

# 이오나이저를 위한 높은 전압 변환비를 가지는 전력변환회로 설계

소평호, 최연우, 이병희  
전자제어공학과, 한밭대학교

## Design of High Voltage Conversion Ratio Power Conversion Circuit for Ionizer

Pyung Ho So, Yeon Woo Choi and Byoung Hee Lee  
Dept. of Electronics and Control Engineering, Hanbat National University

### ABSTRACT

이오나이저는 에어컨이나 공기청정기와 같은 전자기기에서의 공기 정화기능이나 반도체 장비에서 웨이퍼에 먼지가 부착되는 문제를 해결하기 위한 정전기 제거 기능 등의 용도로 활용되고 있다. 이오나이저의 동작을 위해서는 교류나 직류 형태를 가지는 수 kV의 고전압을 발생시킬 수 있는 높은 전압 변환비를 가지는 전원장치가 필요하다. 본 논문에서는 5 V 전원을 입력으로 하고, 5 kV 전원을 출력으로 하는 직류 형태의 이오나이저용 전력변환회로의 소형화 및 저가격화를 목표로 설계하고 검증한 내용에 대하여 논의하고자 한다.

### 1. 서론

그림 1은 Integrated Chip(IC) 형태로 판매되고 있는 높은 전압 변환비를 가지는 전력변환회로를 나타내고 있다.<sup>[1]</sup> 그림의 제품은 가로\*세로\*높이가 24mm\*18mm\*6.4mm 수준으로 집적화를 통해 외부 부품을 최소화하면서 높은 전압 변환비 성능을 만족하고 있다. 하지만 제품의 가격이 \$100 이상으로 수십 \$의 소형 가전 기기에 적용하기에는 어려움이 있다. 본 논문에서는 5 V 입력, 5 kV 출력의 직류 이오나이저용 전력변환회로를 개별 소자를 적용하여 소형화 및 저가격화를 목표로 설계하였으며 이를 시뮬레이션을 통하여 검증하고자 한다. <sup>[1]</sup>

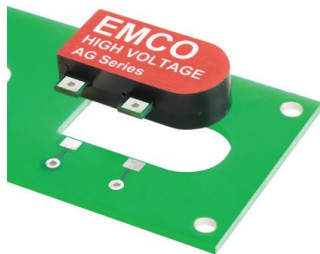


그림 1 높은 전압 변환비를 가지는 IC형 제품  
Fig. 1 IC type product with high voltage conversion ratio

## 2. 높은 전압 변환비를 가지는 전원장치 설계

### 2.1 Topology 선정

표 1은 이오나이저용 전원장치의 입출력 사양이다. 입력 전압과 출력 전압의 변환비율이 1000 배로 높은 전압 변환비가 요구되지만 최대 출력 전력은 0.2 W로 출력 전류는 상대적으로 작은 특성을 가지고 있다. 직류 변환 회로로서 절연 특성이 반드시 요구되지는 않으나 높은 전압 변환비 달성 및 개별 소자의 개수를 저감하기 위하여 간단한 구조와 적은 소자수를 특징으로 하는 그림 2의 flyback 회로를 선정하였다.

표 1 이오나이저용 전원장치의 입출력 사양  
Table 1 Input-output specification of power supply for ionizer

입력 전압 ( $V_s$ )	5 V
출력 전압 ( $V_o$ )	5000 V
최대 출력 전력 ( $P_o$ )	0.2 W

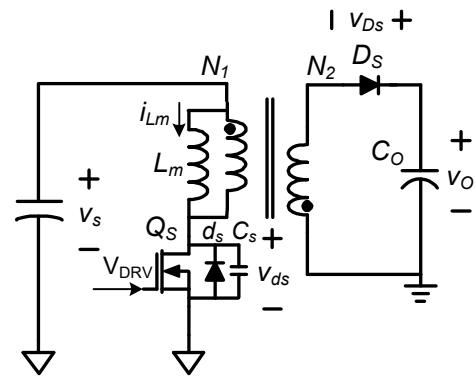


그림 2 Flyback 회로도  
Fig. 2 Circuit diagram of flyback converter

### 2.2 Flyback converter의 설계

이오나이저용 전원장치는 최대 출력 전류가 40  $\mu$ A로 flyback converter를 연속전류모드로 동작시키기 위해서는 트랜스포머의 자화 인덕턴스가 큰 값을 필요로 하게 된다. 큰 자화 인덕턴스를 위해서는 1차 측의 권선수의 증가가 필요하다. 하지만 1차 측에 적용할 스위치의 내압을 고려하여 높은 트랜스포머 권선비를 가지도록 설계하게 되는데, 이 경우 1차와 2차 권선수의 증가에 따라 트랜스포머의 제작에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 flyback converter는 불연속전류모드로 동작시

키는 것이 제작의 용이성을 증대시킬 수 있다. 불연속전류모드로 동작하는 flyback converter의 동작 파형은 그림 3과 같이 표현할 수 있다. 이 때 전력변환효율을 100 %라고 가정하면 자화 인덕턴스 전류 최대값  $i_{Lm\_p}$ 과 자화 인덕턴스  $L_m$ , 스위칭 주파수  $F_s$ , 출력 전력  $P_o$ 는 다음의 수식 (1)로 표현 가능하며, 이를 통하여 기본 성분의 대한 설계가 가능하다. 또한 트랜스포머의 권선비 ( $N_1:N_2$ )는 1차측 스위치 전압 스트레스  $V_{ds}$ 와 다이오드의 전압 스트레스  $V_d$ 는 수식 (2), (3)을 고려하여 선정이 가능하다. 본 논문에서는 사용가능한 개별 다이오드의 정격 내압 8000 V를 설계 기준으로 선정하고 각각의 소자를 설계하였다.

