

# 소형 나노초 입상 고전압 펄스발생장치

박승록<sup>o</sup>, 문계덕

경북대학교 공과대학 전기공학과

## Compact Size Nanosecond Rise Time High Voltage Pulse Generator

Sung-Lok Park<sup>o</sup> · Jae-Duk Moon

Dept of Electrical Engg, Kyungpook Nat'l Univ.

**Abstract :** A compact size high voltage pulse generator with nanosecond rise time has been fabricated and investigated experimentally. It can be reduced the inductance of the generator by fixing the Marx generator components and pulse forming network components into a single cylindrical unit. As a result, it can be obtained nanosecond rise time about 8~10[ns] and pulse width of several hundred nanoseconds from the modified Marx pulse generator. And parametric studies showed that the rise time of the output pulse was depended little on the change of the load resistor and the charging capacitor while the pulse width of the output pulse was depended greatly upon the change of the load resistor and the charging capacitor.

### 1. 서론

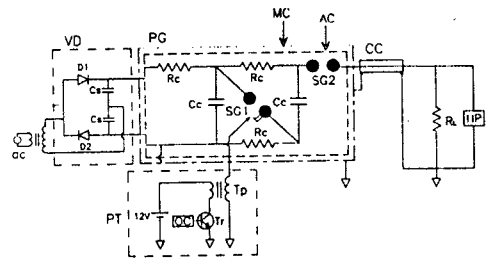
최근 순간적인 고에너지 발생장치가 산업계에 폭넓게 적용되기 시작하고 있으며, [1-3] 점차 더욱 더 강력하고 펄스입상시간이 짧은 급준펄스가 요구되고 있다. [4-7]

나노초 입상펄스를 얻는 방법으로는 자심 펄스 변압기(magnetic core pulse transformer)[6]와 공심 이중 공진 변압기(air core dual resonant transformer)[6] 또는 Marx 발전기[4]를 이용하는 방법 등이 있다. 이와같이 변압기를 이용하는 방법은 펄스 변압기나 펄스형성회로가 필요하게 되는 불리한 점이 있다. 이에 비해 Marx 발전기는 펄스발생부와 펄스형성부를 단일 구성할 수 있어 부가적인 장치 없이도 펄스를 얻을 수 있는 이점이 있다.

본 연구는 Marx 발전기를 이용한 소형 나노초 펄스 발생장치 개발을 위한 기초연구로써, Marx단을 2단으로 구성하고 단일 금속 동축원통형태로 하였다. 이 금속 동축구조는 회로 전체의 인덕턴스를 크게 감소시키고 동시에 외부 접지 금속원통과 내부Marx회로 전극은 동축케이블 형태를 형성하게 된다. 즉, 펄스발생장치의 구조상으로 부유인덕턴스와 분포용량을 줄이고, 펄스전송에 있어서 좋은 효과를 가지게 된다. 따라서, 이와같은 방법에 의해 얻어지는 펄스 출력은 아주 짧은 입상시간과 폭을 가질 것으로 기대된다.

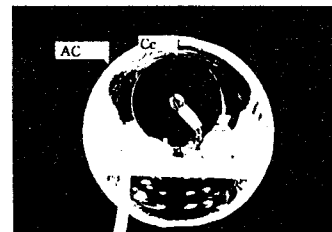
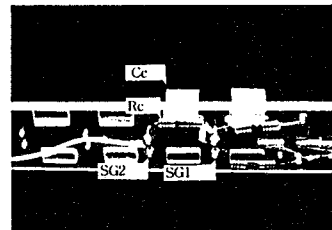
### 2. 실험장치 및 방법

