

22.9kV 가공배전선로의 뇌 과전압 모의 및 실측 연구

류 희석*, 정 동학*, 남 기영*, 이 재덕*, 김 대경*, 박 상만**, 정 영호**
*한국전기연구원, **전력연구원

An Experimental Study on the Lightning Over-Voltages on 22.9kV Multi-Grounded Overhead Distribution Lines Simulated Using Impulse Current Generator and True-type Test Line

Hee-Suk Ryou*, Dong-Hak Jung*, Kee-Young Nam*, Jae-Duck Lee*, Dae-Kyung Kim*, Snag-Man Park**, Yeong-Ho Jeong**
*KERI, **KEPRI

Abstract - 22.9kV 가공배전선은 여러 요소들로 구성되기 때문에 뇌격에 대한 반응도 단순하지 않다. 현재의 절연협조는 대표적인 선로모델에 대한 선로상수, 접지저항 등의 대표 값을 사용하여 EMTP로 계산한 뇌 충격과전압 값을 근거로 하고 있다. 절연협조 수준에 따라 경제성이 결정되고 계산에 의한 모델해석결과와 실제의 현상과 많은 차이를 나타낼 수 있음에도 불구하고 현재의 기준은 계산과정에서 사용되는 모델과 특성 값의 유효성을 확인하는 수준에 머물고 있다.

이 연구에서는 ICG로 충격전류를 인가하여 여러 가지 경우에 애자 양단에 인가되는 과전압을 실측하였다. 실측 결과 접지특성은 애자에 인가되는 과전압에 많은 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다.

1. 서 론

가공선로에서는 발생하는 뇌격현상으로 인한 고장 또는 사고가 직격 뇌에 의한 것인지 가공지선의 차폐효과에 의한 것인지 정확히 파악하기는 어렵다. 뇌격현상에 대한 절연협조는 50Ω의 접지저항이 200m 간격으로 (대략 4경간) 배치된 형태에 대한 계산과정을 근거로 결정된다.^[1] 계산과정에 따르면 파두2μs, 파고12kA인 뇌격전류가 가공지선에 인가되면 180kV의 섬락전압을 갖는 애자에서 섬락이 발생할 가능성이 있는 것으로 분석된다.^[2] 이 연구는 접지특성과 애자에 인가되는 전압 간의 연관성을 실험적으로 입증하고 뇌격용 피뢰설비의 효과를 분석하기 위하여 진행하였다.

실제로 가공지선에 파두4μs, 파고12~13kA인 충격전류를 주입하였으나 지지애자의 양단에 발생한 전압은 어떤 경우에도 100kV를 넘지 않았으며, 가공지선의 접지특성에 따른 영향이 거의 나타나지 않았다. 최고전압이 발생할 것으로 예상된 가공지선을 비접지한 경우에도 최대 전압은 접지한 경우와 거의 같은 전압이 나타났다. 이러한 현상은 그림1.과 같은 콘크리트 전주 내에 강도보강을 위해 설치된 철근이 접지회로로 작용하기 때문인 것으로 추정 되었다.^[3]

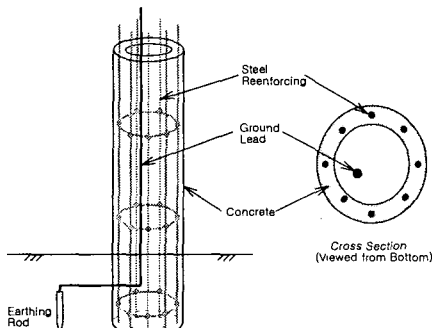


그림 1. 접지회로로서의 콘크리트 전주

2. 본 론

2.1 선로설계기준

2.1.1 절연협조수준

국내 가공배전계통의 계통전압에 따른 절연수준은 다음과 같이 적용되고 있다.^[4]

- BIL(Basic Impulse Insulation Level) : 125kV
- Residual Voltage of Lightning Arrestor : 65kV
- 주상변압기 내전압 : 125kV
- 전력용변압기 내전압 : 150kV
- 개폐기류 : 150kV
- 지지애자의 섬락전압 : 180kV

2.1.2 뇌격절연 설계수준^[1]

가공 배전선에 적용되는 뇌격에 대한 운용제한수준은 다음과 같은 세 가지로 요약된다.

① 가공지선 : 직격뢰와 유도뢰 모두에 대한 차폐효과를 갖는 가공지선을 배전선로의 전주의 최상단에 설치한다.

② 선로보호용 피뢰기 :

- Type : Gapless Zinc-Oxide
 - Rated Voltage : 18kV
 - Nominal Discharge Current : 2.5/5kA
 - Residual Voltage : 65/60kV(by Standards)
- 피뢰기는 다음과 같은 장소에 설치된다.
- Exits from 22.9kV buses
 - Connections of Overhead Wires and Cables
 - Both Sides of Switches
 - 200m Vicinity of Pole Transformers
 - Conductors on Poles for
 - Connecting Branches
 - Terminating Feeders
 - Straining
 - Connecting Bare and Insulated Wires
 - Changing Conductor Cross-sections

송전철탑 부근 또는 피뢰침과의 거리가 100m이내인 경우 배전선 피뢰기설치간격은 500m 이내로 한다.

