

## 500 kV 개스절연변전소의 BIL 결정을 위한 뇌과전압 해석

주형준, 곽주식  
한전 전력연구원

### Lightning overvoltage analysis of 500 kV GIS S/S for BIL selection

H. J. Ju, J. S. Kwak  
KEPRI

**Abstract** - 500kV 개스절연 변전소의 절연협조의 기본은 이상전압의 억제와 동시에 설비의 중요도, 적용형태를 고려하여 설비의 사고확율을 어떤 허용수준이하가 되도록 기기의 절연 강도와 배치를 결정하는 것이다. 일반적으로 변전소 뇌과전압에 영향을 미치는 요소로는 모선 형태 및 구성, 피뢰기의 위치와 설치대수, 피뢰기의 제한 전압-전류특성, 모선의 길이, 피뢰기와 피보호기간의 이격거리 등이있다. 이 논문에서는 500kV의 개스절연변전소의 기기 절연강도 결정을 위하여 뇌침입시 변전소의 뇌과전압을 EMTP로 모의하여 뇌격의 크기, 뇌격지점, 피뢰기위치와 설치대수, 등에 따른 최대과전압을 모의하여 BIL(basic impulse level)을 선정하였다.

## 1. 서 론

최근 아시아 국가들에서 도심지 인구집중으로 전력 수요의 밀도가 급격히 높아짐에 따라 500kV의 전력 시스템을 구성하고 있다. 전력 시스템의 전압이 높아짐에 따라 절연의 경비가 매우 크게 증가하고 있다. 500kV 송전 시스템 이들 아시아국가들의 전력 시스템의 기반이 될 것이며 따라서 좀더 높은 전력신뢰도를 필요로 한다. 이를 위하여 과전압을 효과적으로 제한하는 방법으로 합당한 절연설계와 절연협조를 이룰 수 있다. 이 논문에서는 500kV 송전시스템의 과도현상과 절연협조의 기준을 고려하였다. 500kV 송전시스템의 절연협조의 과정은 몇가지 고려사항들이 있으나 이 논문에서는 EMTP를 사용하여 500kV 변전소 뇌과전압 특성을 해석하였다. 신뢰할 수 있는 결과를 얻기위하여 첩탐모형을 3단자모형으로 하고 EMTP의 TACS 모델을 사용하여 등적인 아크 특성을 모의하였다..

## 2. 본 론

### 2.1 해석에 사용된 기준모델

변전소에 침입하는 뇌격에 대비한 변전소의 절연설계는 뇌격의 크기, 극성, 파두장, 송전선의 도체배치, 뇌격지점, 탐각 접지저항등의 여러 가지 파라미터에 의해 영향을 받으며 특히 변전소의 구조와 운전조건에 따라 영향을 크게 받는다. 변전소의 구조와 기기배치가 달라짐에 따라 이러한 용인들을 고려하여 뇌과전압을 검토하였다.

#### 2.1.1 뇌격전류 모델

변전소에 가까운 첫 번째 첩탐에 뇌격이 침입하여 역섬락되어 변전소로 침입하였다고 가정하고 뇌전류의 크기는 170kA 최대값에 1us의 파두장과 70us의 파미장을

갖는 것으로 가정하였다. 다음 표 1에 해석에 사용된 기준모델로 적용한 파라미터를 요약하였다.

표 1. 기준모델로 사용한 파라미터

	파라미터	기준모델	비고
뇌격조건	뇌격전류크기	170kA	
	파두장	1/70us 삼각파	
	상용주파중첩	상용주파 중첩	
	뇌격지점	제 1첩탐 상부	
송전설비	송전선 모델	2상 모델	K.C.LEE
	선종, 도체수	ACSR 330, 4conductor	
	첩탐, 공간	3단모델, 500m	
	탐각접지저항	10 ohm	
변전설비	회로조건	3상 1모선	
	개스절연모선	70ohm	
	피뢰기특성	Yes	

