

임펄스 전자기파 발생기

김영배, 정순신, 이홍식
한국전기연구원

Impulse Electromagnetic Wave Generator

Young-Bae Kim, Sun-Shin Jung, Hong-Sik Lee
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract -오늘날 전자기파의 영향은, 제어장비의 내부에 있는 기판의 전자 부품에 전자기적인 충격을 주어 장비의 오동작이나 고장을 일으키는 등 심각한 문제들이 제기되고 있다. 이러한 임펄스 전자기파는 제어 장치에 연결된 제어전선으로 타고 들어와서 전자장비 내부의 부품들과 반사,공진등을 일으켜서 결국에는 PCB(printed circuit board)에 손상을 입혀서 그 장치들을 사용 못하게 할 수가 있다. 주파수가 광대역인 50MHz 에서 800MHz 까지의 EMI(electro magnetic interference)환경을 만들수 있는 장치를 제작 하였다. 이러한 UWB(ultra wide band)장치는 고전압펄스를 압축 성형하여, 동작시간이 아주 빠른 ultra fast 스위치를 통해서, 펄스의 기립 시간이 수백ps의 파형을 만들어, 안테나로 전송하여 공간으로 방사시키는 장치에 대해 설계 제작하여 실험한 결과에 대해 논하고자 한다.

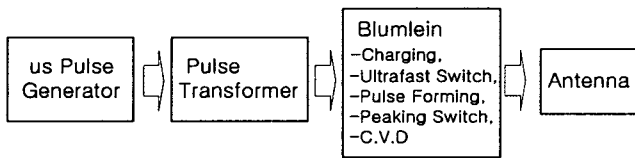
1. 서 론

펄스의 기립시간이 p_s 인 고전압 파형을 안테나를 이용하여 대기 중으로 방사 시키면 초광대역 주파수의 전자기파가 발생한다. 이 전자기파를 이용하면 많은 양의 정보를 원거리에 보낼 수가 있으며, 고성능 레이더, 식품의 포장후 살균, 지하 매설물의 탐색, 지하수맥 및 동굴 탐사, 오폐수 처리 및 오염 가스처리 등에 이용할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 이 광대역의 충격전자기파를 이용하면 계측 장비나 PCB 기판의 오동작의 시험 장비로 활용하여 EMI영향 평가를 위한 장치로 활용 할수가 있다.

2. 본 론

2.1 시스템 개념

임펄스 전자기파 발생장치의 전체 시스템 개념은 그림 1과 같다. μ_s 펄스 발생기에서 발생시킨 펄스를 펄스트랜스를 거쳐 250kV 정도의 증폭을 시켜서 펄스 성형선로인 blumlein에서 펄스를 압축 하고 펄스의 기립시간을 300ps 이내로 아주 빠른 펄스를 발생시킨다. 그런 다음 펄스 전송선로를 통하여 안테나로 보내면 광대역

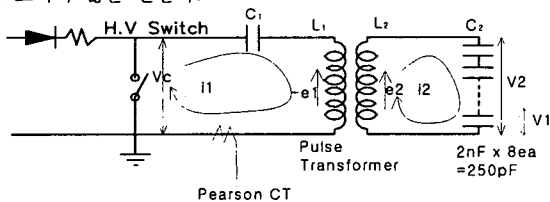


〈그림 1〉 전체 시스템의 개념도

의 전자기파가 대기중으로 방사된다. 안테나는 광대역에서 널리 쓰이는 TEM(Transverse Electro magnetic) Horn 안테나를 사용하였다.

