

### 급준파임펄스전압시험회로에 대한 고찰

김근용, 성기욱  
한국전기연구원

### Study on the circuit of step front impulse voltage test

Geun-Yong Kim, Ki-Wook Sung  
Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - 송전선로 및 배전선로에 사용되는 애자의 날개부분(shed)의 두께는 연면거리에 비해서 매우 얇다. 가령 매우 높은 전압이 애자에 인가되는 경우, 그 날개부분을 통해서 관통파괴가 일어날 수도 있다. 따라서 시험규격에는 그 부분의 절연강도를 확인하기 위해 유중(油中)에서 상용주파 파괴전압시험을 하도록 규정하고 있다. 그러나 실제 전력계통에서 가장 많이 발생하는 과전압은 뇌임펄스전압이므로 이 임펄스전압으로 애자부분의 절연강도를 확인할 필요성이 있다. 그런데 (1.2×50) μs의 표준뇌임펄스전압으로 시험하는 경우, 연면을 통한 섬락이 빨리 일어나게 되므로 날개부분의 절연강도를 확인하는 것이 어렵게 된다. 따라서 섬락전압을 가능한 한 높여서 날개부분의 관통파괴나 손상을 확인하기 위해 파두 준도가 큰 급준파를 시험전압으로 사용하는 것이다. 본 논문에서는 최대충전전압과 저장에너지가 비교적 낮은 임펄스전압시험장치를 가지고 급준파임펄스전압시험을 위한 회로 구성에 대해 고찰하였다.

#### 1. 서 론

전력계통 설계에서 중요한 요소 중 하나는 가공선로, 지중케이블 및 전력용 변전소에 대한 절연 요구사항의 고려이다. 이것은 일단 계통의 운전전압이 결정되면 단순한 일처럼 보일 수 있다. 그러나 실제적으로 공칭 운전전압과는 별도로, 과도현상은 개폐 및 뇌격(lightning stroke) 등에 기인하여 계통에 과전압을 발생시키기 때문에 문제가 아주 복잡하다. 이러한 과도현상들의 첨두값(peak value)은 정상적인 운전전압을 훨씬 초과할 수 있다. 대부분의 전력계통 과도현상은 본래 진동적(oscillatory)이며, 진동의 과도기간(transient period)에 의해 결정된다. 비록 진동의 과도기간이 상용주파수 기간(power frequency period)에 비하여 매우 짧다고 할지라도, 이러한 과도기간은 극히 중요하다. 그러한 과도기간에서 회로 성분들(circuit components) 및 전기기기는 비정상적인 전압(abnormal voltage)에 기인한 매우 큰 스트레스를 받으며, 섬락(flashover) 또는 절연파괴(insulation breakdown)를 가져올 수 있다. 섬락은 보통 보호장치들의 트립(tripping)에 기인한 일시적인 정전(temporary power outages)을 야기하고, 절연파괴는 일반적으로 영구적인 기기 손상을 가져온다.

전력계통에서의 과전압에 대한 대책을 강구하기 위해서는 계통에서 발생하는 과전압(정격전압을 넘는 전압)의 크기 및 발생 빈도를 알아야 하고 이를 모의한 고전압시험을 통하여 설비기기 절연설계 및 협조를 실시해야 한다. 이렇듯 전력계통의 안정과 고신뢰도 운전 또는 운용에 꼭 필요한 절연설계 및 협조를 위해서는 고전압시험을 통한 절연성능 확인을 간과해서는 안 될 것이다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 임펄스전압관련 용어정의

임펄스전압시험의 목적은 전기기기나 전기제품이 운전중 전력계통에 발생하는 뇌서지나 개폐서지에 대해 충분한 절연내력을 가지고 있는가를 검증하기 위한 것이다. 여기서 임펄스전압이란 매우 짧은 시간동안 갑자기 발생하는 전압으로, 파고치 값까지 급격히 상승한 후 다소 천천히 영으로 떨어지는 전압을 의미하며, 수 μs 정도의 상승시간을 갖는 뇌임펄스전압을 뇌임펄스전압, 파괴방전에 의해 절단되지 않는 뇌임펄스를 전파뇌임펄스(Full wave lightning impulse)라 한다.