그림 1은 실험장치의 개략도 및 장치사진으로써, 펄스발생장치는 직류체배전압 충전부(VD), 펄스발생부(PG), 펄스트리거부(PT), 급전부(CC)와 부하단(RL)으로 구성되어 있다. 펄스발생부는 충전커패시터와 충전저항을 두께 10[mm]의 아크릴판 상하에 각각 균형되게 배치하고, 이를 내경 90[mm], 두께 5[mm]의 아크릴 원통 속에 넣어 절연한 후, 113[mm] 직경의 실린더형 금속제 원통속에 넣어 외부접지도선으로 하였다. 따라서 펄스발생부와 펄스형성회로는 단일 동축원통형태로 구성되게 된다. 내부의 충전저항(Rc)은 2.2[MΩ](8W)을 사용하였으며, 충전커패시터는 430, 750, 1500, 3300[pF]의 4종류를 사용하여 실험하



Cs: smoothing capacitor  
Rc: load resistor  
Rc: charging resistor  
HP: high voltage probe  
Cc: charging capacitor  
Tp: pulse transformer  
AC: acrylite cylinder  
SG1,2: spark gap  
MC: metal cylinder  
VD: voltage doubler  
CC: coaxial cable  
PT: pulse triggering part  
PG: pulse generating part

(a) 실험장치 전체개략도



(b) Marx형 펄스 발생장치

그림 1. 실험장치의 개략도 및 Marx단 사진

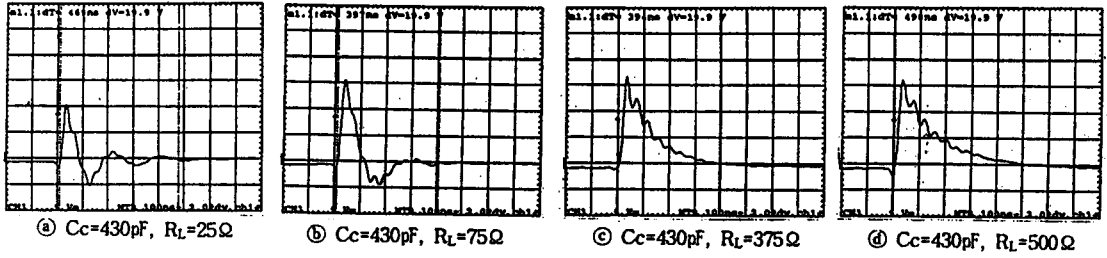


그림 2. 부하저항의 변화에 따른 출력파형 [100ns/div, 10kV/div]

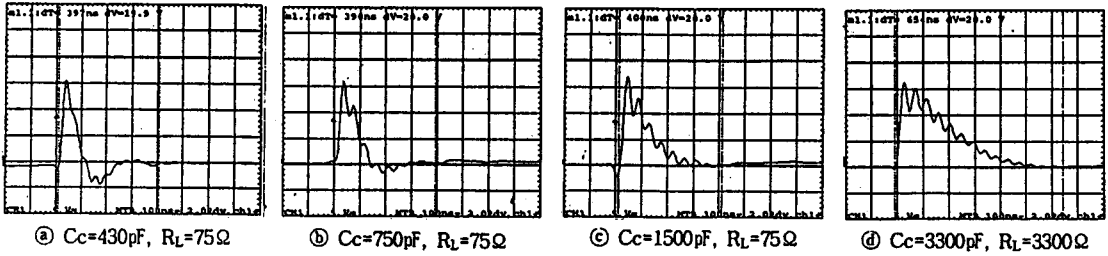


그림 3. 충전커패시터 변화에 따른 출력파형 [100ns/div, 10kV/div]

였다. 또한 방전구는 직경12.6[mm] 황동구에 방전에 의한 전이소모가 비교적 적은 니켈을 도금하여 사용하였다. Marx 펄스발생부의 각 단은 DC 10[kV]로 충전하였고, 방전구간 간격은 10[kV]에서 자폭방전이 발생하지 않는 3.5[mm]로 설정하였다. 제작한 Marx 펄스발생부는 4단 구성이 가능하며 각 단당 30[kV]로 충전시킴으로써 120[kV]의 출력을 얻을 수 있으나, 본 실험에서는 기초 펄스특성조사를 위해 2단으로만 구성하고 20[kV]를 출력 전압으로 설정하였다.

Marx 펄스발생부내의 온도, 습도, 분위기 가스 종류 등은 실험에 다소 변수로 작용하지만 본 실험은 실내 공기 분위기 중에서 수행되었다.

