

소형트랜스의 Cascading 방식을 적용한 임펄스 출력특성

정종한*, 김희영, 홍정환, 박구열, 김희제, 조정수
부산대학교 전기공학과

The Impulse Output Characteristics using Cascading Method of Compact Transformer

Jong-Han Joung*, Whi-Young Kim**, Jung-Hwan Hong, Koo-Ryul Park, Hee-Je Kim, Jung-Soo Cho
Pusan National Univ., Dong-Joo College**

Abstract - The pulse power system has been widely used to many applications, such as E/P(Electrostatic Precipitator), DeNOx/DeSOx power system, ozon generator, etc. A pulse energy efficiency for load depend on the rising time, peak value, pulse duration, impedance matching, etc. The pulse generator generally required for short pulse duration, high peak value was forced to consider its size and economy. In this study, developing a compact pulse generator that applied for Cascading method to be made of two pulse transformer, we compared cascading voltage with no cascading one by applying the pulse energy to load.

1. 서 론

전자에너지를 시·공간적으로 압축시켜 순간적으로 대전력을 얻을 수 있는 급준 임펄스는 매우 널리 응용되어 사용되고 있다.^[1-2] 현재 환경분야에 사용되는 대표적인 응용으로서 분진(Dust)을 제거하기 위한 전기집진기(Electrostatic Precipitator)^[6-7], 펄스코로나(Pulse Corona) 방전을 이용한 플랜트의 배연가스를 제거하기 위한 탈황/탈질 전원시스템^[3-5], 폐수처리, X선 발생장치, 오존발생기, 레이저발생 전원 등에 사용되고 있으며, 더욱 실용적이고 경제적인 펄스발생장치를 이용하여 환경오염원을 해결하기 위해 많은 나라들의 관심이 고조되고 있다. 이에 여러가지의 방법들 중에서 방전을 이용한 환경오염원 처리를 위해서는 임펄스의 지속시간(pulse duration)이 충분히 짧고 빠른 상승률을 갖는 임펄스 전압을 발생시킬 수 있는 펄스발생장치(Pulse Generator)가 필요하다. 펄스발생장치 설계시 회로정수, 전력용스위치는 임펄스 특성을 직접적으로 결정하게 된다. 펄스발생장치는 출력에너지가 순간적으로 부하에 전달될 때 최소의 손실로 전류지속시간 동안 안정성을 갖고 전류차단시 소호특성이 우수한 전력용스위치가 요구된다. 펄스에너지 효율은 펄스 상승시간(rising time), 첨두치(peak value), 지속시간(pulse duration), 부하와의 임피던스 매칭(impedance matching) 등에 따라 민감하게 반응한다. 또한, 짧은 펄스지속시간과 높은 첨두치의 펄스에너지를 얻기 위해서는 펄스발생장치의 크기 및 경제성을 고려하지 않을 수 없다.

본 연구에서는 수 μ s의 펄스지속시간(pulse duration), 수 100ns의 상승시간(rising time) 및 수 10kV의 첨두값(peak value), 수 10 ~ 100회의 반복을 갖는 안정적인 임펄스 형성을 위해 소형 펄스트랜스 2개를 조합한 cascading 방식을 적용하여 컴팩트(compact)한 펄스발생장치(pulse generator)를 구성하였다. 부하에 직접 제작한 임펄스를 인가한 경우 cascading 이전과 이후의 첨두전압을 각각 측정하여 비

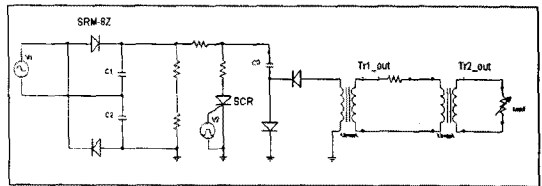
교 검토하였다. 본 연구의 결과는 소형장치로 수 μ s의 펄스지속시간 및 수 10kV의 첨두값을 필요로 하는 전원장치(power supply) 및 환경분야의 소형 배기가스 처리를 위한 전원장치 등에 적용한다면 효과가 있을 것으로 기대되며, 그 적용에 대한 연구는 차후에 진행하고자 한다.