### 2.1.2 송전선로와 송전첩탐모델

해석에 사용된 송전선로 모델은 330 mm ACSR 4번들도체를 40cm의 간격을 갖는 송전선과 ACSR 97mm의 가공지선으로 구성되었다. 평균 공간은 500m로 가정하고 송전첩탐은 변전소로부터 5기가 구성되었다고 가정하고 나머지 첩탐은 등가 매칭 resistance로 모델링 하여 진행파의 반사를 방지하였다. 실제의 계산에서는 EMTP를 이용하여 LINE CONSTANT 모델로 값을 계산하였다. 뇌과전압의 해석에서는 매우 높은 서지 주파수를 갖기때문에 주파수독립 K.C.LEE 모델이 이용되었다. 송전첩탐의 탐각접지저항은 10Ω을 사용하였다. 첩탐모델은 아킹흔에서 보여지는 낙뢰 서지의 모양에 영향을 크게 주게 된다. 따라서 정확한 모델링을 위하여 3단 첩탐모델을 사용하였다.

그림 2에서 송전첩탐의 모델을 등가로 구성하였다.

- 첩탐의 암간 길이(H1,H2,H3)는 5m, 5.7m, 29m
- 첩탐의 암간 등가 저항(R1,R2,R3)은 22.95m, 26.16m, 33.48m로 등가.
- 첩탐의 암간 등가 인덕턴스(L1,L2,L3)는 6.13mH, 6.98mH, 8.93mH로 등가
- 첩탐의 서지임피던스(Zt1=Zt2, Zt3)는 220Ω, 220Ω, 130Ω으로 등가

### 2.1.3 EMTP/TACS 아킹흔 등가모델

역섬락에 크게 영향을 주는 아킹흔의 캡 모델은 시간에 의한 스위치와 아크 인덕턴스 모델로 등가될 수 있다.

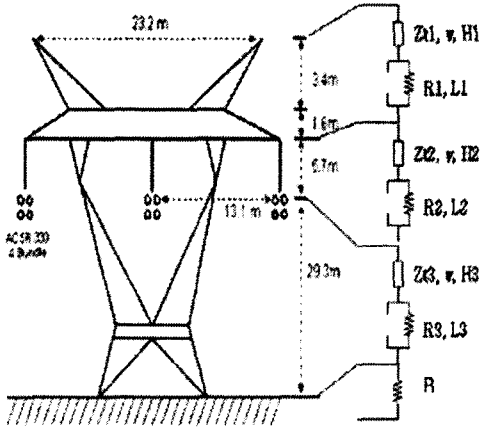


그림 1. 철탑 등가 모델

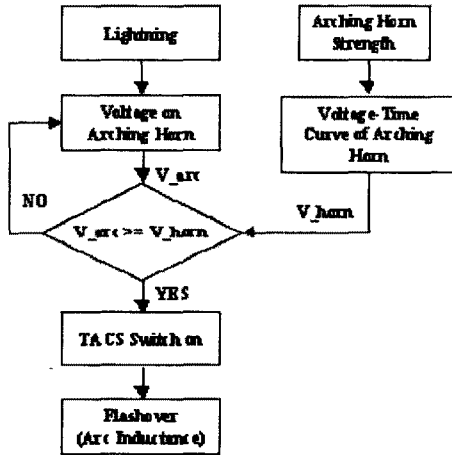


그림 2. 아크 모델의 구성 순서도

시간에 의한 스위치보다 아크 인턴던스 모델이 동적인 아크 특성을 잘 반영할 수 있다. 이 논문에서는 500kV의 실제 현장 데이터의 부재로 인하여 아크 인턴던스 모델로 아킹흔을 모의하였다.

### 2.1.4 변전소 배치와 동작 조건

모의에 사용된 변전소 서지 임피던스는 EMTP의 LINE CONSTANT를 이용하였다. 모델로 사용한 변전소는 1.5 차단방식이며 이것은 한 모선에 두개의 변압기 뱅크를 갖는 형태이다. 가장 혹독한 경우의 동작 조건을 모의하기 위해 여러형태의 연결을 가정하였다. 그림 4는 모델로 사용한 변전소의 형태를 보여주고 있다.

