

Blumlein 회로로 구성된 단방향 구형파 펄스 발생기

김정달, 장기혁, 주성철, 정장근, 이덕진, 이용길<sup>†</sup>  
 경남대학교, <sup>†</sup>동의공업전문대학

Directonal Square Pulse Generator construct for Blumlein lain

Kim jung-dal, Chang gi-hyuk, Joo sung-chul, Jung jang-gun, Lee duck-jin, Lee yong-gil<sup>†</sup>  
 KyungNam UNIV., <sup>†</sup>Donguei coll.

**Abstract** - We are going to design the Square Pulse Generator use of PCPS (Photo-Conductive Power Switch) for Blumlein lain. The circuit is made of LC device and it is simulated by Schematics Evaluation Version 8.0 of MicroSim. After charged by DC voltage 15 [kV]. When the switch is ON, Square pulse is generated after pause time 1.7857[μs]. The square pulse is maximum peak voltage 13.987 [kV], pulsed width 3.4017[μs], rising time 0.7474[μs], falling time 1.1718[μs].

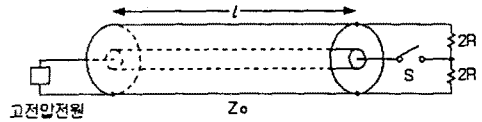


Fig 1. 펄스 형성 단일선로

1. 서 론

펄스 파워는 고속, 고전압, 대전류의 대전력 펄스 기술이며, 전기에너지를 단시간에 방출시킴으로써 정상적으로 실현할 수 없는 극한 상태를 용이하게 실현할 수 있는 제 3의 전력기술이다.<sup>(1)-(3)</sup>

펄스 파워의 연구는 1940년대에 고밀도 플라즈마를 발생시키기 위한 연구에서 시작해, 1970년대에 이르러 본격적인 공학으로 체계화되기 시작했다. 최근에 이러한 대전력 펄스를 산업에 적용하기 위한 관심이 매우 깊어졌으나 아직도 많은 미개척분야로 남아 있을뿐 아니라, 그 응용범위 역시 매우 광범위하다고 할 수 있다.<sup>(4)-(6)</sup>

현재 국외에서는 상당한 기술력과 산업화의 응용이 개발되고 있는 반면, 국내에서는 아직도 기초적인 연구단계 수준이며, 더욱이 관심조차 모자란 실정이다.

본 논문에서는 광전도전력스위치 (Photo-Conductive Power Switch : PCPS) 연구에 필요한 펄스 전원을 제작하고자 펄스 형성 기술 중에서 효율이 높은 Blumlein 선로를 이용하여 구형파 펄스 발생기(15 [kV], 3.2[μs], 1[MW])를 설계하는데 목적을 둔다.

2. 본 론

2.1 펄스 형성 회로

펄스 형성 회로 (Pulse Forming Line : PFL)의 전형적인 회로와 회로의 동작원리, 출력 전압파형에 대하여 설명 하고자 한다. Fig. 1은 분포정수회로를 사용한 것으로 스위치 S는 주로 방전 갭 스위치가 이용되어 지고 있다. Fig. 2는 시간 진행에 따라 선로를 따라 움직이는 전압파이다. Fig. 3의 출력 전압파형에서 볼 수 있듯이 전압의 크기는 충전전압  $V_0$ 의 절반이 되고 펄스 폭은  $2l/v$ 가 된다. 여기서  $v = 1/\sqrt{\mu\epsilon}$ 이기 때문에, 펄스 폭을 조절하기 위해서는  $l$ 과  $\epsilon$ 을 조절하면 되는 것이다.

Blumlein 선로로 구성하는 펄스 형성 회로의 전형적인 회로와 회로의 동작원리 및 출력 전압파형을 Fig. 4~6에 나타내었다. 이것은 동축 형성선로의 경우이며,