2. 본 론

2.1 펄스발생회로

2.1.1 펄스발생기(Pulse Generator)

임펄스 발생회로는 그림 1과 같다. 2배압회로에 의해 커패시터(Capacitor)에 충전된 전압은 SCR(Sillicon Controlled Rectifier)에 의해 소형 1차 펄스트랜스($Tr1$)에 방전시키고 인덕터에 저장된 펄스에너지는 2차 펄스트랜스($Tr1$)에 전달시켜 부하에 에너지를 전달시킨다. $Tr1$ 의 권수비는 1 : 8이며, $Tr2$ 의 권수비는 1 : 4로 설계하여 최소 교류입력전압 30V에서 최대 180V까지 충전할 수 있도록 회로를 설계하여 구성하였다. $Tr1$ 과 $Tr2$ 는 그림 1과 같이 기존의 방식에 비해 새롭게 적용한 cascading 방식으로 회로를 구성하였으며, 부하는 권선저항을 사용하여 임펄스 파형을 관찰할 수 있도록 설계하였다.



[그림. 1] 펄스발생회로

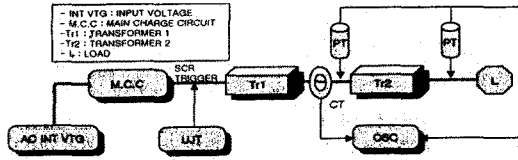
[Fig. 1] Pulse Generator Circuit

2.1.2 실험장치 구성도

그림 2는 실험장치의 구성도를 나타내었다. 그림 2와 같이 1차 펄스트랜스($Tr1$)의 출력과 2차 펄스트랜스($Tr2$)의 양단에 전압분배기(PT 1:1000) 및 전류변성기(모델명 : Pearson Currenter Monitor 4977, 1:100)를 사용하여 출력전압을 오실로스코프(모델명 : LeCroy 9310AM)를 이용하여 측정하였다. 그림 3과 같이 UJT를 이용하여 10 μ s 내에 커패시터(C3)에 충전된 에너지를 펄스트랜스에 전달하도록 회로정수를 결정하여 설계하였다.

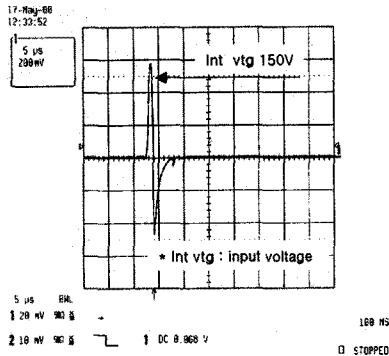
2.2 실험결과

2.2.1 부하저항 12k Ω 에 따른 펄스전압 특성

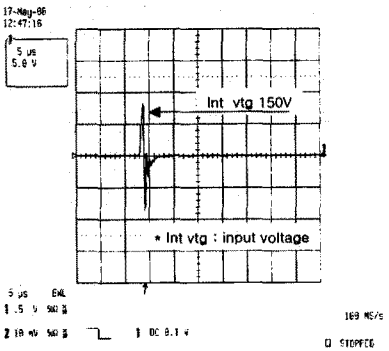


(그림. 2) 실험장치 구성도
(Fig. 2) Schematic of

그림 3, 4는 각각 입력전압 150V를 커패시터에 충전하여 부하저항 12k Ω 을 통해 방전시킨 경우 Tr1_out, Tr2_out의 펄스 전압파형을 나타낸다. 펄스상승시간은 300ns, 펄스폭은 2 μ s, 첨두전압은 Tr1_out인 경우 580V, Tr2_out인 경우 8kV값을 보인다. 저항을 통해 10 μ s 내에 방전시킨 경우 그림과 같이 정부의 첨두전압을 나타내며, 이는 임피던스 비매칭에 기인하는 것으로 생각되며 저항값을 조절하면 부펄스전압은 감소한다. 하지만, 실제로 저항대신에 방전전극(침대 침전극 혹은 평판대 평판전극)을 사용하여 실험한 경우와 유사한 조건을 위해 권선저항을 큰 값으로 설정하여 실험하였으며, 방전 전극사이에 나타나는 부펄스전압의 변화에 따른 기계전리효과를 차후에 연구하고자 한다. 그림 5는 입력전압을 60V에서 180V까지 증가시킨 경우의 Tr1_out 및 Tr2_out의 펄스출력전압의 상승률을 나타낸다.



