

200 kV, 50 ns급 동축형 Mini Marx 펄스발생장치

이상욱^{*,**}, 이채민^{*}, 장용무^{*,**}
^{*}이엠디, ^{**}한양대학교

200 kV 50 ns Coaxial Type Mini Marx Generator

Sang-woog Lee^{*,**}, Chae-min Lee^{*}, Yong-moo Chang^{*,**}
^{*}EMD, ^{**}Hanyang University

Abstract : We have designed a Marx Generator, named EMD Pulse Generator(EPG), which makes steep front high voltage, 50ns rise time and 200kV high. It was designed as coaxial type and in small size, 70cm high and 20cm in diameter. The firing system is trigatron type and the spark gap switches in each stage are coaxial with the axis of the system. In this paper we mention about the characteristics of EPG and several experimental data.

Key Words : Marx generator, fast rise time, high voltage, pulse power

1. 서 론

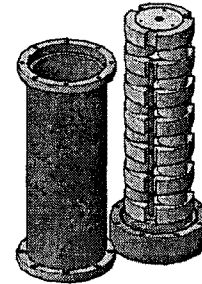
에너지 저장 방식에는 기계, 전기, 화학, 기타 다양한 물리적인 현상을 이용할 수 있으며, 저장된 에너지는 효율적인 H.V. switching 및 pulse forming 기술 등을 활용하는 펄스파워기술(pulse power technique)로 매우 큰 파워(electrical power)를 얻을 수 있다. 펄스파워기술이란 장시간 동안에 저장된 전기 에너지를 순간적(< ns)으로 방출하여 고 효율의 큰 power를 발생시킬 수 있다. 펄스파워기술은 핵융합을 위한 고온 고밀도 플라즈마의 발생과 고출력 펄스 레이저, 하전입자빔 가속, 전자력 가속, 고출력 전자파 발생 등의 산업 및 군사적 응용, 날로 정교해지는 전력시스템에서 절연확보가 필요한 cable이나 주변 기기의 시험용 장치, 기타 특수한 목적에 의해 급격히 발전하고 있는 분야이다.[1-2]

본 논문은 전기적 에너지 저장방법 중의 하나인 커패시터 뱅크(capacitor bank)를 이용한 펄스(pulse) 발생회로인 Marx Generator를 설계 제작하여 여러 응용분야에 활용 가능하도록 나노초(ns)급의 빠른 상승시간을 가진 펄스발생에 대한 각종 기초적인 특성 결과를 분석한 것으로 실험장치 외형 및 개략도는 그림 1에 나타내었다.

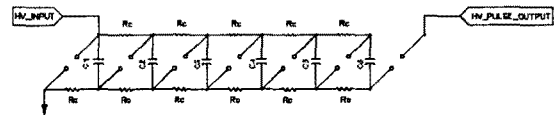
2. EPG의 구성

EPG(EMD Pulse Generator)는 크게 장치 본체(고전압 발생부), 충전부, 트리거부로 구성되어 있다. 장치 본체는 6단으로 각 단계 3개의 콘덴서가 병렬연결 되어있으며 12개의 충전저항, 6개의 스파크 갭 스위치(spark gap switch)로 구성되어있다. 각 단의 커패시터는 6 [nF]으로 2 [nF] 세라의 콘덴서 3개가 병렬연결 되어 단을 이루

고 있다. 트리거 장치는 트리가트론(trigatron) 방식이며 제일 하단의 스파크 갭 스위치를 점화한다. 트리거 펄스 발생기는 자동차용 점화코일을 사용하여 제작하였으며 상승시간 2 [us] 크기 15 [kV] 이다. 충전장치는 0~30 [kV] DC 충전기를 사용했으며 충전저항을 거쳐 각 단의 커패시터 뱅크로 충전하도록 구성되어있다.



(a) 조립도



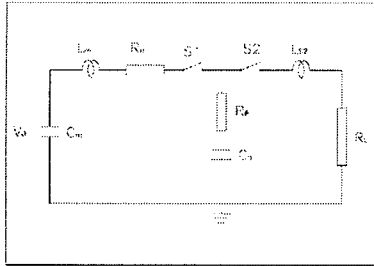
(b) 회로도

그림 1 Marx Generator 개략도

3. 실험

EPG의 출력 측정에는 고전압 프로브 EP100K(120 kVp)와 오실로스코프 LeCroy wavesurfer 454(500 MHz, 2G/s)를 사용했다. EPG의 특성을 파악하기 위해 공기 중에서 100 [kV] 이하 출력에서 행해졌다. 실험을 위해 5단만 동작하였으며 펄스 상승시간을 단축하기 위해 피킹 커패시터(peaking capacitor)를 적용하였고 그림 2에 개략

도를 나타내었다. 실험을 위한 부하저항은 인덕턴스(inductance) 성분이 적고 손쉽게 제작이 가능한 액체저항(liquid resistor)[4]을 식염수를 이용하여 자체 제작하였으며 부하 저항을 교체하며 실험을 실시하였다.



