

## PFN Marx 펄스전원공급장치 시험

박성수, 허훈, 김성철, 김상희, 김승환, 박용정, 남상훈, 신진우\*, 소준호\*, 장원\*  
 포항공속기연연구소/포스텍, \* 국방과학연구소

### Test of PFN Marx Pulse Power Supply

Park Soung Soo, Heo Hoon, Kim Sung Chul, Kim Sang Hee, Kim Sung Hwan, Park Young Jung, Choi O Rong, Nam Sang Hoon  
 J. W. Shin\*, J. H. So\* and W. Jang\*  
 Pohang Accelerator Laboratory/POSTECH, \* ADD

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

스위치의 운전 가능한 전압은 10 - 50 kV이다. 트리거는 외부에서 약 20 - 40 kV의 트리거 펄스 전압을 인가하여 트리거를 한다.

#### 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 5단을 모델링하여 시뮬레이션 회로이다. 커패시터는 8.0 nF 40 kV이고 인덕터는 100 nH를 제작하여 사용하였으며 4개를 병렬로 연결하여 구성하였다. 부하를 20 Ω의 저항부하로 시뮬레이션을 하였다. 그림 3은 구성된 PFN Marx 1단을 시뮬레이션한 전압과 전류의 출력 파형을 보여주고 있으며 18 kV를 충전하였을 경우 약 48 kV, 200 ns의 펄스 전압을 얻었으며 전류는 20 Ω의 저항을 사용하였을 경우 2.5 kA를 얻었다.

### 1. 서 론

Marx 발생기는 일반적인 펄스 발생장치이며 신뢰성을 확보하기 위하여 대부분 고에너지, 고전압에서 단발성 트리거로 사용하여 펄스 전력을 사용하고 있다. 고출력 펄스 발생장치에 수백 ns의 펄스 폭을 갖는 고에너지의 펄스 에너지가 필요하다. 전통적인 Marx 발생기는 이중 지수 함수의 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] 30단의 PFN Marx를 제작하기 위한 기본 설계 및 시험을 하기 위하여 5단의 PFN Marx를 제작하여 시험을 하였다. 본 논문에서는 PFN의 기본적인 방식을 알아보고 시뮬레이션과 실험을 통하여 얻은 결과를 보이고자 한다.

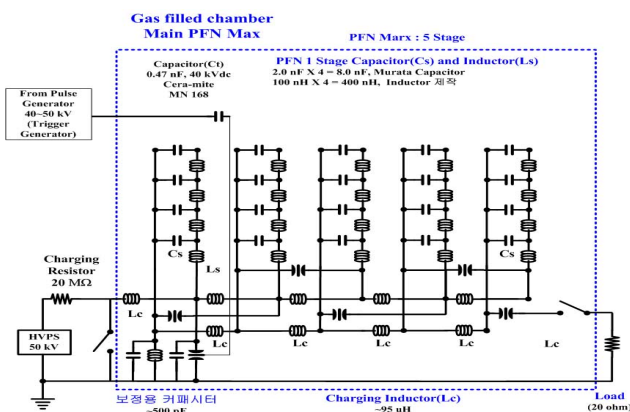
### 2. 본 론

#### 2.1 펄스 발생기

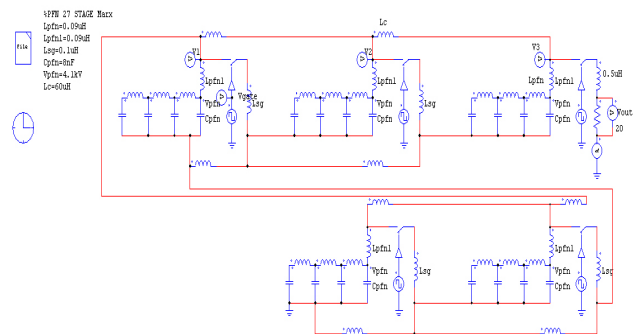
고출력 펄스 발생기는 Marx 발생기에 PFN를 적용한 시스템을 이용하였으며 PFN Marx는 스위치와 에너지 저장용 PFN과 고전압 전원공급장치 그리고 트리거 발생기로 구성이 된다.

#### 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.



<그림 2> Marx 발생기의 회로



<그림 3> PFN Marx 1단 회로구성도



<그림 4> PFN Marx 1단 시험결과 파형

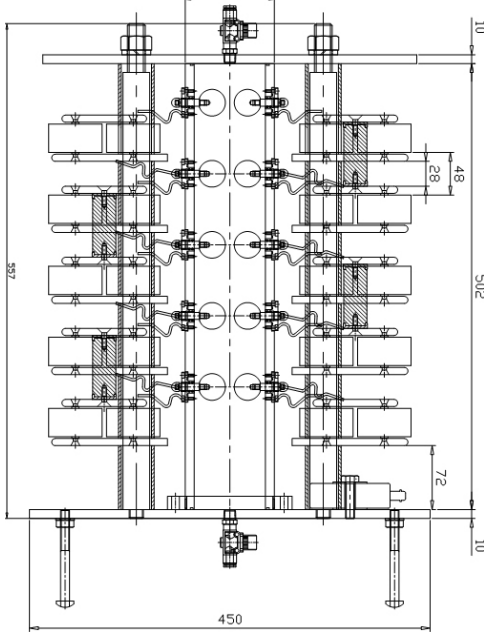
#### 2.2 PFN Marx 시스템 시험

고출력 펄스 전원을 인가하기 위하여 5단의 PFN Marx 시스템을 구성하였다.

