

자기정합 선로형 펄스 발생기에 관한 연구

백 용현, 손 재훈*

인하대학교 공과대학 전기공학과

A STUDY ON THE SELF-MATCHED LINE PULSE GENERATOR

Yong-Hyun Paek, Jae-Hoon Sohn

Dept. of Electrical Engineering, Inha University

Abstract

This paper presents the self-matched line pulse generator and the concerned principles on its operation and characteristics are mentioned. The circuit consists of a charged transmission line and a high speed switch, and it generates a square wave pulse with the very fast rise time. The generated waveform depends on the load resistance. As the load resistance is infinite, a single rectangular wave pulse is generated and its efficiency is nearly unity.

1. 서론

초고압, 대전력 송전용 케이블의 사용이 두드러진 최근의 산업사회에서, 보다 적은 전류와 보다 빠른 스위칭 그리고 오버슈우트가 대단히 적은 펄스 회로의 구성과 이에 대한 이론은 대전력 전송시 빈번히 발생되는 써지현상에 대한 연구, 뇌써지의 방지대책 및 이의 해석에 대한 기초자료로 이용되고 있다. 급상승 시간을 가지며 유지시간이 대단히 짧은 고전압의 펄스는 방전현상의 해석을 위한 실험적 연구용 전원으로도 유용하게 사용할 수 있다. 선로형 펄스 발생기는 구조가 간단하고, 고전압의 발생이 가능하며 급상승 시간을 얻을 수 있으므로 최근 연구의 관심분야로 대두되고 있다. 따

라서 본 연구에서는 급상승 직각파 고전압 펄스 발생기를 실현시키기 위해 동축 케이블을 사용하여 동축 케이블의 특성 임피던스와 같은 크기의 저항으로 단말처리한 선로형 펄스 발생기에 대하여 이론적으로 검토하고 실험적 연구를 수행한다.

2. 이론

그림 1은 자기 정합 선로형 펄스 발생기의 회로를 나타내며, 동축 케이블과 고속 스위치, 출력단 임피던스(Z_1)와 정합용 저항(R) 등으로 구성되어 있다. 동축케이블은 충전저항 R_c 를 통하여 $-V_0[V]$ 의 전압으로 충전된다. 이때 스위치 S_1, S_2 가 동시에 투입되게 되면, 케이블의 양단에는 케이블을 향하는 진행파가 발생하게 되므로 출력단 임피던스(Z_1)과 정합용 저항(R)의 단차에 의한 전압이 유기된다. 이때 누설 전류와 충전전류는 대단히 작으므로 이들 전압의 파형에는 거의 영향을 미치지 못한다.

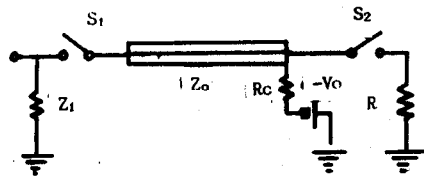


그림 1. 자기정합선로형 펄스발생기 등가회로

Z_1 : 출력단 임피던스

Z_0 : 동축케이블의 특성 임피던스

R : 종단 정합 저항

$t = 0$ 에서 스위치 S_1, S_2 가 매우 짧은 시간에 순간적으로 닫히면 펄스 발생기의 출력측에 나타나는 전압은,

$$V_1 = \frac{Z_1}{Z_0 + Z_1} V_0 \quad (1)$$

이 되며, 종단 정합 저항의 양단에 걸리는 전압은,

$$V_2 = \frac{R}{Z_0 + R} V_0 \quad (2)$$

로 표현된다. 이때 회로정수 R, Z_1 및 동축 케이블의 특성 임피던스 Z_0 의 값에 따라 다중반사가 일어나게 되며, 출력전압의 파형은 대단히 복잡한 모양을 가지게 된다. 본 연구에서는 $R = Z_0, Z_1 = 3Z_0$ 임의의 값으로 하여 출력전압의 파형의 결정을 주 관심분야로 취급한다. 케이블의 특성 임피던스와 같은 저항으로 한쪽 끝이 정합된 경우, 펄스 발생기의 출력전압은

$$V_1 \approx \frac{Z_1}{Z_0 + Z_1} V_0 \{u(t) - u(t-\tau)\} \quad (3)$$

정합용 저항 R 의 단자 전압은,

$$V_2 \approx \frac{1}{2} V_0 \{u(t)\} - \frac{Z_0}{Z_0 + Z_1} V_0 \{u(t-\tau)\} - \frac{Z_0}{Z_0 + R} V_0 \left\{ \frac{Z_1 - Z_0}{Z_1 + Z_0} \right\} \{u(t-2\tau)\} \quad (4)$$

로 표현되며, τ 는 l/v (동축선 길이/진행파 속도) 로 동축 선로상에서 진행파의 진전 시간이다.