절단파뇌임펄스는 뇌임펄스전압의 지속기간 중 파괴방전이 일어나서 전압이 급격히 붕괴되어 그 전압치가 영 또는 거의 영 부근까지 떨어지는 뇌임펄스로 진동이 생길 수도 있으며, 개폐임펄스전압은 수십 μs에서 수 ms 정도의 상승시간을 갖는 임펄스전압을 의미한다.

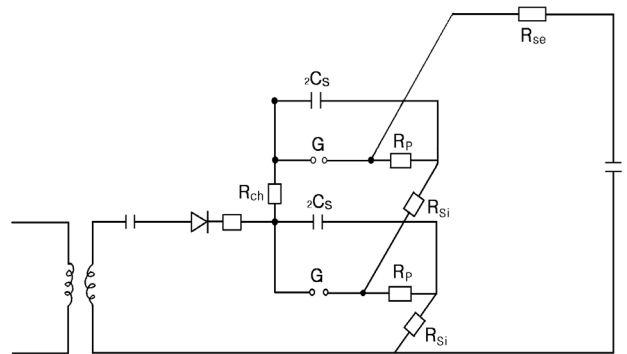
다음은 뇌임펄스전압파형 관련 용어에 대한 정의이다.

- 1) 규약원점(Virtual origin), O<sub>1</sub>  
전압상승 부분에서 전압의 크기가 파고치 전압의 30%와 90%인 두

- 점을 잇는 직선이 시간축과 교차되는 점
- 2) 규약파두장(Virtual front time), T<sub>1</sub>  
전압상승 부분에서 임펄스 파고치의 30%와 90%인 점 사이의 시간 간격의 1.67배의 시간
- 3) 규약과미장(Virtual time to half value), T<sub>2</sub>  
규약원점 O<sub>1</sub>과 전압이 파고치의 반으로 감소되는 시점 사이의 시간 간격
- 4) 규약준도(Virtual steepness of front)  
파고치를 규약파두장으로 나눈 값(kV/μs)

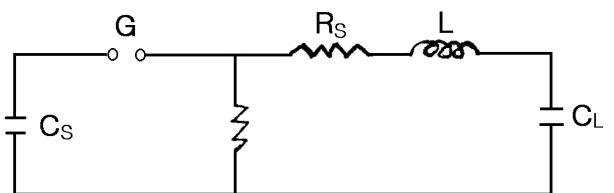
##### 2.1.1 임펄스전압시험장치

임펄스전압시험장치는 일반적으로 Generator, Charging unit(High voltage transformer, Rectifier), Voltage divider, Chopping gap, Sphere gap, Control unit, Measuring unit 등으로 구성되어 있고 Measuring unit의 데이터처리과정은 Voltage divider → high voltage signal → input divider → A/D converter → data processing → display이다. 그림 1은 Charging unit을 포함한 임펄스 Generator 실제회로의 예시이고 그림 2는 임펄스 Generator의 방전등가회로이다.



<그림 1> 임펄스 Generator 실제회로

기호	설명	미치는 영향
C <sub>s</sub>	Generator capacitance	Peak value, T <sub>1</sub>
G	Gap	-
R <sub>p</sub>	Parallel resistor	Peak value, T <sub>2</sub>
R <sub>si</sub>	Internal series resistor	Overshoot, T <sub>1</sub>
R <sub>se</sub>	External series resistor	Overshoot, T <sub>1</sub>
L	Inductance of the circuit	Overshoot
C <sub>L</sub>	Load(test object)	T <sub>1</sub>