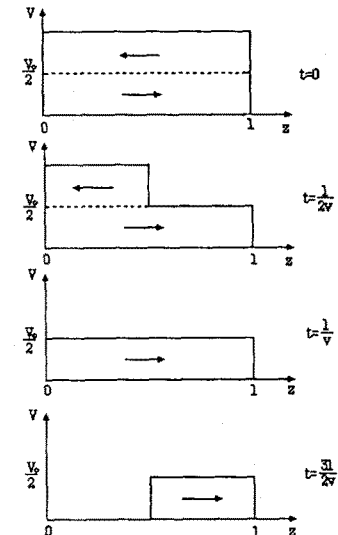


Fig 2. 단일선로에 의한 전압파

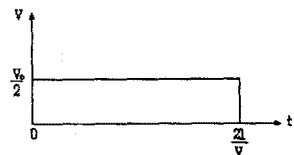


Fig 3. 단일선로 출력 전압파형

c~a간의 인덕터는 완만하게 변화하는 전압파형에 대해 단락으로 보이기 때문에 충전기간 중 c는 a와 동전위로 되어 b를 고전압으로 충전시킨다(Fig. 4). 출력이  $l/v$  휴지시간 후, 충전전압  $V_0$ 와 같은 크기의 전압과 펄스 폭  $2l/v$ 의 구형파 펄스가 나옴을 알 수 있다(Fig. 6). 선로로 구성된 Blumlein 회로이기 때문에 마찬가지로  $l$ 과  $\epsilon$ 을 변화시키면 펄스의 폭을 변화시킬 수 있다. 단일선로와 비교하였을 때 전체적인 선로의 길이는 2배로 길어졌지만, 출력 전압이 2배로 될을 알 수 있다.

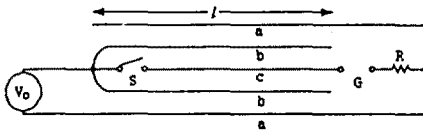


Fig. 4. Blumlein 선로

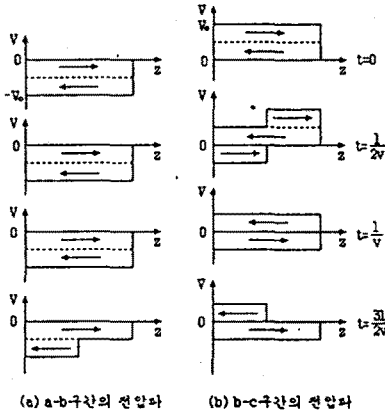


Fig. 5. Blumlein 선로에 의한 전압파

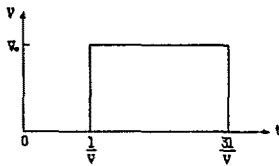


Fig. 6. Blumlein 선로 출력전압파형

Fig. 5는 시간의 흐름에 따라 변화하는 전압파이다. 각 구간의 충전 전압의 극성이 다르고 진행 시간에 따라 각 구간의 전압파가 같은 극성의 같은 방향으로 진행함을 볼 수 있다. 즉, 양 구간의 출력 전압파가 합쳐져서 Fig. 6과 같은 전압파형이 나오는 것이다.

### 2.2 기본 수식

Blumlein 선로를 등가회로로 구성하면 Fig 7과 같이 된다. LC를 한 단으로 하여 단수 n과 콘덴서 C의 값을 조정함에 따라 출력 파형의 펄스폭을 조절할 수 있다. 콘덴서와 리액턴스의 값을 구해내기 위해서는  $n = \text{한 라인의 LC단수}$ ,  $T = \text{전체 펄스 폭}$ ,  $R_L = \text{출력단 임피던스가 기본적으로 주어져야 한다}$ .

Blumlein 선로는 대칭구조의 선로를 이용한 것이기 때문에 한 부분에서의 전달시간  $t_0$ 는

$$t_0 = n\sqrt{LC} \quad 2.1$$

이 되고, 전체 전달시간 T는

$$T = 2t_0 = 2n\sqrt{LC} \quad 2.2$$

이 된다.

출력단 임피던스는

$$R_L = 2Z_0 = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad 2.3$$

상승시간(rising time)는

$$t_r = \frac{\pi\sqrt{LC}}{4} \quad 2.4$$

이 된다. 이 식들을 이용하여 C와 L의 값을 결정할 수 있다.

$$C = \frac{T}{nR_L} \quad 2.5$$

$$L = \frac{TR_L}{4n} \quad 2.6$$

Table 1.. 사용할 소자

	값	갯수	비고
콘덴서	2000[pf]	16	Murata 202A
리액턴스	20[μH]	16	제작
부하단 저항	200[Ω]	1	무유도 저항
스위치	15[kV]	1	EG&G HY-60

### 2.3 각 소자의 설정

제작을 빨리 그리고 간단히 하기 위해서는 콘덴서를 결정하는 것이 중요하다. 고압의 콘덴서를 새로 만드는 것은 비용이 많이 들기 때문에 현재 유통되고 있는 것으로 결정하였다.