$R = Z_0, Z_1 = 3Z_0$ 일 경우,

$$V_1 = (3/4) \cdot V_0 \{u(t) - u(t - \tau)\} \quad (5)$$

$$V_2 = (1/2) \cdot V_0 \cdot u(t) - (1/4) \cdot V_0 \{u(t-\tau) + u(t-2\tau)\} \quad (6)$$

가 되어, 그림 2와 같다.

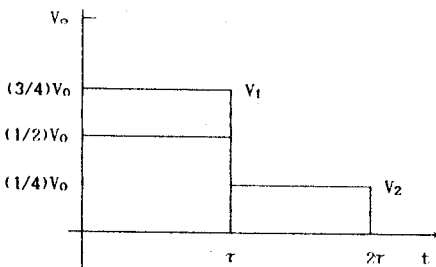


그림 2. 동축케이블 양단의 전압($R=Z_0, Z_1=3Z_0$ 인 경우)

3. 실험 및 고찰

그림 3과 같이 수은 릴레이를 사용하여 실험할 때, 스위치가 개방 되어있는 초기에는 동축 송전선이 공급전압에 이를때까지 충전된다. 송전선은 충전전하를 저장하는 커패시터와 같은 기능을 가지므로, 충전선을 출력부하측으로 연결하는 스위치가 닫힐때, 충전선 속에 저장된 에너지가 부하저항 속으로 흐르기 시작한다. 전류의 흐름은 "써지" 혹은 충전선의 특성 임피던스에 의한 제한을 고려할 수 있다. 선로의 본포 특성때문에 초기에는 에너지가 스위치에 인접한 우측부터 흐른다. 방전 전류파가 선로를 방전시키면서 좌측으로 파급되어 선로 말단부에 도착하면, 충전저항이 선로의 특성 임피던스 보다 충분히 큰 개회로와 만나게되어 전류파가 우측으로 재반사된다. 재반사된 파에의해 파의 상쇄가 발생하며 선로의 우측 말단부에서는 출력펄스가 끝나게 된다. 출력 펄스의 지속시간은 선로의 전달 지연시간의 2배가 된다.

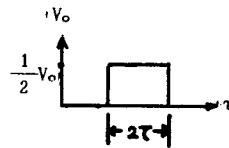
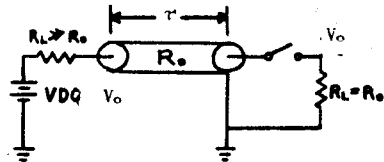


그림 3. 수은 릴레이를 사용한 직각파 발생기

동축 케이블 (RG-58 A/U, 특성 임피던스 50[Ω], 길이 41.15 [m]) 와, Mercury-wetted relay, UPM-14112Y 를 사용하여 그림 4와 같은결과를 얻었다. 직류 임펄스는 28 [VDC] 로 하였다.

그림 5 는 동축 송전선의 특성 임피던스와 같은 값의

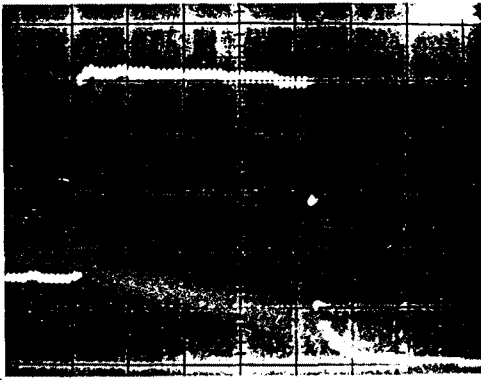


그림 4. 그림 3 에 의해 발생된 직각파 펄스
(2 [V/div], 0.1 [μ s/div])