Marx 펄스발생부의 방전개시(pulse triggering)는 발진 회로(OC), 고출력 반도체사(Tr, HVHP IGBT) 그리고 고전압 펄스변압기를 사용하여 -10kV의 출력펄스를 발생 시켜서 적용하였다. 펄스급전선(CC)은 고전압 동축케이블(Z=75[Ω])을 사용하였으며, 부하(RL)로는 충분한 전류용량과 방전연면적을 가진 시멘트 저항을 사용하였다. 출력전압과 파형은 고주파 고전압프로브(P6015A, Tektronix)와 고주파용 축적형 오실로스코프(PM3392[200MHz], Philips)를 사용하여 출력파형을 측정 후 레이저 프린터로 출력하여 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

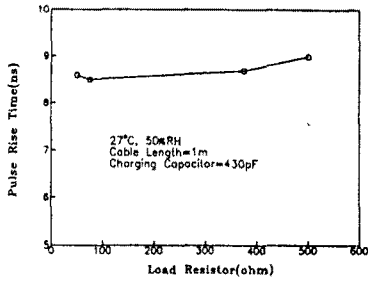
그림 2는 급전선으로 1[m] 길이의 동축케이블(75 [Ω]), 충전커패시터는 430[pF]으로 하고, 부하저항을 25, 75, 375, 500[Ω]으로 변화 시켰을 때 각각의 출력파형을 나타낸 것이다. 그림 2에서 보듯이, 부하저항이 작을 때는 초기 피크 전압이 낮으나, 부하저항이 클수록 초기 피크 전압이 커짐을 보여준다.

그리고 부하저항이 작을 때는 큰 진폭의 진동을 가지며, 부하저항이 클 때에는 전압강상부에만 작은 진폭의 진동을 나타내는 것은 부하저항으로 사용한 시멘트 저항이 니 크롬선 권선저항으로 인덕턴스분(inductance, 3.5 μH)을 가졌기 때문인 것으로 사료된다.

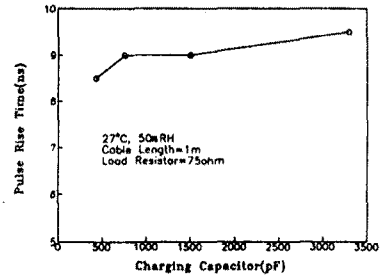
그림 3은 급전선으로 1m길이의 동축 케이블(75[Ω]), 부하 저항은 75[Ω]으로 하고 충전커패시터를 430, 750, 1500, 3300[pF] 으로 변화시켰을 때의 출력파형이다. 그림 3에서 보듯이, 펄스형성용 충전커패시터의 정전용량이 증가함에 따라 초기 피크 전압값은 변동이 없으나, 펄스전압 하강부의 감쇄시간이 길어지는 것을 보여 준다. 이는 충전 커패시터의 용량이 클수록 충전된 전하량이 커지며, 따라서 동일부하를 통한 방전시간이 길어지기 때문으로 판단 된다. 이 특성을 이용하면 적정 펄스폭을 임의로 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 그리고 펄스가 진동을 하는 것은 전술한 바와 같이 시멘트 부하저항의 권선에 의한 인덕턴스분에 의한 것으로 사료된다.

그림 4는 부하저항과 충전커패시터의 증가에 따른 펄스 입상시간(pulse rise time)의 변화를 나타낸 것이다. 그림 4에서 알 수 있듯이, 출력펄스의 펄스입상시간이 약 8~10[ns]의 급준 펄스를 얻을 수 있었고, 부하저항과 충전커패시터가 변화하여도 펄스입상시간에 큰 차이가 나타나지 않음을 보여준다. 이는 Marx 발진기를 동축선통형태로 구성함으로써 인해 전체회로의 부유분포용량분과 인덕턴스분을 크게 줄일 수 있었기 때문인 것으로 사료된다.[4]

그림 5는 부하저항과 충전커패시터의 증가에 따른 펄스 폭(pulse width)의 변화를 나타낸 것이다. 펄스폭은 부하 저항과 충전커패시터가 증가할수록 커짐을 보여주며, 이는 전술했듯이 부하저항(RL)과 커패시터(Cc)의 곱인 시정수( $\tau = R_L C_c$ )가 상대적으로 길어지기 때문인 것으로 사료 된다.