### 2.1.5 피뢰기 특성조건

모의에 사용된 피뢰기 특성과 피뢰기가 설치된 장소는 너서지의 모의에서 중요하다. 따라서 표 2와같이 500kV의 피뢰기특성을 사용하여 모의하였다.

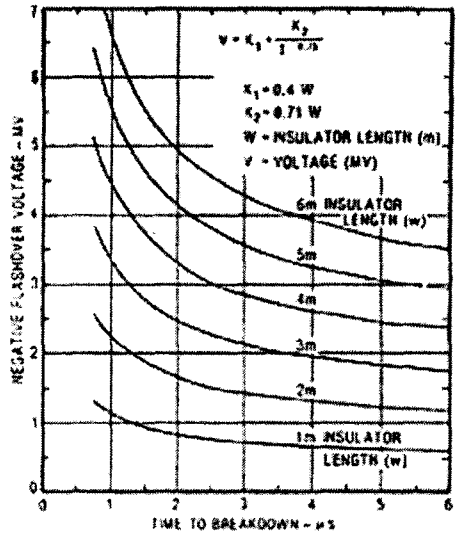


그림 3. CIGRE volt-time 특성곡선

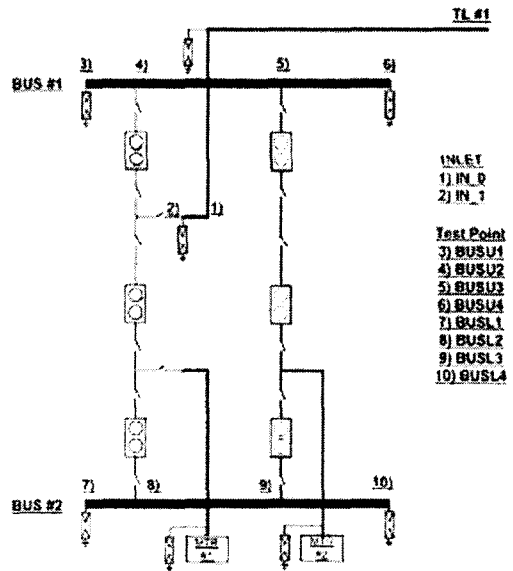


그림 4. 모의된 변전소 모델

표 2. 500kV 피뢰기 특성

System Voltage (kV)	Voltage rating (kV)	VCOV (kV)	Nominal discharge current (kA)	Residual Voltage (kV)	Line Discharge Class
500	420	340	20	1220	4
Impulse (± 20μs)					
1kA	3kA	5kA	10kA	20kA	40kA
944	977	999	1047	1055	1194

