(1)에 따라 전류는 시간에 따른 전하의 흐름과 같고 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\int i dt = q, \text{ 또는 } i = \frac{dq}{dt} \tag{1}$$

정전용량  $C = \frac{q}{v}$ 로 저력 P는  $P = vi$ 로 나타내며,

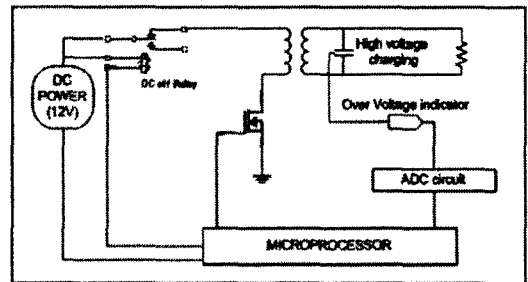
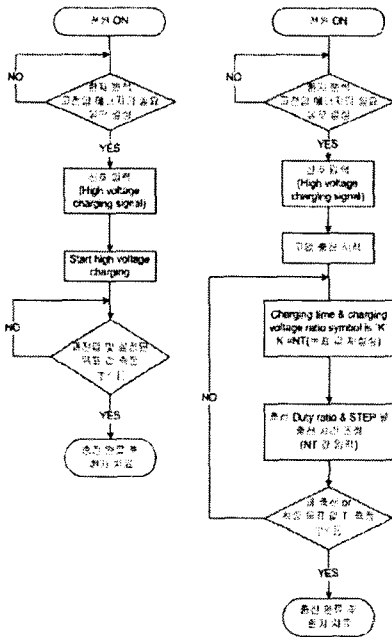


그림 1 Microprocessor 응용 제어 블록도

그림 1에서 보는 바와 같이 A/D 컨버터를 통하여 충전 시간 및 충전 전압 값을 Feedback 받아 충전이 이루어지는 Microprocessor 응용 제어 블록 도를 나타내고 있다. [2]

## 2.2 고압 충전 시스템의 순서도

그림2의 (a)의 순서도를 보는 바와 같이 환자 분석 후 고압 에너지의 충전 필요 상태가 되면 고압 충전 순서는 이미 program되어진 값에 따라 순차적으로 진행이 되며 충전 전압 값(E)이 목표 값(T)에 도달 하면 환자 치료를 진행한다. 이와 같은 형태는 portable 방식의 고압기기의 전원으로 사용되는 Battery의 상태에 따라 그 충전 속도가 떨어짐을 알 수 있다. 그에 비해 그림2의 (b)의 경우는 충전 전압 및 시간의 비교 값(K)을 확인하여 새로운 충전 완료 전압 값(NT)으로 설정 할 수 있으며 NT값에 따라 조정된 Duty 값과 변화된 충전 시간(dt)에 의해 충전된 전압 값(E)은 충전 목표 값(T)과 비교 되어 보다 빠른 충전 속도를 향상 할 수 있다. 이는 Battery의 상태에 따라 충전시간 대비 duty 값을 설정 할 수 있음을 실험을 통해 확인 할 수 있다.



(a) sequence 개념의 고압 충전 순서도  
 (a) sequence 개념의 고압 충전 순서도  
 (b) 충전 시간 및 전압 비교에 의한 순서도

## 2.3 실험 결과

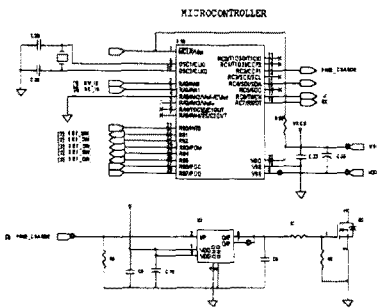


그림 3 Microprocessor 응용 회로

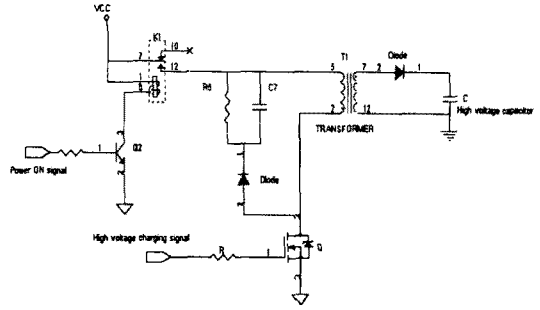


그림 4 플라이백 방식의 고압 충전 회로

그림 3은 그림 4의 High voltage charging signal과 Power ON/OFF의 signal을 출력하는 PIC(Microprocessor) System의 응용회로이다. High voltage charging signal 주파수 측정값은 30kHz에서 65kHz내의 주파수 범위 값과 PWM 제어의 경우 그림4의 High voltage capacitor C의 전압 값을 Feed back하여 Duty-ratio 비율을 25%에서50%까지 변화 할 수 있다. 그림 4의 동작 상태를 확인하면 FET Q1이 도통하면 Transformer의 1차측 권선으로가 축적된다. 다음 Q1이 차단되면 2차측 권선에는 전 상태와 반대극성의 전압이 유기되어 D1을 도통 시킴으로써 Transformer의 자화 인덕턴스에 축적된 에너지를 출력 측으로 방출 시키게 된다. 본 연구에서는 최대 충전 전압 2kV, 10초 이내 충전을 기본 값으로 하였으며, 충전 시간 대비 충전 전압 값을 확인하기 위해 충전 시간에 따라 총 3단계 상태를 program setup 하였다. 1단계는 충전 시간 1초 동안 Duty ratio 20%, 2단계는 충전시간 2초 동안 40%의 Duty ratio 마지막 3단계는 충전시간 8초 동안 50%의 Duty ratio를 주었으며 충전 입력 전압은 12V,10A의 고정된 입력을 인가하였다. 충전 속도의 개선을 확인하기 위해 각 Step별 Duty비 및 충전 시간의 변화를 주었다.

