

플라즈마 발생을 위한 인버터의 출력 제어 방식

김주용 · 박진민 · 문상필 · 이현우 · 서기영
경남대학교

The Inverter Output Control Method for Plasma Generator

J.Y.Kim · J.M.Park · S.P.Mun · H.W.Lee · K.Y.Suh
Kyungnam University

Abstract - A resonant type voltage source and power device and a control method using Pulse Density Modulation(PDM) power control and Pulse Width Modulation(PWM) voltage control for plasma sterilization are described. For the stability of discharge in the generating tube

제어하였다. 만일 PDM 제어시 교류입력을 부하와 차단하여 T_0 의 입력 주기를 크게 할 경우 입력전류에 맥동이 생기거나 입력 각상에 대해 전력의 타이밍이 균일하게 되어 상전류가 불균일하게 되는 현상이 생긴다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 T_0 를 충분히 짧게하여 T_0 중의 출력 펄스수를 적게하고, 전력 제어량을 연속적으로 가변, 조정함으로써 펄스의 시작과 끝의 부분에서 생기는 과도현상을 무시할 수 있다.

1. 서 론

최근 살균처리 방법 중 여러 가지 방법이 많이 연구되어지고 있지만, 그 중에서 고온 살균처리 방법이 가장 일반적으로 이용되어 진다. 하지만 이 방법은 내용물을 파괴하는 단점이 있다. 화학적인 살균 처리 방법도 있지만 약품의 유독성 잔여물이 남기 때문에 2차 오염이 발생한다. 현재에는 방사선을 사용해서 박테리아를 제거하는 방법이 있으나, 방사원의 보호, 사용의 불편성, 운반 중의 오염, 높은 가격 등의 단점이 있다. 이러한 이유로 본 논문에서는 2차 오염이 없고 내용물을 직접 파괴시키지 않는 비열 플라즈마를 이용하여 대기 플라즈마를 발생시켜 분말 형태의 균을 살균하기 위한 전원 장치의 출력 제어 방법 및 특성에 대하여 연구 하고자 한다.

2. 제어 회로의 구성

2.1 PDM 제어 방식

그림 1에 인버터부와 플라즈마 발생관의 등가회로 구성을 나타내었다. 3상 교류를 정류시킨 후 수[kHz]의 고주파를 인버터 교류에 변환한다.

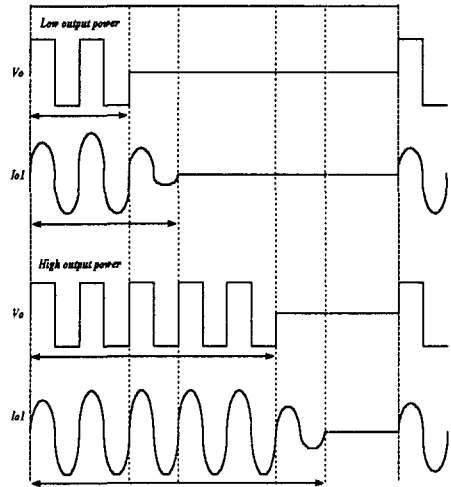


그림 2 PDM에 의한 전력제어
Fig. 2 Power supply control with PDM

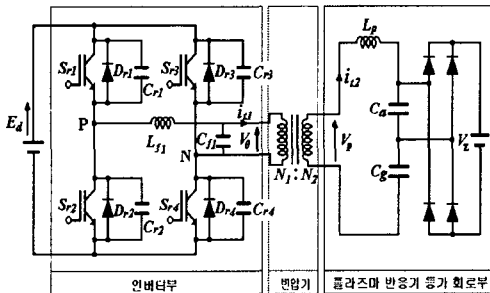


그림 1 회로 구성
Fig. 1 Circuit composition

그림 2는 펄스밀도 변조(PDM : Pulse Density Modulation)방식을 이용한 전력제어의 원리를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 제어주기 T_0 이내로 일정 전압이 정(+)주파수로 동작하는 기간과 인버터 전압 V_0 를 0[V]로 하는 기간의 시비율을 조절하여 평균전력을

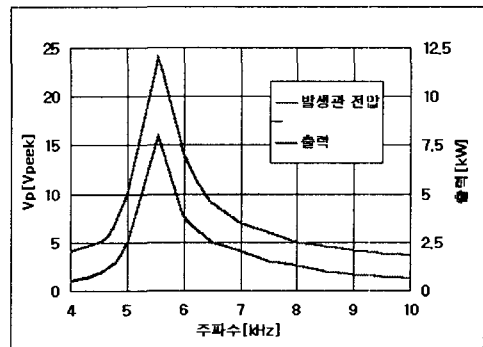


그림 3 주파수 특성
fig. 3 Frequency characteristics

그림 2는 주파수 특성을 나타낸 것이지만, 인버터에 있어서 출력전압은 주파수에 의해서 변화하므로 전력제어가 가능하지만 발생관의 인가 전압 V_b 가 동시에 변화한다. 실제로 발생관 입력 전압 V_b 가 낮으면 방전이 불안정하게 되며, 높아지면 절연 파괴 등의 문제가 발생한다.