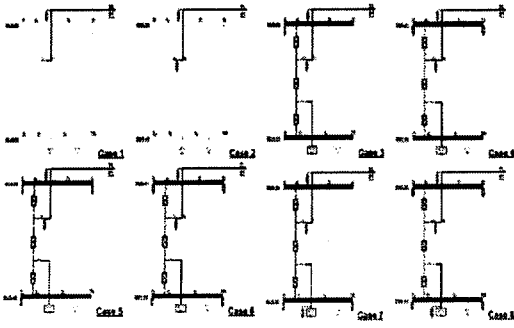


그림 5. 동작상태에 따른 모의 조건

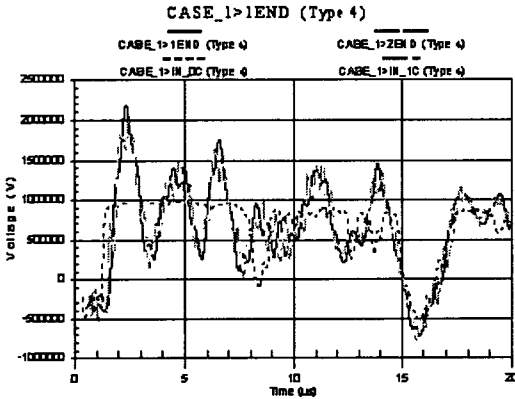


그림 6. 피뢰기 인입철탑설치시 최대과전압

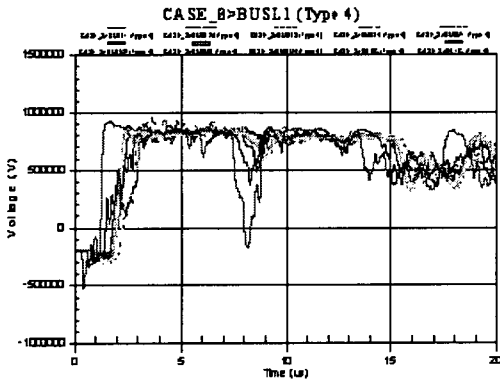


그림 7. 피뢰기 추천부 설치시 최대과전압

표 3. 해석결과

	Calculated Voltage [kV]	BIL [kV]	margin [%]
Incoming	1.281	1.550	21
Bus	987	1.550	57
Transformer	957	1.425	47

$$\text{Margin} = \frac{\text{Test Volt.} - \text{Max. Volt.}}{\text{Max. Voltage}} \times 100 [\%]$$

### 3. 검토 결과

500kV 변전소에 침입한 뇌서지전압이 피뢰기의 특성, 설치 장소, 설치 개수에 따른 과전압의 크기를 검토하였다.

첫 번째 적합한 절연 설계를 위하여 피뢰기를 인입부에 설치하여 검토하였다. 그 결과 인입부와 모선 사이에 최대크기의 과전압이 2,184kV로 그림 6의 결과를 얻었다. 기존의 BIL 값인 1,550kV를 초과하였다.

인입부의 연결부에 피뢰기를 설치하고 과전압을 억제시키기 위하여 피뢰기를 모선에 2기 설치시 과전압을 더 억제할 수 있다. 이 경우 과전압은 1,281kV로 테스트 전압인 1,550kV의 21%의 과전압 크기를 갖는다.

버스에 피뢰기의 위치를 변경하며 뇌서지 해석을 한 경우 최대전압이 1,735kV와 1,732kV이다. 이것은 BIL전압 1,550 kV를 초과하는 값이다. 모든 모선에 피뢰기를 설치하는 경우 987kV로 BIL전압 이하로 과전압을 제한할 수 있다.

MTR 1차측의 피뢰기를 제거한 후 최대 과전압은 1,216kV로 BIL전압을 초과하게 된다.

위의 결과에 따라 변전소의 피뢰기는 다음과 같이 설치하여야한다.

- 인입부 철탑측
- 인입부 철탑과 버스 연결부
- 각 모선의 말단
- 변압기의 1차측

### 4. 결 론

논문에서 500kV 변전소의 뇌침입시 과전압을 실제의 철탑모델과 선로모델 그리고 변전소내의 설비를 포함하여 모의하였다. 그 결과로 피뢰기의 설치를 위의 결과를 참조하여 설치하여야 한다. 피뢰기를 설치하였을때 최대 과전압의 크기는 다음과 같다.

- 인입부의 최대 과전압의 크기는 1,281kV로 BIL값 1,550kV의 21%의 마진을 갖는다.
- 모선의 최대 과전압의 크기는 987kV로 BIL값 1,550kV의 57%의 마진을 갖는다.
- 변압기 1차측의 최대 과전압의 크기는 957kV로 변압기 BIL 1,425kV의 47%의 마진을 갖는다.
- 모든 부분의 최대 과전압이 BIL값을 만족한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] A. R. Hileman, "Insulation Coordination", ABB Power Systems Inc., 1991
- [2] EPRI, "Transmission Line Reference Book 345 kV and Above", 2nd Edition, 1982
- [3] EMTF Rule Book, ATP Salford Version, 1987
- [4] Dr. Masaru Ishii, "Evaluation of Lightning Fault Rate of EHV transmission Line Based on Lightning Parameters Derived from Electromagnetic Field Observation", JIEE 111-5, 1991
- [5] Akihiro Ametani, "Distributed Parameter Circuit Theory", Tokyo, Japan, 1990