

PFN Marx 펄스전원공급장치 개발

박성수, 허훈, 김성철, 김상희, 김승환, 박용정, 남상훈
포항공대 가속기연구소

Development of PFN Marx Pulse Power Supply

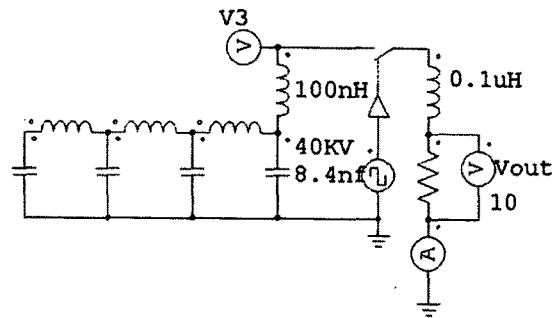
Park Soung Soo, Heo Hoon, Kim Sung Chul, Kim Sang Hee, Kim Sung Hwan, Park Young Jung, Nam Sang Hoon
POSTECH, Pohang Acc elerator Laboratory

Abstract - 고출력 마이크로웨이브의 펄스 전원으로 PFN Marx 펄스 전원공급장치를 설계 및 제작하였다. PFN Marx는 커패시터와 인덕터 그리고 스파크 갭과 전원을 공급하는 전원공급장치와 전류제한용 저항 또는 인덕터로 구성되어 제작을 하였다. 여기에 사용하는 스파크 갭 스위치는 개스를 채우는 방식으로 개스의 압력을 조정하여 스위치의 스위칭 전압을 조정하여 준다. PFN Marx는 커패시터와 인덕터가 직병렬로 구성이 되며 펄스폭과 PFN의 임피던스를 결정하는 중요한 요소이다. PFN Marx 펄스 전원공급장치를 시뮬레이션 및 제작하여 시험을 할 예정이며 요구되는 사양은 전압 수십 kV, 펄스 폭 수백 ns이다. 본 논문에서는 PFN Marx 펄스전원장치의 설계 및 시험에 대하여 고찰하고자 한다.

1단을 모델링하여 시뮬레이션을 하기 위한 회로이다. 커패시터는 8.4 nF 40 kV이고 인덕터는 100 nH를 제작하여 사용하였으며 4개를 병렬로 연결하여 구성하였다. 부하를 10 Ω의 저항부하로 시뮬레이션을 하였다.

1. 서 론

Marx 발생기는 일반적인 펄스 발생장치이며 신뢰성을 확보하기 위하여 대부분 고에너지, 고전압에서 단발성 트리거로 사용하여 펄스 전력을 사용하고 있다. 고출력 마이크로웨이브 발생장치에 사용하는 펄스 전원장치는 수백 ns의 펄스 폭을 갖는 고에너지의 펄스 에너지가 필요하다. 전통적인 marx 발생기는 이중 지수함수의 형태로 펄스를 발생시킨다.[3] 이러한 것을 이용하여 marx 시스템에 저장용 커패시터 대신 PFN(pulse forming network)를 적용하여 구형 펄스를 얻고자 한다. PFN은 1차 에너지를 저장하는 장치로서 펄스의 모양을 결정해주고 있으며 여러 가지 PFN 형태에서 E type을 사용하고 있다.[1,2] 20단의 PFN marx를 제작하기 위한 기본 설계 및 시험을 하기 위하여 1단의 PFN marx를 제작하여 시험을 하였다. 본 논문에서는 PFN의 기본적인 방식을 알아보고 시뮬레이션과 실험을 통하여 얻은 결과를 보이고자 한다.



<그림 2> PFN marx 1단 회로구성도

그림 3은 구성된 PFN marx 1단을 시뮬레이션한 전압과 전류의 출력 파형을 보여주고 있으며 25 kV를 충전하였을 경우 약 18 kV, 200 ns의 펄스 전압을 얻었으며 전류는 10 Ω의 저항을 사용하였을 경우 1.8 kA를 얻었다.