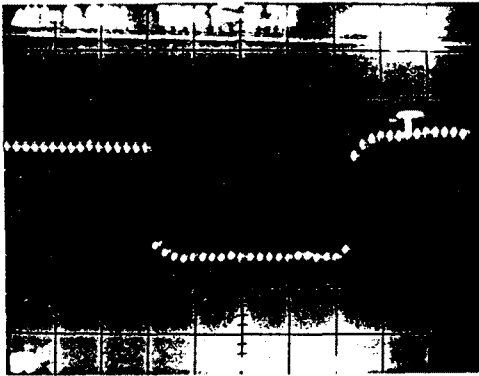


그림 5. V_1 측정의 결과
(5 [V/div], 50 [ns/div])

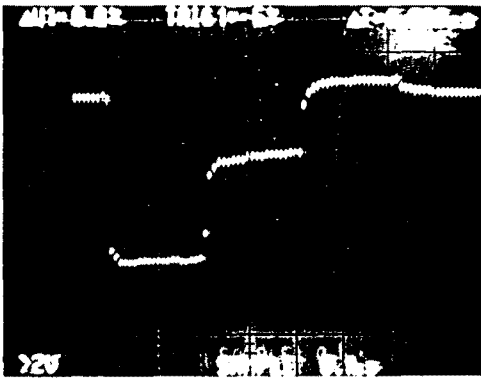


그림 6. V_2 측정의 결과
(2 [V/div], 0.1 [μ s/div])

저항으로 선로의 말단부를 정합시킨 경우에 펄스 발생기 측에 나타나는 출력 전압인 V_1 측정의 결과이다. 28 [VDC], $R_c=470[\text{K}\Omega]$, $Z_1=\infty$, $R=Z_0=50[\Omega]$ 로 하였다.

그림 6은 정합용 저항 R의 단자전압 V_2 를 측정 한 결과이다. 28 [VDC], $R_c=470[\text{K}\Omega]$, $Z_1=150[\Omega]$, $R=Z_0=50[\Omega]$ 로 하였다.

그림 5와 그림 6은 스위치를 사이리스터(High speed SCR C158, 정격 : 1.2[kV], 110 [A] RMS)로 하여 얻은 결과이다.

4. 결론

본 실험에서는 오버슈우트와 시간지연을 개선하기 위하여 상승시간이 보다 짧은 사이리스터(최대상승 시간이 100[ns])를 사용하고 인덕턴스를 줄이기 위해 발생기 회로를 그 길이가 최대한 짧게 되도록 구성하였다.

자기 정합 선로형 펄스 발생기는 제작이 용이하고 출력 파형을 예측하기 쉬운 장점이 있으나, 앞에서 기술한 식들이 수 퍼센트 이내의 오차를 갖는 경우에, 대해서만 신뢰성이 있다는 결함이 있다. 따라서 본 실험에서의 파형과 진폭은 이상적인 직각파 펄스와는 약간의 차이가 있었다. 이러한 결함의 원인으로는 충전선 내에서의 표피 효과에 의한 손실과 스위치 자체 내에 존재하는 리액턴스를 들 수 있다. 펄스의 지속시간은 사용되는 동축케이블의 실제길이에 따라 정해진다. 진폭은 공급전압을 변화 시킴으로써 조정 가능하다. 본 펄스 발생기의 용도는 펄스의 진폭 측정 과 전자기 간섭 측정 및 뇌찌지에 대한 대책등 다양한 분야에 응용이 가능하다.

참고 문헌

- 1) Edmund K.Miller; "Time-Domain Measurements in Electromagnetics", Published by Van Nostrand Reinhold Company Inc. pp.95-111, 1986.

- 2) 山崎弘郎 외 ; "電子回路の ノイズ技術"
pp.168-172, .1985
- 3) H. Yamada and T. Sato; "High Speed Electro-
OPTical Measurement of Pre-Breakdown Current
in Dielectric Liquids", IEEE Trans. Electrical
Insulation, EI-20, pp.261-267, 1985
- 4) Fruengel ; "HighSpeed Technology Academic", N.Y.
Vol.1, pp.235, 1965
- 5) R. K. Moore ; " Traveling Wave Engineering ",
McGraw-Hill Book Co, New York, pp.99, 1960