2.2 동기 PDM 제어 방식

PDM제어의 문제점을 해결하기 위해서 그림 4와 같이 T_0 를 입력에 동기(同期)시켜 입력에 대한 전력의 제어방법을 균일하게 하였다. 그림 4에서 T_0 는 입력 한 주기에 따라 정(正)과 부(負)로 서로 대응하여 입력 1/2 주기의 정수분의 1로 설정하였으며, 각상에서 대칭으로 하기 위해 입력 1/3 주기의 정수분에 1을 만족하는 최대값으로서 입력주기의 1/6로 동작되어지는 것을 알 수 있다. PDM에 의하여 전력제어를 하면 발생관 전압의 변동을 일정하게 유지하는 기능을 가지고 있지만 연속적이기 못하는 문제점이 발생하게 된다. 하지만 펄스 폭 변조(PWM) 제어를 이용하여 발생관 전압을 일정하게 연속적으로 유지할 수 있다.

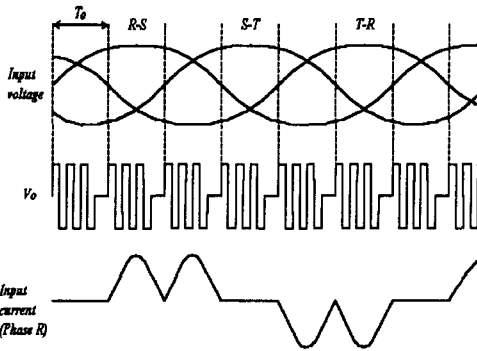


그림 4 입력전압에 대한 동기 PDM
Fig. 4 Synchronous PDM for input voltage

2.3 PWM 제어 방식

그림 5는 PWM제어를 이용한 전압제어를 나타낸 것이다. 그림5에 나타난 것처럼 인버터 직류전압이 낮을 경우에는 출력전압의 펄스 폭을 넓게 조절하며, 직류전압이 높을 때에는 펄스 폭을 좁혀서 기본파 성분을 일정하게 할 수 있다. 또한 발생관의 방전유지전압 V_z 은 조건에 따라 발생관 전압이 변화하므로 피드백 제어하여 안정화할 수 있다.

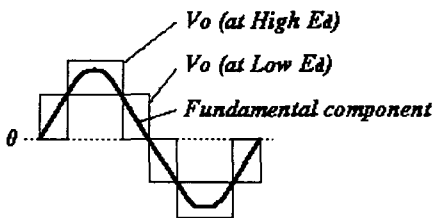


그림 5 PWM에 의한 전압제어
Fig. 5 Voltage control with PWM

2.4 제어장치 동작

그림 6는 PDM제어 및 PWM 제어 패턴을 나타낸 것이다. 그림 6에서 PDM 제어부와 PWM 제어부 그리고 주변 회로부로 구성되어진다. 먼저 PDM 제어부에서 인버터의 출력전압 V_0 과 출력전류 I_0 를 계산하면 출력전력을 구할 수 있으며, 출력전압 V_0 는 제어장치내에서 스위칭모드에 대응하는 직류전압, 직류전압의 부호반전값, 제로 전압중에서 선택한 값을 이용하였다. 또한 계산은 인버터 주파수에 대해서 충분히 고속으로 되는 것이 요구 되기 때문에 아날로그 계산기를 이용 하였다. PDM 제어부에서는 출력 전력을 PI조절기에 입력한 1PDM 주기 내에서의 펄스 수 지령을 얻는다. 이 값은 교류 입력 전압의 제로 스위칭시에 PDM카운터에 프리 셋트 시키고, 인버터의 출력 전압 1주기시 다운 카운터 시킨다. 카운터 값이 0이 되면 카운터 동작은 정지한다. 카운터 값이 0으로 되지 않을 시에는 PWM 타이머에는 PWM 제어부에서의 펄스 폭 지령이 리셋 되고 카운트 값은 0이 된다. 즉 펄스 수의 출력이 종료하면 펄스 폭에 0 지령이 셋트 된다.

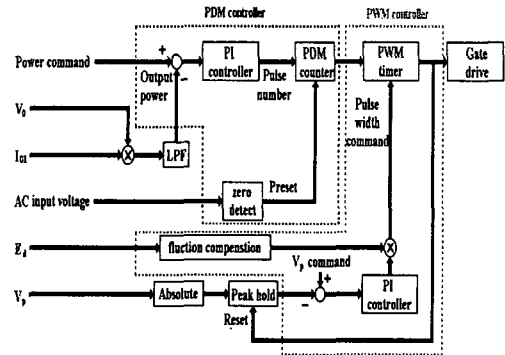


그림 6 제어부의 블록선도
Fig. 6 Block diagram of controller

2. 실험 결과의 검토

제한한 회로의 시뮬레이션에 사용된 회로 정수는 표 1과 같다. 제어스위치는 가변저항 스위치로 가정하고, 그 외 소자는 이상적인 소자로 하여 PSpice9.1에 의해 시뮬레이션 하였다. 그림 7은 동기 PDM제어의 입력 전압과 전류의 파형 및 인버터 입력측의 전류 파형을 나타낸 것이다. 그림 8은 발생관 피크 전압지령값을 7[kV]로 설정하고 교류입력전압을 변화시켰을 때 인버터 출력 전압의 파형을 나타낸 것이다.