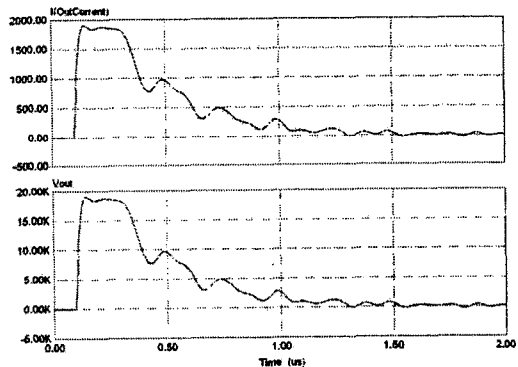
2. 본 론

2.1 펄스 발생기

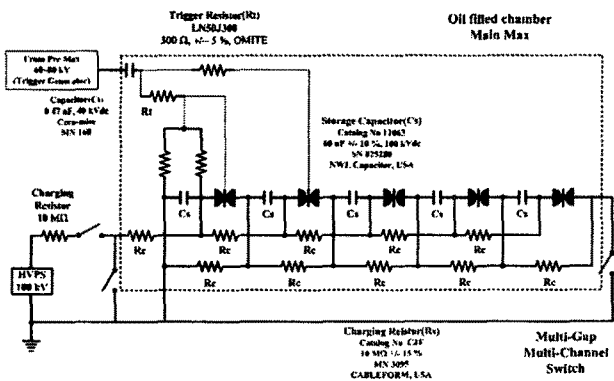
고출력 마이크로웨이브 발생장치에 사용하는 펄스 발생기는 marx 발생기에 PFN를 적용한 시스템을 이용하였으며 PFN marx는 스위치와 에너지 저장용 PFN과 고전압 전원공급장치 그리고 트리거 발생기로 구성이 된다.

2.1.1 Marx Generator

Marx 발생기는 스위치와 저장용 커패시터로 구성이 되며 구성 회로는 그림 1과 같다. 스위치는 내부의 개스 압력을 조정하여 절연파괴전압을 결정하고 있으며 사용하는 개스의 종류에 따라서 차이가 있다. 스위치의 운전 가능한 전압은 20 - 100 kV이다. 트리거는 외부에서 약 50 - 80 kV의 트리거 펄스 전압을 인가하여 트리거를 한다.



<그림 3> PFN marx 1단 시험결과 파형



<그림 1> Marx 발생기의 회로

2.1.2 Pulse Forming Network(PFN)

PFN은 커패시터와 인덕터를 조합하여 펄스를 만들어 주는 부분으로서 펄스의 폭과 부하 임피던스와 매칭을 시켜야 한다. 그림 2는 PFN marx의

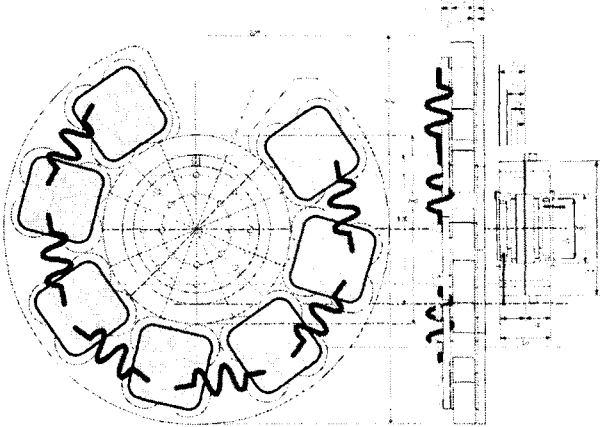
2.2 PFN marx 시스템 시험

고출력 마이크로웨이브 발생장치의 펄스 전원을 인가하기 위하여 PFN marx 시스템을 구성하였다.

2.2.1 PFN 시스템 설계 및 제작

그림 4와 같이 PFN marx 1단을 설계하였다. 1단의 커패시터는 2.1 nF 4개를 병렬로 연결한 것을 하나의 모듈로 7개 사용하는 것으로 설계를 하였다. 커패시터의 가운데에 스파크 갭 스위치가 놓여 있으며 커패시터의 각각은 인덕터로 연결을 하였다. 그림 5는 설계한 marx 시스템을 제작한 그림이다. 접지 판은 알루미늄으로 하였으며 인덕터는 약 5 mm 동파이프를 사용하여 제작을 하였으며 측정된 값은 약 100 nH였다. 커패시터는 무라타 커패시터로 2.1 nF, 40 kV의 사양을 갖고 있으며 4개의 모듈을 사용하여 제작하였으며 그림 6과 같이 PFN marx 시스템을 구성하였다. 고전압 전원공급장치는 Maxwell PS 50 kV, 10 kJ을 사용하였으며 20 MΩ의 충전용 저항을 통하여 저장용 커패시터에 충전을 하였으며 스파크 갭 스위치는 제작한 스파크 갭 스위치를 사용하였고 전압은 전압 분배 비율이 1000:1인 Tektronix P6015A 프로브를 사용하여 측정을 하였으며 전류는 100:1 비율을 갖는