(그림. 3) Tr1_out의 전압파형
(Fig. 3) Voltage waveform of Tr1_out

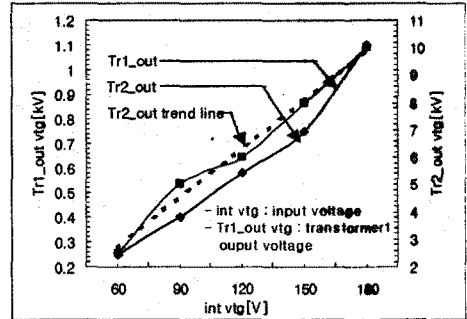


(그림. 4) Tr2_out의 전압파형
(Fig. 4) Voltage waveform of Tr2_out

그림 5는 Tr1_out 및 Tr2_out 출력전압 상승률을 나타낸 그림으로 인가전압에 따른 첨두 펄스전압의 변화는

선형성에 가까움을 볼 수 있으며, **포화상태에 도달하지 않은 것으로 입력전압이 증가한다면 펄스 출력전압 (Tr2_out : Cascading Voltage)의 상승여지가 충분히 가능함을 알 수 있다.**

소형트랜스의 결합계수(k)를 1로 가정한 경우의 이론치와 측정치의 비율에 대하여 실제전압으로 환산한 값을 표 1에 나타내었다.



(그림. 5) Tr1_out 및 Tr2_out 출력전압 상승률
(Fig. 5) Increment ratio of Tr1_out & Tr2_out Voltage

표. 1 Tr1_out 및 Tr2_out의 이론치와 측정치 비율
Table 1. Measured/Theoretical Value of Tr1_out & Tr2_out

Int vtg[V]	Tr1_out T.V[kV]	Tr2_out T.V[kV]	Tr1_out M/T[%]	Tr2_out M/T[%]
60	1.3	5.4	19	50
90	2	8	20	56
120	2.7	10	21	65
150	3.4	13	22	58
180	4	16	28	63

* T.V : Theoretical Value, M/T : Measured/Theoretical Value

표 1에서와 같이 Tr2_out M/T의 평균값은 결합계수 (k)를 1로 계산한 이론치의 58(%) 정도의 값을 가지므로, 펄스변압기 설계시 충분히 고려되어야 하는 값이다. 저압의 교류 입력전압을 인가하여 펄스상승시간 300ns, 펄스폭 2~5 μ s, 첨두전압 10(kV)이상의 cascading된 임펄스를 비교적 컴팩트(compact)한 소형 펄스발생기를 이용하여 얻을 수 있었다.

표. 2 Tr1_out M.V & Tr2_out M.V의 증가율
Table. 2 increment ratio of Tr1_out M.V & Tr2_out M.V

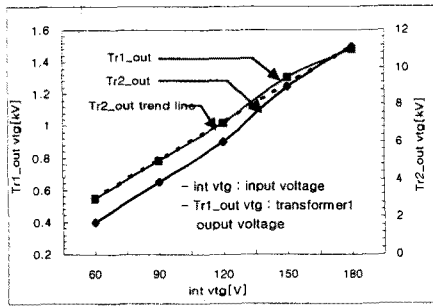
Int vtg[V]	Tr1_out M.V[kV]	Tr2_out M.V[kV]	increment ratio[%]
60	0.25	2.7	1100
90	0.4	4.5	1100
120	0.58	6.5	1100
150	0.75	7.5	1000
180	1.1	10	900

특이한 점은 동일한 권선비(α) 조건에서 Tr1의 2차측 권선수와 Tr2의 1차측 권선수에 따라 첨두치는 각기 다르게 나타났다. α 가 동일하더라도 Tr1의 2차측 권선수에 비해 Tr2의 1차측 권선수가 적을 경우에는 펄스 출력전압이 감소하는 현상을 나타내었다. 이는 Tr1의 2차

측과 Tr2의 1차측으로 구성되는 펄스변압기로 생각되므로 동일한 권수비(α)라도 펄스 출력전압이 변동하여 감소하게 된다. 그와 반대로 Tr2의 1차측 권선수를 Tr1의 2차측 권선수보다 증가시켜도 펄스 출력전압에는 거의 변동이 없다.

2.2.2 부하저항 24k Ω 에 따른 펄스전압 특성

그림 6은 입력전압을 60V에서 180V까지 증가시킨 경우의 Tr1_out 및 Tr2_out의 펄스 출력전압의 상승률을 나타낸다. 부하저항 12k Ω 의 Tr1_out 및 Tr2_out의 출력과 유사한 특성을 나타낸다.