결정된 콘덴서 값(2000[pf])과 얻고자 하는 펄스 폭 T와 출력단 임피던스  $R_L$ 을 식 2.5에 대입하면 단수 n을 구할 수 있고, 다시 2.6을 풀면 리액턴스 L을 구할 수 있다.

얻고자 하는 펄스폭이 3.2[μs]이고 출력단 임피던스  $R_L$ 을 200[Ω]으로 정하면 Table 1과 같이 각 소자의 값을 얻을 수 있다.

### 2.4 Simulation

앞에서 계산되었던 값을 가지고 Fig. 7과 같이 회로를 구성하여 MicroSim사의 Schematics Evaluation Version 8.0을 가지고 simulation을 하여 보았다.

수식해석과는 달리 충전 전압 입력부에 저항(Fig. 7의 R1, R2, R3)이 없으면 Simulation이 되지 않고, 이 저항값에 의해서 출력 전압파형이 많이 변함을 알 수 있었다. 이 저항들은 콘덴서 충전시의 작용보다도 스위치 ON시에 출력 전압파형의 상부 모양을 바꿀 수 있었다.

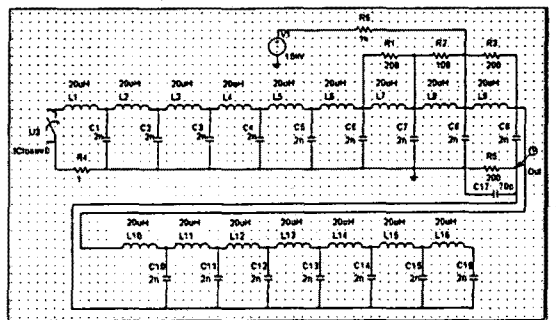


Fig. 7. 설계된 회로 구성도

Fig. 8에 저항 변화에 따른 파동의 모양 변화에 대해 나타내었다. 위 3개는 동일한 저항 값으로 값을 변화함에 따라 변하는 파형이고, 아래 3개는 R1, R2, R3값을 200[Ω]에 두고, 한 개씩만 100[Ω]으로 두었을 때