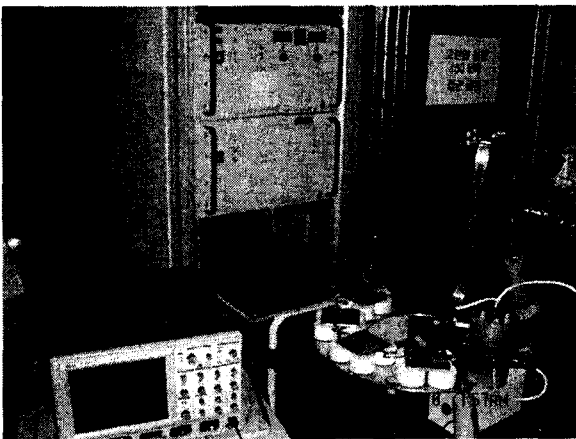
Stangenes Current Transformer를 사용하여 측정을 하였다. 그림 7은 PFN marx 발생기 시험 회로이다.



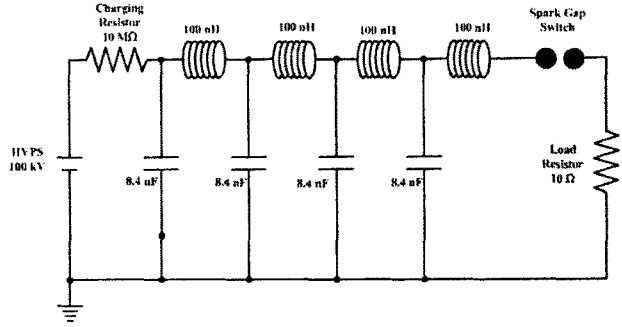
<그림 4> PFN marx 설계도면



<그림 5> 제작하여 설치한 PFN marx



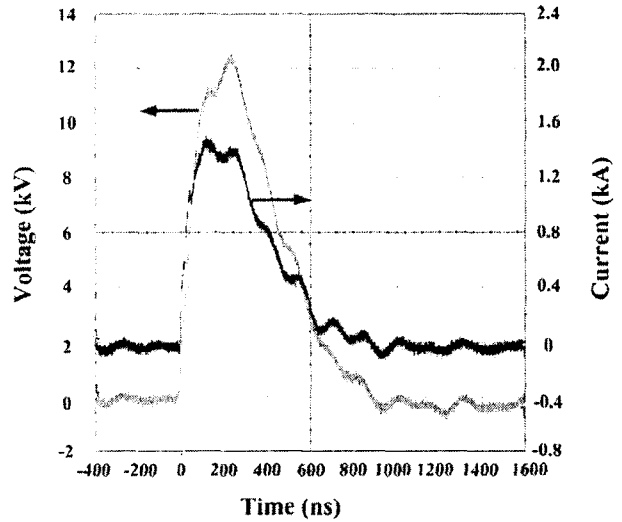
<그림 6> PFN marx 시험 장치



<그림 7> PFN marx 시험 회로

2.2.2 시험결과

그림 8은 시험하여 얻은 전압과 전류의 결과파형이다. 부하를 500 W, 20 Ω 2개를 병렬로 연결하여 구성하였으며 입력 전압을 25 kV인가 하였을 경우 부하에는 약 12.5 kV가 인가되었으며 전류는 1.4 kA를 얻었다.



<그림 8> PFN marx 회로 시험결과
전류 200A/div, 전압 2 kV/div

3. 결 론

고출력 마이크로웨이브 발생장치의 펄스 전원을 공급하기 위하여 PFN marx 발생기를 설계하여 시뮬레이션을 하였으며 1단의 PFN marx 발생기를 제작하여 기초시험을 하였다. 1단의 기초 시험결과 12.5 kV, 1.6 kA 약 200 ns의 펄스를 얻었다. 인덕션 충전방식을 사용한 500 kV, 200 ns의 고출력 마이크로웨이브 발생장치의 펄스 전원공급장치를 구성하기 위하여 약 20단의 PFN marx를 구성할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] Clark R S, Rinehart L R et al., "A One Microsecond, Thirty-Five Kilojoule, One Hertz Pulse Generator", 7th IEEE Pulsed Power Conf., pp301-303, 1989.
 [2] Ranan P M, Pelletier P R et al., "Constant Voltage Pulse Power Driver for Variable Impedance Loads", 7th IEEE Pulsed Power Conf., pp778-781, 1989.
 [3] M. M. Kekez, "A 480 Joule, 650 kV, 3 ns Risetime, 500 ns Pulse Width, Compact Pulse Generator", IEEE, pp1524-1529, 1997.