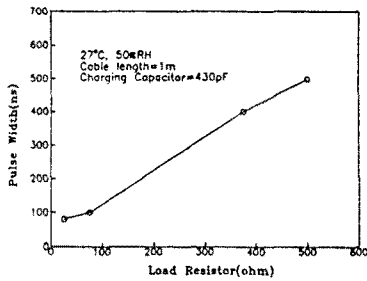


(a) 부하저항의 변화에 따른 펄스입상시간 변화

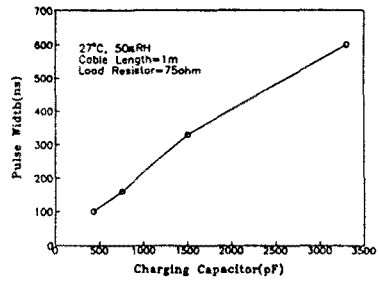


(b) 충전커패시터 변화에 따른 펄스입상시간 변화

그림 4. 부하저항과 충전커패시터 변화에 따른 펄스입상시간 변화



(a) 부하저항의 변화에 따른 펄스폭 변화



(b) 충전커패시터 변화에 따른 펄스폭 변화

그림 5. 부하저항과 충전커패시터 변화에 따른 펄스폭 변화

#### 4. 결론

Marx 고전압 펄스 발전기를 이용한 소형 나노초 고전압 펄스 발생장치 개발을 위한 연구로써, 2단의 Marx 단과 펄스형성회로와 외부전극을 동축원통형태로 하여 제작한 고전압 급준 펄스 발생장치에 대한 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Marx 발전기를 동축원통형태로 구성함으로써 출력펄스의 입상시간이 8~10[ns]인 매우 빠른 고전압 급준 펄스를 얻을 수 있었다.
2. 부하저항과 충전커패시터를 변화시켜도 출력 펄스의 입상시간은 8~10[ns]로서 큰 영향을 받지 않았다.
3. 부하저항과 충전커패시터를 변화시킴으로써 임의로 적절한 펄스폭을 갖는 출력펄스를 얻을 수 있었다.
4. Marx 발전기내의 온도, 기압, 공기조성 등에 따라 출력 펄스파형에 차이가 있을 것으로 사료되나, 이는 앞으로 회로 전체를 일정한 조건 속에 유지시킴으로써 상송시간이 더욱더 빠르고 안정된 펄스를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 또한 펄스형성회로 내부의 정확한 회로해석을 통하여 앞으로 구체적인 설계사양도 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] 이 근택 : 펄스코로나 방전을 이용한 봉대 실린더 전극 간의 오존발생특성에 관한 연구, 석사학위논문(1989)
- [2] 하이파워-테크노로지연구會編 : パルスバワ-工學の基礎と應用, 近代科學社 pp52~98
- [3] Massimo Rea and Keping Yan : Evaluation of Pulse Voltage Generator, IEEE. Trans on IA, Vol. 31, No. 3, May(1995) pp507~511
- [4] M. M. Kekez : Simple sub-50ps rise-time high voltage generator, Rev. Sci. Instrum 62(12), Dec (1991) pp2923~2930
- [5] R. E. Beverly III and R. N. Campbell : Triggering techniques for a compact Marx generator, Rev. Sci. Instrum. 65(1), Jan(1994) pp259~260
- [6] X. Xu and S. Jayaram : Generation of Steep Front Short Duration Impulses from Conventional Standard Impulse Generator - A Simulation Study, IEEE(1995) pp1390~1394
- [7] M. Ishii and H. Yamada : Self-matched high-voltage rectangular wave pulse generator : Rev. Sci. Instrum 56(11), Nov (1985) pp2116~2118