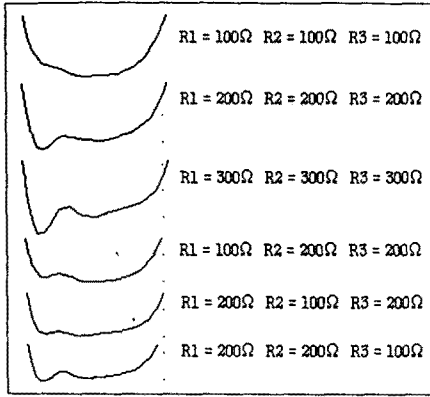


Fig. 8 R1, R2, R3에 의한 파형의 변화

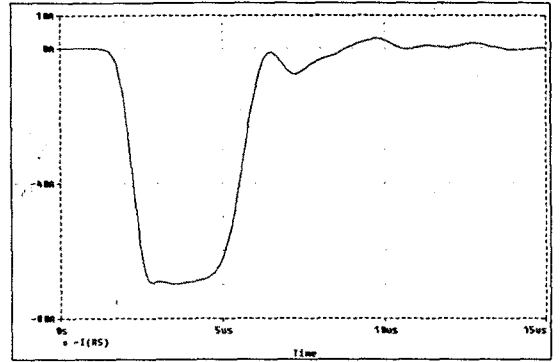


Fig. 10. Simulation 출력 전류파형

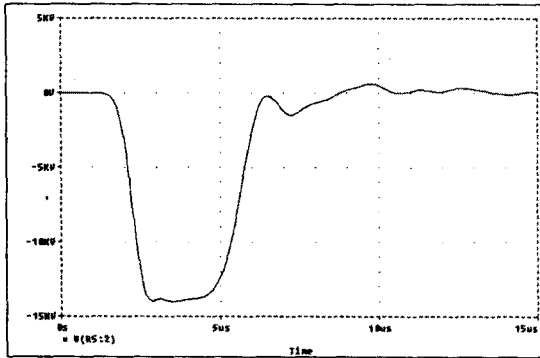


Fig. 9. Simulation 출력 전압파형

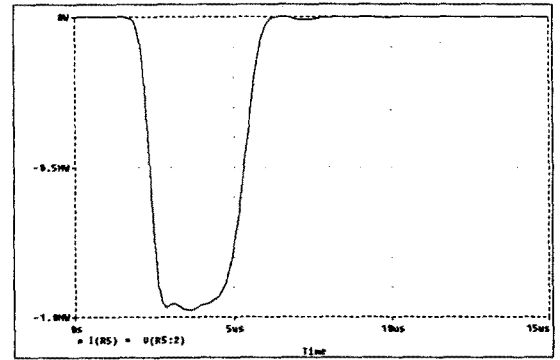


Fig. 11. Simulation 출력 전력파형

의 파형이다. 이 결과  $R1 = 200(\Omega)$ ,  $R2 = 100(\Omega)$ ,  $R3 = 200(\Omega)$ 으로 두었을 때 좋은 모양의 파형이 나옴을 알 수 있었다.

### 3. Simulation 결과

MicroSim사의 Schematics Evaluation Version 8.0으로 Simulation한 결과 Fig. 9와 같은 파형을 얻을 수 있었다. 회로 충전 전압을 15[kV]로 주었을 때 출력 전압 파형은 최대 peak값 13.987[kV], 펄스폭 3.4017[ $\mu$ s], 스위치 ON이후 휴지시간 1.7857[ $\mu$ s], 상승시간 0.7474[ $\mu$ s], 하강시간 1.1718[ $\mu$ s], 파두 지속 시간 2.4255[ $\mu$ s]의 값을 가지고 있다.

Simulation 결과가 구하고자한 계산치(출력 전압 15[kV], 펄스폭 3.2[ $\mu$ s])와 매우 유사함을 볼 수 있다. 출력전압이 충전전압의 93%가 되고, 펄스 폭 오차는 0.2017[ $\mu$ s]가 되는 것이다. 이러한 것은 회로 충전 입력부에 설치한 저항 때문이라고 생각되어진다.

Fig. 10과 Fig 11은 전류와 순간 전력의 파형을 나타내었다. 전체적인 파형의 모양은 전압 출력 파형과 매우 유사하다. 이때 최대 전류는 약 70[A]정도가 되고, 전력은 980[kW]가 된다. 그리고 출력 전류 파형의 펄스 폭이 전압 파형보다 조금 적음을 볼 수 있었다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 PCPS 연구에 사용할 수 있는 고전압 펄스 발생기를 설계하였다. Blumlein 선로의 원리를 이용하여 전송선로를 등가회로로 구성하였다. 소자를 사

용하므로써 발생기 크기를 작게 할 수 있고, 그에 따라 이동과 설치가 매우 간편하다고 생각되어진다.

설계에서 얻은 값과 Simulation 결과 값이 매우 유사하여 만족할 만한 결과를 얻었다. 충전부에 L과 병렬로 투입되어야 하는 저항에 대하여서는 더욱 생각해 보아야 될 문제이며, 이 저항의 변화에 의해서 좀더 나은 출력을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 原雅則, 秋山秀典, 高電壓・パルスパワー工学, 森北出版株式会社, 1991.
- [2] 이덕출, 황명환, 고전압 플라즈마 공학, 동일출판사, pp.156~168, 1997.
- [3] 김복권, "磁氣 펄스 發生裝置의 效率 向上에 관한 研究", 경남대학교 대학원 박사학위 논문, 1996.
- [4] 이형호 외3명, "고출력 고속펄스파워의 이용 기술에 대한 고찰", 전기학회 방전·고전압연구회, OA-1, pp.7-11, 1997.5.30
- [5] 이형호, 김영배, "고전압·대전류 pulsed power의 이용 기술", 전기학회 하계학술대회, DHO 14, pp.1678-1680, 1997.7.22
- [6] Frank B.A Frungel, "High Speed Pulse Technology", Vol I~IV, Academic Press, 1965.
- [7] 권순걸, 서기영, Pspice를 이용한 전력전자 회로해석, 경남대학교 출판부, 1997