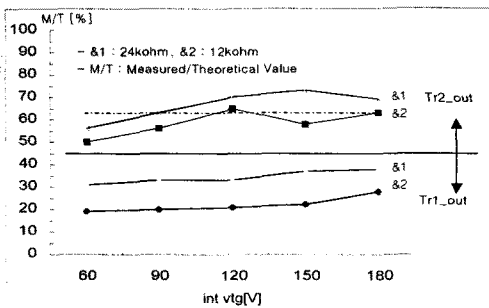
[그림. 6] Tr1_out 및 Tr2_out의 전압 상승률
[Fig. 6] Voltage increment ratio of Tr1_out & Tr2_out

표. 3 Tr1_out 및 Tr2_out의 이론치와 측정치 비율
Table 1. M/T of Tr1_out & Tr2_out

Int vtg[V]	Tr1_out T.V[kV]	Tr2_out T.V[kV]	Tr1_out M/T [%]	Tr2_out M/T [%]
60	1.3	5.4	31	56
90	2	8	33	63
120	2.7	10	33	70
150	3.4	13	37	73
180	4	16	38	69

* T.V : Theoretical Value.
M/T : Measured/Theoretical Value

그림 7은 부하저항에 따른 전압상승율을 나타내었다. 그림에서와 같이 Cascading 전압상승율은 평균적으로 66%이상으로 되었다.



[그림. 7] 부하저항에 따른 전압 상승율
[Fig. 7] Voltage increment ratio according to load resistor

3. 결 론

본 연구에서는 임펄스 형성을 위해 소형 펄스트랜스 2개를 조합한 cascading 방식을 적용하여 부하에 인가한 경우의 펄스 출력특성은 다음과 같다.

- 1) 기존의 펄스발생방식과 다른 cascading방식을 적용하여 부하에 cascading된 펄스전압을 인가한 결과 수 μ s의 펄스지속시간, 수 100ns의 상승시간 및 수 10kV의 첨두값(peak value), 수 10 ~ 100회의 반복을 갖는 안정적인 임펄스를 얻을 수 있었다.
- 2) 부하저항 12k Ω 및 24k Ω 에 임펄스를 인가한 경우 Tr2_out의 평균 전압상승율은 각각 이론치의 58%, 66[%]이상을 얻을 수 있었으며, 입력전압의 증가에 대하여 출력전압은 포화없이 선형적으로 증가하였다.
- 3) 소형 펄스발생기를 적용하여 교류입력전압 180V에서 cascading 전압 10kV 이상의 펄스 출력전압을 얻을 수 있었다.
- 4) 동일한 권수비 α (Tr1=1:8, Tr2=1:4)에서 Tr1_out의 2차권선수와 Tr2_out의 1차권선수를 다르게 한 경우 cascading 전압은 다르게 나타났으며, Tr2_out의 1차권선수를 적게 한 경우 펄스 출력전압은 같게 한 경우보다 낮게 나타났다.
- 5) Cascading 방식을 적용한 펄스발생기로 수 μ s의 펄스지속시간 및 수 10kV 이상의 첨두값을 필요로 하는 전원장치 및 환경분야의 소형배가스 처리를 위한 전원장치 등에 적용한다면 효과가 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 原雅則, 秋山 秀典, "高電壓 パルスパワー工学", 森北出版株式會社.
- [2] 小柴典居, "パルストランスと應用回路", 産報出版.
- [3] J. S. Chang and S. Masuda, "Mechanism of pulse corona induced plasma chemical process for the removal of NOx, SOx from combustion gases", presented at the IEEE Ind. Applicat.Soc. Annu. Conf., 1988.
- [4] E. M. van Veldhuizen, Y. L. M. Creyghton, and W. R. Rutgers, "High resolution schlieren study of pulsed corona", presented at the 4th Int. Conf. On ESP, Beijing, China, 1990.
- [5] Bernie M. Penetrate, Shirley E. Schultheis, "Non-Thermal Plasma Techniques for Pollution Control", Springer-Verlag, 1992.
- [6] S. Masuda and S. Hosokawa, "Pulse energization system of electrostatic precipitator for retrofitting application", presented at EPA-EPRI 5th Symp. on Transfer and Utilization of Particulate Contr. Technol., Aug. 1984.
- [7] H. J. Hall, "History of pulse energization in electrostatic precipitation", J. electrostatics, vol. 25, pp. 1-22, 1992.
- [8] 京都 ハイパワーテクノロジー研究会, "パルスパワー工学の基礎と應用", 近代出版社