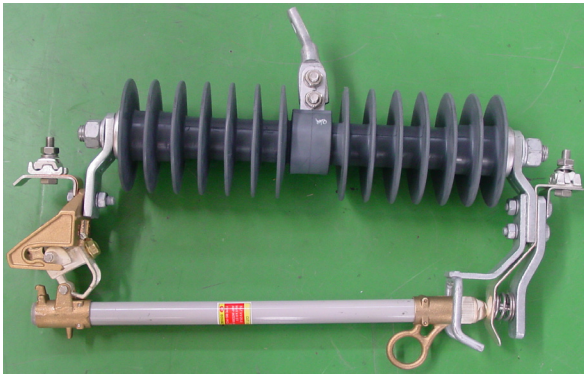


<그림 2> 임펄스 Generator 방전 등가회로

임펄스전압파형은 R<sub>s</sub>(R<sub>si</sub>+R<sub>se</sub>)를 작게 조정했을 때 파두장(T<sub>1</sub>)이 빨라지고 R<sub>p</sub>를 작게 조정했을 때 과미장(T<sub>2</sub>)이 빨라진다.

## 2.2 급준파임펄스전압시험

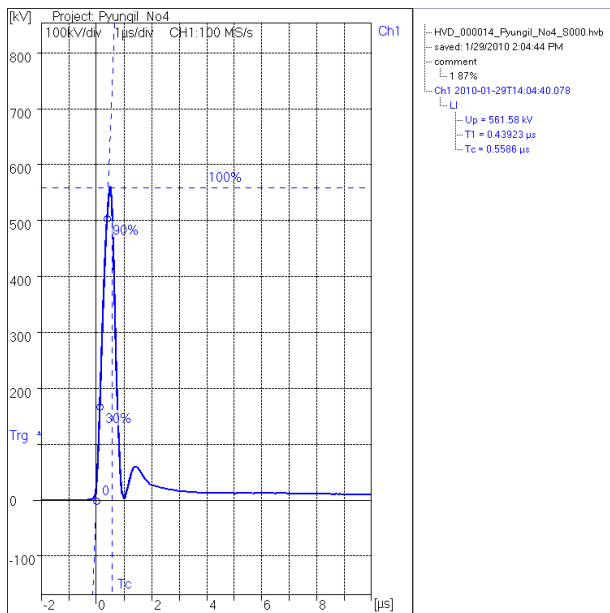
본 논문에서는 주로 주상변압기의 1차측에 부착하여 변압기의 보호와 개폐에 사용하는 특고압 폴리머 컷아웃스위치(Polymer Insulated Cut Out Switch)를 급준파임펄스전압시험대상 품목으로 선정하였다. (그림 3 참조)



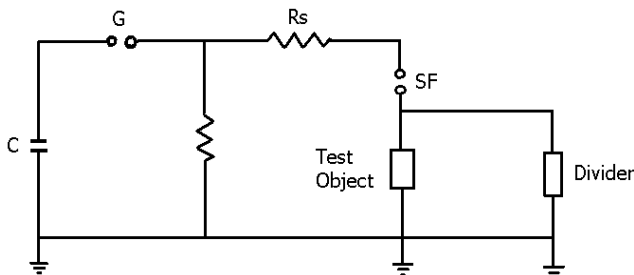
〈그림 3〉 폴리머 COS

급준파임펄스전압시험은 폴리머 절연재료 재질시험 중 하나인 수분침투시험 후 확인시험항목으로 1 000 kV/μs 이상의 준도(Steepness)를 맞추기 위해서는 임펄스섬락전압을 가능한 높여야 하기 때문에 임펄스 Generator의 최대충전전압(Maximum charging voltage)과 저장에너지(Total stored energy) 등이 비교적 큰 임펄스전압시험장치를 사용하는 경우가 일반적이라 할 수 있다.

그림 4는 최대충전전압 1 600 kV, 저장에너지 160 kJ의 임펄스전압시험장치를 이용하여 폴리머 현수예자(시험품)에다 충전전압 650 kV의 임펄스전압을 인가했을 때 섬락을 통해 발생한 급준파임펄스전압파형이다.