2.2 μ_s 펄스 발생기

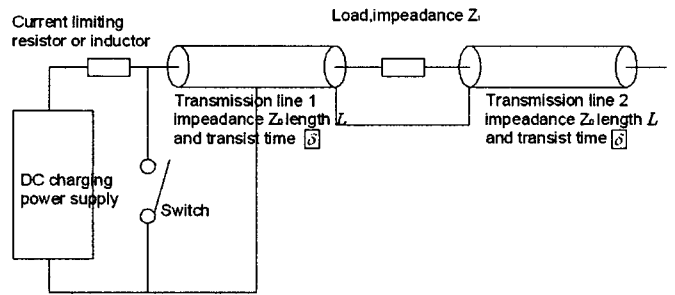
펄스 발생기는 일반적으로 널리 사용되는 그림 2와 같은 회로를 사용하여 제작 하였다. 커패시터 C_1 에 DC를 충전하여 H.V switch를 ON하면 펄스트랜스 출력측에 고전압 펄스가 유기 된다. 이때 발생된 펄스 전압의 크기는 부하커패시턴스 C_2 의 값에 의해 펄스 전압의 크기가 많은 변한다.



〈그림 2〉 μ_s 펄스 발생기

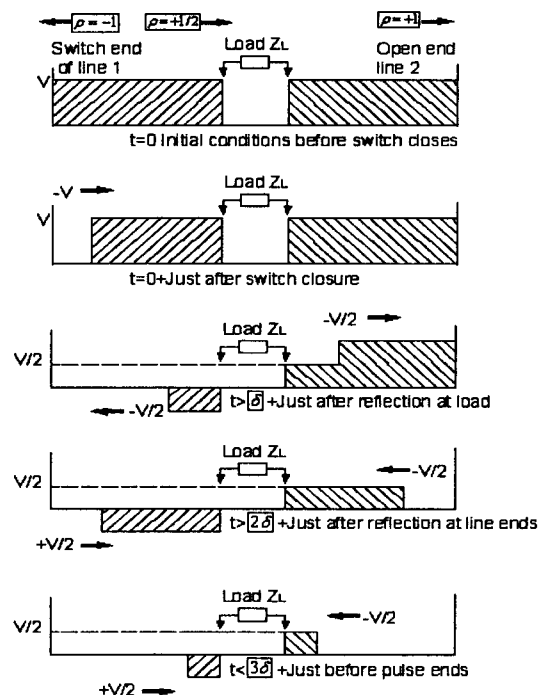
2.3 펄스 성형 회로(Blumlein)

고전압 펄스를 압축하고 증폭하는 펄스 성형선로(pulse forming line:PFL)는 그림 3과 같은 두 개의 동축케이블을 사용하여 임피던스 50 Ω 의 계열에서 충전전압과 같은 전압을 얻을수 있는 있는 펄스 성형선로의 원리를 이용할수가 있다



〈그림 3〉 Double PFL기본적인 개념도

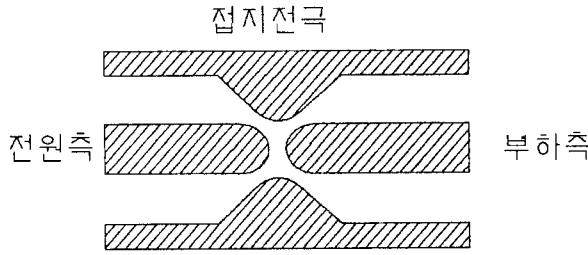
이 펄스 성형 회로를 blumlein이라고 한다. 다음 그림 4는 그림 3의 회로에서 스위치가 닫힐때의 시간변화에 대한 펄스의 이동과 전압의 분배에 대해서 그림으로 설명을 한 것이다. 그림에서 처음 스위치가 닫히면 좌측에 충전된 전압이 0으로 떨어지면서 우측으로 이동하는것 처럼 표현되고, 부하측에서 반사되어 극성이 반전되고, 우측의 충전된 전압은 부하의 임피던스에 의해 전압이 V/2를 유지하면서 우측으로 진행하여 선로의 끝부분에서 반사되어 부하측으로 이동한다. 이런 과정에 의해전압은 (+V/2)+(-V/2)되어 전체적으로는 전압의 절대치 V가 되면서 펄스가 압축이 된다. 이때의 펄스의 폭은 $\frac{2L}{v}$ 가 된다.