#### 2.2.1 PFN 시스템 설계 및 제작

그림 4와 같이 PFN Marx 5단으로 설계하였다. 한단의 커패시터는 2.0 nF 4개를 병렬로 연결한 것을 하나의 모듈로 4개 사용하는 것으로 설계를 하였다. 커패시터의 가운데에 스파크 갭 스위치가 놓여 있으며 커패

시터의 각각은 100 nH 인덕터로 연결을 하였다. 그림 5는 설계한 marx 시스템을 제작한 사진이다. 접지 판은 알루미늄으로 하였으며 인덕터는 전선을 사용하여 제작을 하였으며 측정할 값은 약 100 nH였다. 커패시터는 무라타 커패시터로 2.0 nF, 40 kV의 사양을 갖고 있으며 각단에 4 모듈을 사용하여 제작하였으며 그림 1과 같이 회로시스템을 구성하였다. 고전압 전원공급장치는 Glassman PS 50 kV, 10 kJ을 사용하여 90 uH의 충전용 인덕터를 통하여 저장용 커패시터에 충전을 하였으며 스파크 갭 스위치는 내부에 개스를 채울수 있는 구조로 구성을 하였으며 지름이 100 mm인 아크릴 파이프를 제작하였다. 스위치 내부에는 5개의 스위치가 있고 지름이 30 mm인 구를 사용하였으며 갭 간격을 7.5 - 10 mm로 조정 가능한 스위치로 제작을 하였으며 설정하였다. 스위치 내부는 2PSIG의 개스를 채울수 있도록 구조로 구성을 하였다. 스위치를 사용하였고 전압은 전압 분배 비율이 1000:1인 Tektronix P6015A 프로브를 사용하여 측정을 하였으며 전류는 100:1 비율을 갖은 Stangenees Current Transformer를 사용하여 측정을 하였다.



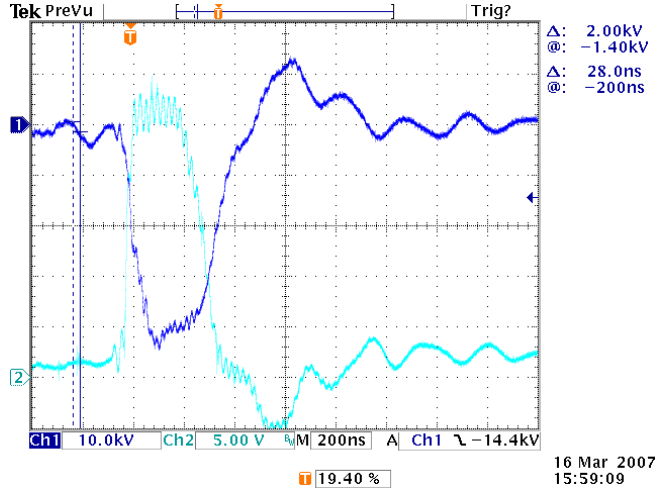
<그림 5> PFN marx 설계도면



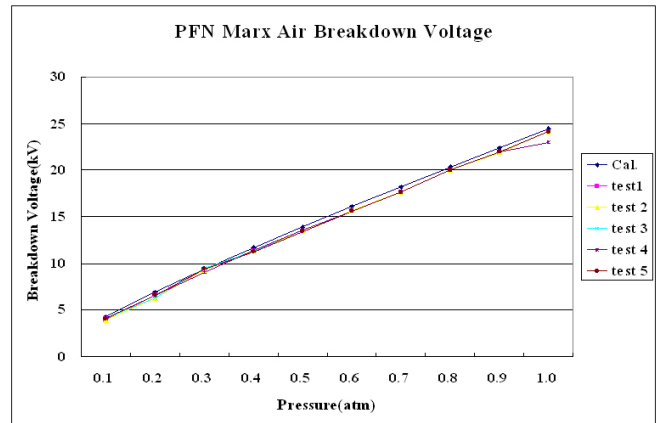
<그림 6> 제작한 PFN marx

**2.2.2 시험결과**

그림 6은 5단 PFN marx에 전압 18 kV 인가하여 20 Ω의 부하조건에서 시험하여 얻은 전압과 전류의 결과파형이다. 전압은 40 kV, 200 ns를 얻었으며 전류는 2.5 kA 200 ns를 얻었다. 또한 반복횟수를 1 - 10 Hz로 변경시켜 가면서 시험을 하였으며 잘 동작하였다. 동작 가능한 전압은 충전전압이 약 4 kV부터 20 kV까지 가능한 것으로 시험결과를 얻었으며 그림 7에 보였다.



<그림 7> PFN marx 시험결과파형  
1) 10 kV/div, 2)0.5 kA/div



<그림 8> PFN marx air breakdown Voltage Test

**3. 결 론**

고출력 펄스 전원을 공급하기 위하여 5단의 PFN marx 발생기를 설계, 시뮬레이션, 제작 및 시험을 하였다. 20 Ω의 부하저항을 사용하여 시험에서 얻은 결과는 40 kV, 2.5 kA, 200 ns의 펄스를 얻었다. 또한 반복횟수도 1 - 10 Hz까지 가능한 것을 확인하였으며 운전전압이 4 kV에서 20 kV까지 가능한 것을 확인하였다. 앞으로 스위치 내부에 개스를 2PSIG까지 채워 충전전압 40 kV까지 시험할 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] Ranon 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.