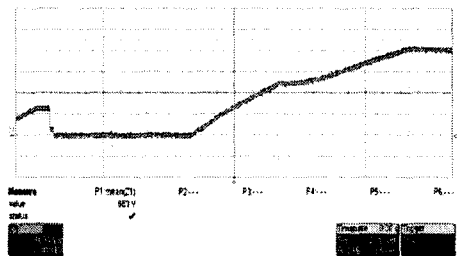


그림5 기본 고압 충전 곡선

그림5는 portable 방식의 의료기기에 사용되는 기본 고압 충전 곡선을 나타낸 것으로 단계별 Duty ratio와 충전 시간은 20%(1초)-40%(2초)-50%(8초)이며 그림 5에서 보듯이 2kV에 10초의 충전 시간을 확인 할 수 있다. 그림6의 (1)의 충전 곡선은 37%(1초)-40%(2초)-50%(8초)이며 (2)의 곡선은 기본 고압 충전 곡선이다. 그림7 (1)의 곡선은 37%(1초)-49%(2초)-50%(8초)이며 (2)의 곡선은 기본 고압 충전 곡선이다. 그림 8 (2)의 곡선은 기본 충전 곡선이며(1)의 경우는 37%(0.5초)-49%(0.5초)-50%(8초)이다. 이는 Duty 제어와 충전 시간의 변화값에 의해 충전 속도의 향상이 이루어짐을 알 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Jai . Agrawal , "Power Electronic Systems Theory and Design ", pp.95-98,2002
- [2] Ge Li, Yingui Zhou , "Compact Digital High Voltage Charger",Conf. Rec. of IEEE PAC-Annual Meeting pp. 3964-3966, 2005
- [3] 김희준, "스위칭 전원의 기본 설계", pp.71-75, 2002
- [4]R. M. Nelms, B. E. Strickland, Mike Garbi "High voltage capacitor charging power supplies for repetitive rate loads", Conf. Rec. of IEEE, pp.1281-1285,1990

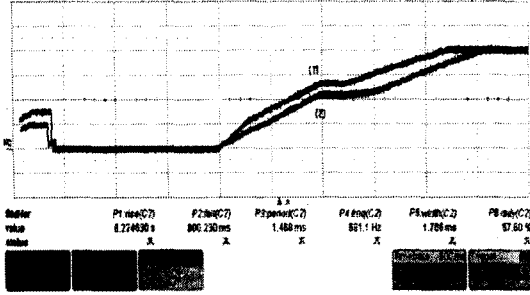


그림 6 1단계 Duty ratio가 변화된 고압 충전 곡선

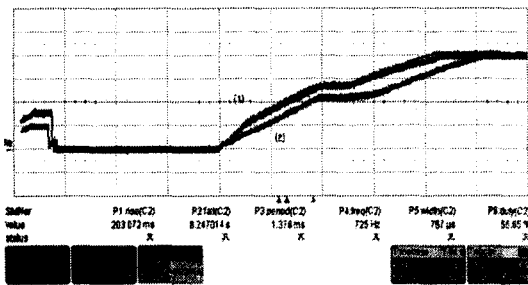


그림 7 1,2단계의 Duty ratio가 변화된 충전 곡선

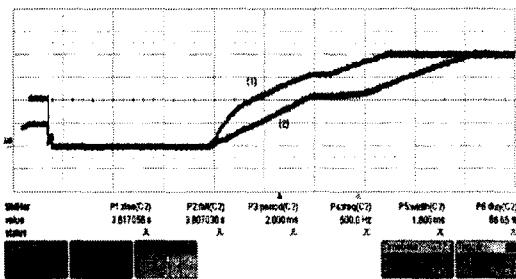


그림 8 1,2단계의 Duty ratio 변화와 충전 시간 변화에 의한 고압 충전 곡선

3. 결 론

본 연구에서는 고압 충전 시 전압 충전 값만 확인하여 고압 충전 하던 기존의 충전 방식에 비해 충전 전압과 충전 시간 값을 Feedback 받아 PWM Duty 제어 고압 충전 방식을 제안 하였다. 제안 방안의 타당성을 확인하기 위해 실험을 통한 고압 충전 전압 대비 충전시간의 개선을 확인 하였고 제안한 충전방안을 적용함으로써 Battery를 사용하는 portable방식의 고압 의료기기 및 산업용 기기에서의 활용 가능성도 기대할 수 있다.