〈그림 4〉 스위치가 동작후 펄스 파형의 변화 되는 모양

2.4 Ultra Fast Gap Switch 와 Peaking Gap Switch

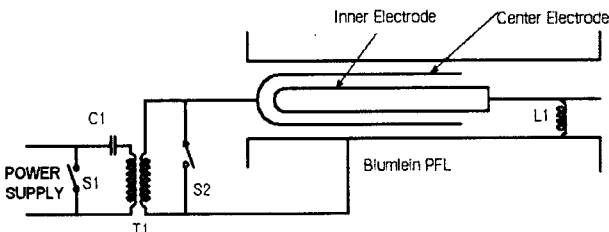
메인 스위치인 ultra fast switch는 고압력의 갭 스위치로 제작하였으며, peaking gap switch는 저인덕턴스의 구조로 하기 위해서 접지부분을 볼록하게 요철을 주어 아크가 진행될때 동축의 형상을 유지하면서 인덕턴스를 줄이는 형상으로 그림 5와 같은 구조로 제작 되었다.



<그림 5> peaking gap switch 구조

2.5 임펄스 전자기파 발생기의 동작 원리

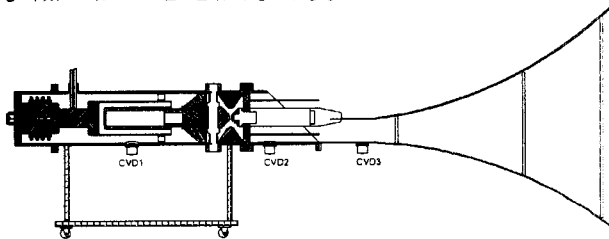
임펄스 전자기파 발생장치의 원리는 그림 6과 같다. 직류 고전압을 그림 6의 C1에 충전하여 스위치 S1을 닫으면 blumlein의 전극에 전압이 충전되면서 스위치 S2가 자가 방전을 한다. 이때 전압 파형은 그림 4의 원리와 같이 파형이 형성된다. 또한 Blumlein의 전극 길이를 변화시켜서 원하는 펄스폭을 가진 파형을 만들수 있다.



<그림 6> 펄스 성형 실험 장치의 원리도

2.6 임펄스 전자기파 발생기의 제작

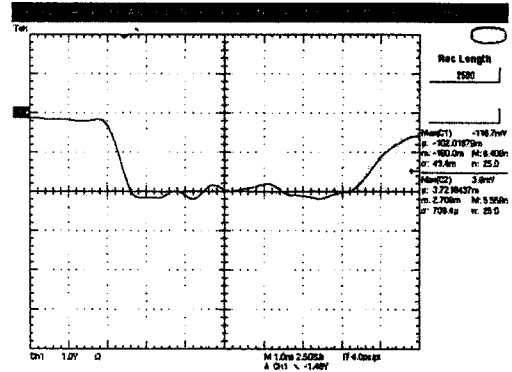
본 연구에서 제작한 임펄스 전자기파 발생기의 구조는 그림 7과 같다. 구조를 살펴 보면 μ_0 의 느린 펄스파형의 인입부, 메인 스위치, blumlein의 이중 전극, peaking gap switch로 구성 되어 있으며, 안테나와의 연결을 위한 전송선로가 있다. Blumlein의 내부는 절연을 위해 변압기 절연유를 주입 하였고, 메인 스위치와 피킹갭 스위치는 질소 가스를 사용하였다. 또한 blumlein과 안테나의 임피던스 매칭을 위해 전송선로 부분을 45도인 대각선으로 가공 하였다. 안테나는 그림에서 보는바와 같이 TEM horn안테나를 제작하여 사용하였으며, CVD는 전압파형 측정용 센서이다.