$$P_o = \frac{1}{2} L_m i_{Lm\_p}^2 F_s \quad (1)$$

$$V_{ds} = V_s + \frac{N_1}{N_2} V_o \quad (2)$$

$$V_d = V_o + \frac{N_2}{N_1} V_s \quad (3)$$

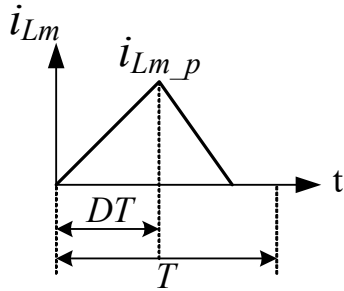


그림 3 불연속전류모드 flyback converter 동작 파형  
Fig. 3 Operational waveform of flyback converter in discontinuous conduction mode

### 2.3 설계 시스템의 검증

기본 설계 수식 (1)~(3)을 이용하여 적용가능한 2차측 다이오드의 정격 내압을 기준으로 표 2와 같이 각 소자를 선정하였다. 트랜스포머는 소형화를 위하여 planar type의 core 구조를 선정하였으며, 입력 전압이 5 V이므로 낮은 전압에서 동작이 가능한 구동 드라이버를 선정하였다. 그림 4과 그림 5는 표 2의 소자들을 적용한 높은 전압 변환비를 가지는 회로의 PSIM 시뮬레이션 회로도 및 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 결과를 통해 5 V 입력으로부터 5000 V의 출력을 얻을 수 있음을 확인하였으며 사용된 소자의 내압 조건도 50 % 이상의 여유를 가지고 모두 만족하고 있음을 확인할 수 있다. 설계된 시스템의 각 소자를 적용한 전체 시스템은 가로\*세로\*높이가 22mm\*18mm\*8mm 로 IC형 제품에 비하여 15 % 정도 체적이 증가하였으나, 제품의 가격은 표2에 나타난 소자의 대량 생산이 고려되지 않은 개별 단가를 고려하더라도 저감이 가능할 것으로 기대된다.

### 3. 결론

본 논문에서는 5 V 입력, 5000 V 출력의 높은 전압 변환비를 요구하는 이오나이저용 전력변환회로의 소형화와 저가격화를 목표로 시스템을 설계하였으며 이를 검증하였다. 설계된

표 2 개별 소자 목록  
Table 2 Circuit parameter

스위칭 주파수 ( $F_s$ )	20 kHz		
스위치 ( $Q_s$ )	FDN86246 150V, 1.4A (Price \$0.4/unit)		
트랜스포머 코어	권선비 ( $N_1:N_2$ )	EI42107 (Price \$0.5/unit)	1 : 100
	자화 인덕턴스 ( $L_m$ )		30 $\mu$ H
다이오드 ( $D_s$ )	2CL71 8000V, 5mA (Price \$0.174/unit)		
구동 드라이버	UCC2813 D (Price \$2.71/unit)		

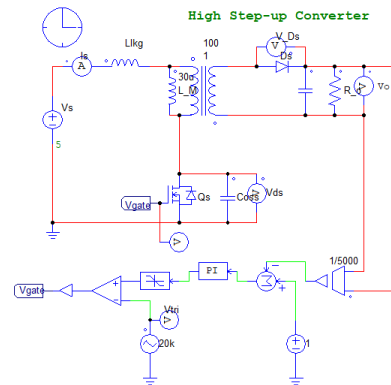


그림 4 시뮬레이션 회로도  
Fig. 4 Circuit diagram for simulation

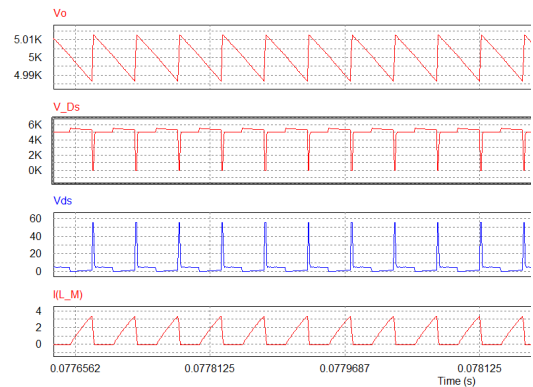


그림 5 시뮬레이션 결과  
Fig. 5 Simulation result

시스템은 높은 제품 가격을 가지는 IC 형 제품에 비해 체적이 15 % 정도 증가하지만, 저가격으로 구현이 가능하여 향후 다양한 소형 이오나이저 제품에 적용이 가능할 것으로 기대된다.

이 논문은 한밭대학교의 교육연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

[1] Datasheet AG20, [Online] Available : [http://www.xppower.com/Portals/0/pdfs/SF\\_AG\\_Series.pdf](http://www.xppower.com/Portals/0/pdfs/SF_AG_Series.pdf)