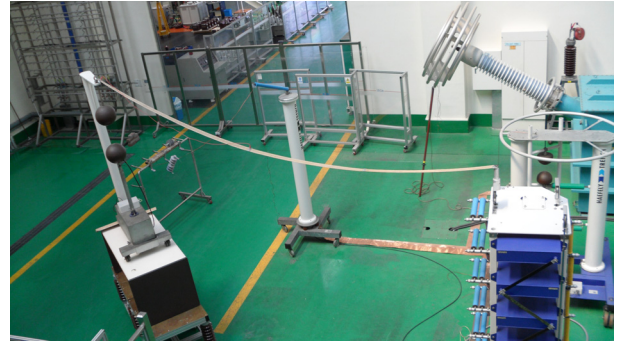


〈그림 4〉 급준파임펄스전압파형 1



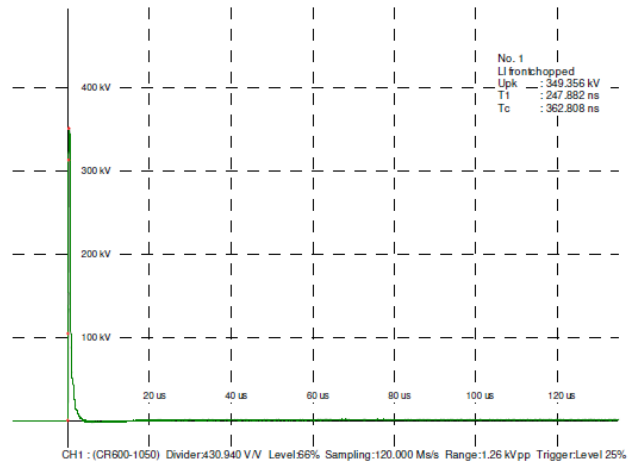
〈그림 5〉 급준파시험회로도

하지만 본 논문에서는 임펄스 Generator의 최대충전전압(600 kV)과 저장에너지(30 kJ)가 비교적 작은 임펄스전압시험장치와 구갯(Sphere gap)으로 급준파임펄스전압시험의 준도를 맞추기 위한 회로를 구성하였다.



〈그림 6〉 급준파임펄스전압시험 사진

그림 5 및 6에서와 같이 구갯을 임펄스 Generator와 시험품(분압기와 병렬 연결)사이에 직렬로 연결함으로써 1 000 kV/μs 이상의 준도를 갖는 급준파임펄스전압시험파형(그림 7 참조)을 발생시킬 수 있었다.



〈그림 7〉 급준파임펄스전압파형 2

## 3. 결 론

본 논문에서는 송전선로 및 배전선로에 사용되는 폴리머 재질의 예자 날개부분에 대한 절연성능을 확인하는데 필수적인 급준파임펄스전압시험에 대해 알아보았다. 과두 준도가 큰 급준파임펄스를 시험전압으로 사용하기 위해서는 섬락전압을 가능한 높여야 하기 때문에 임펄스 Generator의 최대충전전압과 저장에너지가 비교적 큰 임펄스전압시험장치가 필요하다.

그러나, 구갯 등의 갯스위치를 이용하여 최대충전전압과 저장에너지가 비교적 낮은 임펄스전압시험장치로도 과두 준도가 큰 급준파임펄스전압을 발생시킬 수 있었다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Technical Standards of KEPCO, "25.8kV 폴리머 컷아웃 스위치", ES-5920-0011, 2010-08-27
- [2] Technical Standards of KEPCO, "폴리머 현수예자", ES-5970-0013, 2008-12-30
- [3] IEC(International Electrotechnical Commission), "Polymeric insulators for indoor and outdoor use with a nominal voltage > 1 000 V - General definitions, test methods and acceptance criteria", 62217, First edition, 2005-10
- [4] CEA(Canadian Electricity Association), "Dead-end/Suspension Composit Insulator for Overhead Distribution Lines", LWIWG-01, 1996
- [5] ANSI(American National Standards Institute), "Composite Suspension Insulators for Overhead Transmission Lines - Tests", C29.11, R1996