- Cm : EPG total capacitance erected
- Lm : EPG total inductance
- Rm : EPG total resistance
- Ls2 : inductance of S2
- RL : Load
- S1, S2 : spark gap switches

그림 2 EPG 회로구성 개략도

4. 결과 및 검토

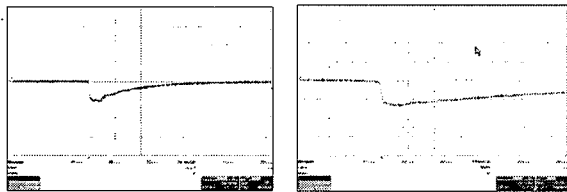


그림 3 부하저항 변화실험, 충전전압 19 [kV], rise time < 20 [ns]

- (a) 부하저항 163 [Ω], 양단전압 -57 [kV]
- (b) 부하저항 470 [Ω], 양단전압 -69 [kV]

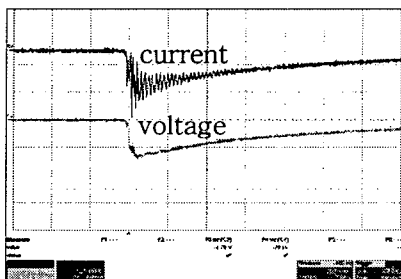


그림 4 전압과 전류파형 비교

그림 3은 식염수를 이용하여 제작한 두 개의 저항을 부하저항으로 사용하여 실시한 실험 결과를 보여준다. 그림 3 (a)는 163 [Ω] 양단의 전압으로 펄스 피크는 -57 [kV]이며, 그림 3 (b)는 470 [Ω]에 대한 결과로 -69 [kV]를

나타내었다. 펄스의 상승시간은 두 경우 모두 20 [ns] 이하이고 반치폭(FWHM)은 각각 400 [ns]와 1 [us]이다.

그림 4는 자체 제작한 로고스키코일(Rogowski Coil)형 고주파 CT를 이용하여 측정된 전류파형을 전압파형과 함께 나타낸 것이다. 액체저항(liquid resistor)의 저 인덕턴스 특성을 고려하면 순수 저항체에 흐르는 전류는 전압파형과 동일하다고 가정할 수 있다. 그림 4의 전류파형의 앞부분이 코일의 인덕턴스와 자연발생적인 기생 커패시턴스(stray capacitance)로 인하여 진동(oscillation) 감쇠하는 형태를 나타내고 있으나 전압파형과 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 측정된 전류의 피크값은 약 156 [A]이나 전압과 저항비에 의하여 계산된 결과는 약 149 [A]이다.

본 실험은 공기 중에서 실시한 것으로 실험 결과로써 실험실의 절연한계로 인하여 설계 사양 200 [kV] 출력은 발생시킬 수 없었지만, 현재까지의 실험 결과분석으로는 설계 목표인 200 [kV] 50 [ns] 상승시간의 펄스발생은 무난히 충족될 것으로 판단된다.

앞에서 언급한 바와 같이 기초실험 결과를 토대로 보면 앞으로 실시할 SF₆ 가스 등으로 기체절연 후 실시할 실험에서 설계사양에 만족하는 펄스 상승시간과 전압 크기를 무난히 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

동축형 소형 막스 펄스발생기를 설계하고 기초실험을 실시했다. 실험은 대기 중에서 행해졌으므로 스파크 갭 간격이 6mm로 기중에서 자발 방전이 일어나지 않는 전압 레벨인 18 [kV]이하로 충전하여 공기 중에서 실시한 것으로 실험 결과 분석을 통하여 설계 목표인 200 [kV] 50 [ns] 상승시간의 펄스발생은 무난히 충족될 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] Ihor Vitkovitsky, "High Power Switching", Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987.
- [2] 진윤식, 이흥식, 김중수, 김진성, '커패시터를 이용한 대출력 펄스파워 시스템', 전력전자학회지 = The journal of the Korean institute of power electronics, v.9 no.1, pp.32, 2004
- [3] S T Pai, Qi Zhang, Introductio to High Power Pulse Technology, World Scientific, Advanced Series in Electrical and Computer Engineering-vol.10, p.12, 1995
- [4] A.I. Gerasimov, Liquid Resistors in Accelerators of Pulse Electron Beams, Problems of Atomic Science and Technology. No 2, Nuclear Physics Investigations (46), p.61-63, 2006