표 1 시뮬레이션과 실험에 사용된 회로정수
Table. 1 Circuit parameter using simulation and experiment

항 목	값
입력 전압	180[V]~220[V]
관 입력 전력	0~1800[W]
출력 주파수	6.5[kHz]
변압비	263[V]/2000[V]
인덕턴스 L	100[mH]

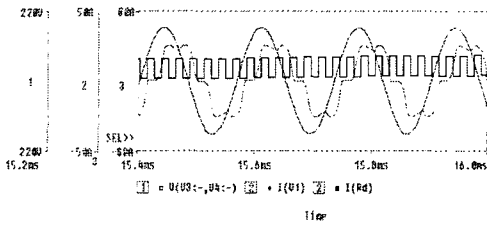


그림 7 동기PDM 제어시 입력전압과 전류 파형
Fig. 7 Input current waveform with synchronou PDM

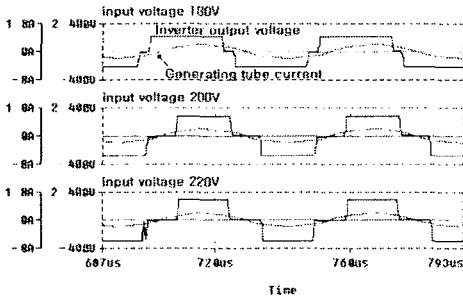


그림 8 인버터 출력전압의 파형
Fig. 8 Waveform of inverter output voltage

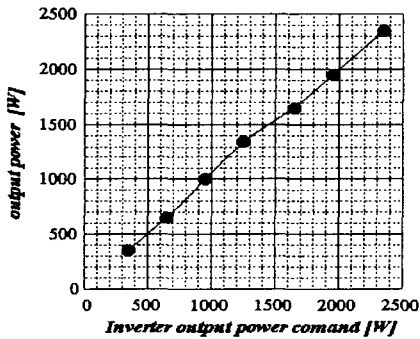


그림 9 출력전력제어의 특성
Fig. 9 Characteristics of power control

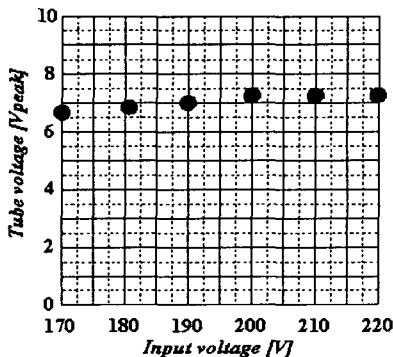


그림 10 입력전압에 대한 발생관 전압의 특성
Fig. 10 Characteristics of generation tube voltage for input voltage

그림 9는 인버터 출력전압의 지령값에 대한 실측값을 나타낸 것이다. 전력측정시 파형이 복잡한 관계로 디지털의 전력계를 이용하여 측정하였으며, 전력연산시간을 PDM의 주기보다도 충분히 길게 하였을 때의 출력전력의 지령값을 추종하여 이용할 경우 PDM에 의한 전력제어시 문제되지 않는 것을 확인하였다. 그림 10은 입력전압의 변화에 대한 발생관 전압의 값을 나타낸 것이다. 그림 10에서 알 수 있듯이 입력전압의 변화에 상관없이 발생관 피크전압은 거의 일정하게 유지한다.

4. 결 론

간단한 PDM을 할 경우에는 펄스의 발생이 끝나면 전력맥동에 의해서 교류입력전류의 맥동이 불규칙적으로 발생되어지며, 교류 입력전압변동에 의한 발생관 전압에는 영향을 주는 문제점이 발생하지만 제안한 동기 PDM 전력 제어와 PWM에 의한 발생관 전압 제어를 이용하여 입력 전류의 맥동을 방지할 수 있으며, 발생관의 입력 전압이 변해도 일정한 전압을 얻을 수 있다.

이 논문(보고서)은 산업자원부에서 시행한 전력 산업 인프라구축지원 사업의 지원에 의하여 수행된 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 川村光男, "マイクロ波基礎工学", 「昭晃堂」, 1981
- [2] 露木英男, 首藤厚, "食品のマイクロ波加熱", 「建帛社」, 1974
- [3] K.Kit sum and Bruse W. Carsten, "Trends in High Frequency Power conversion", HFPC, pp.198~204, May, 1998
- [4] J.M. Meek, J.D. Craggs, "Electrical Breakdown of Gases", JOHN WILEY & SONS, 1978.
- [5] 日本電氣學會, "高周波用デバイヌ電力半導體 應用的技術動向" 電氣學會技術(II部) 第271號, pp.20~27, 1997
- [6] 中村信幸 御所康七 遠藤正雄, "誘電體表面に現れるコロナ放電", 1995,
- [7] 山田, 小林, 米田, "オゾン發生裝置用インバータの出力制御方式" 電氣學伝全國大伝 4-186