<그림 7> 임펄스 전자기파 발생기의 전체 구조

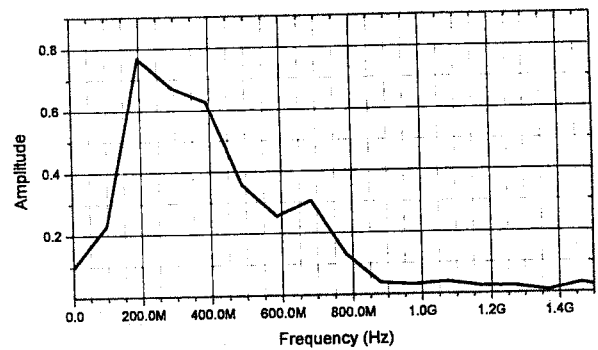
2.7 실험 결과

그림 8은 그림 7의 CVD3에서 측정된 전압파형을 보여주고 있다. 즉 blumlein에서 발생된 전압 파형이 안테나에 인가 되었을때의 파형이다. 이때의 실험 조건은 다음과 같다. 그림 2의 회로에서 커패시터 C1에 DC 25kV를 충전하여서 HV switch인 싸라트론을 트리거 시키면 펄스트랜스 2차 고압측에 250kV의 펄스가 발생하였다. 이 전압 파형을 blumlein에 충전하여 펄스가 성형, 압축된 전압 파형을 살펴보면 펄스폭 7ns, 펄스의 기립시간 300ps이며 이때 전압은 250kV 이었다. 이 전압 파형을 impedance 50Ω인 TEM horn 안테나로 보내어 공간에 방사시키면 강한 전계가 방출된다. 즉 blumlein에 충전되었던 에너지가 안테나를 통하여 전자파로 방사된다. 안테나에서 방사되는 에너지는 안테나의 임피던스와 방사되는 전압 관계에서 결정이 되는데, 출력은 약 1.1GW로 추정된다. 이때의 실험 장치의 조건은 다음과 같았다. 메인 스위치의 조건은 전극 간격 5mm, 질소가스압력 60기압 이었고, peaking gap switch는 전극 간격 1mm, 질소가스 압력 20기압 이었다.



<그림 8> 펄스 성형된 전압 파형

그림 9는 공간에 방출된 전계를 측정하여 그 파형을 FFT한 그래프이다. 이 그래프에서 보면 주파수 영역이 50MHz ~ 800MHz 까지의 주파수가 분포되어 있는것을 알수가 있다.



<그림 9> 안테나에서 측정된 전계 파형의 FFT

3. 결 론

본 연구는 고전압 250KV 펄스의 기립시간 300ps 펄스폭 7ns(펄스폭 가변 가능), 직각과 발생 분야에서 우리나라에서는 처음으로 연구가 진행되었으며, 이 장치는 EMI 분야 또는 산업이나 식품, 국방 분야에 이용이 가능하다. 향후 안테나의 전송기술을 더욱 연구하고 안테나의 방사 효율을 높이고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] Vladimir P. Gubanov, Sergei D. Korovin, Igor V. Pegel, Albert M. Roitman, Vladislav V. Rostov, and Aleksei S. Stepanenko, "Compact 1000 PPS High-Voltage Nanosecond Pulse Generator", IEEE Transaction on Plasma Science, Vol. 25, No. 2, Apr 1997, pp 258-265
- [2] R. S. Clark, L. F. Rinehart, M. T. Buttram, and J. F. Aurand, "An Overview of Sandia National Laboratories' Plasma Switched, Gigawatt, Ultra-Wideband Impulse Transmitter Program", Ultra-Wideband, Short-Pulse Electromagnetics, 1993, pp 93-98
- [3] J. Zhang, J. Dickens, M. Giesselmann, J. Kim, E. Kristiansen, J. Mankowski, D. Garcia, M. Kristiansen, "The Design of a Compact Pulse Transformer", 12th IEEE Int'l Pulsed Power Conference, Jun 1999, Vol. 2, pp 704-707
- [4] K.W. Struve, "Design, Calibration, and Performance of Water Diagnostics on the PFBA Z", Proc. IEEE, 1977, pp 1303-1308
- [5] W.D. Prather, et.al, "Ultra Wide Band Source and Antenna Research", IEEE-Plasma Sci. vol.28.No.5.2000, pp 1624-1630