③ 중성선 : 상 도체 아래에 설치되는 중성도체는 삼상 불 평형 전류를 부담하기 위한 것이지만 유도뢰 현상에 대한 차폐기능을 가지고 있고 부분적으로는 약한 직격뢰에 대해서도 차폐효과가 있다.

2.1.3 가공지선의 접지^[1]

가공지선은 200m이내의 간격으로 접지되거나 50Ω 이하의 접지저항을 갖도록 접지되어야 한다. 개별기기에 따라 25Ω 또는 10Ω이하로 접지되어야 하기 때문에 같은 전주에 설치되는 경우 가공지선의 접지회로를 공유한다.

2.2 현장측정과정

2.2.1 측정회로 및 측정설비

뇌격의 발생에는 Siemens의 IP400/4000을 그림2.와같이 수정하여 사용 하였다. 적은 임피던스를 갖는

R/L을 사용하였고 각 단간의 연결에는 동판을 사용하였으나 부분적으로는 알루미늄 바와 권선형 무유도 저항을 사용하였다.

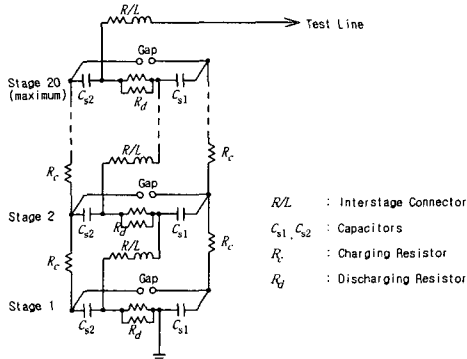


그림 2. ICG의 결선도

실증시험용 실규모 선로는 5km정도의 다목적 환상 실증선로를 사용하였으나 주위 간선과 연결된 부분을 분리하기 위하여 그림3과 같이 Tie선로를 구성하였다. 전류 인가위치는 ICG로부터 가장 가까운 지점으로 선정하였고 수평간격 1.5m 길이 50m정도의 복합도체를 사용하여 전주 최상단에 설치된 가공지선에 연결하였다. 접지특성을 변화시킬 수 있도록 주입점으로부터 좌우로 20경간정도의 전주의 접지선을 외부로 노출시켰다.

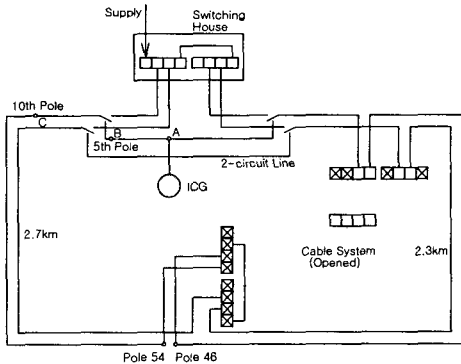


그림 3. 실증시험선로

실증시험규모의 측정회로에서는 각 부분에 발생하는 전압과 전류의 크기가 측정기에 위험한 수준이 될 수 있기 때문에 자유롭게 측정하기 어렵다. 본 연구에서는 주로 상도체와 접지체인 금구류사이에 발생하는 전압을 위주로 측정하였다. 측정위치는 주입부에서 좌측 5, 10경간 떨어진 전주로 고정하였다. 전압sensor는 350kV와 195kV 두 가지 divider를 사용하였고, 전류센서는 로고스키coil을 사용하였다. 실제 파형측정설비는 UPS와 결합된 YEW DL1740을 사용하였다.

2.2.2 측정case

뇌격은 선로의 모든 부분에 침입할 수 있으나 전주 직상부에 침입하는 경우가 중간에 침입하는 경우보다 좀더 취약한 것으로 분석하여 주로 뇌격전류는 전주 상단에 인가하였다. 접지상태는 모든 전주를 접지하는 경우와 6경간마다 접지하는 경우, 전혀 접지하지 않는 경우를 선택하였다. 피뢰기는 설계기준에 따라 설치하였으나 리드선을 접속을 이용하여 전체적으로 피뢰기가 없는 경우, 4경간 또는 2경간마다 있는 경우, 전류주입점에 설치된 경우를 선택하였다.

주입전류의 크기는 비교를 위하여 6kA 및 12kA를 주

입하였으나 매번 정확한 파형 및 크기를 얻지는 못하여, 분석과정에서 비례적으로 평가를 하였다. 파형은 전반적으로 4/15 정도를 얻을 수 있었다.

2.3 시험결과

2.3.1 측정된 파형

그림4는 주입 전류와 세 지점에서 측정된 애자전압으로 접지와 피뢰기를 연결하지 않은 상태에서 12kA의 전류를 주입한 경우이다.

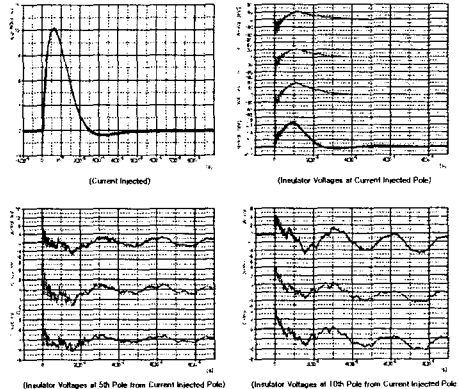


그림 4. 대표적인 전압측정파형

2.3.2 측정결과

측정결과를 효율적으로 분석하기 위하여 삼상 가운데 가장 높은 전압이 나타난 상의 파고치만을 정량화하여 종합하였다. 그림에서 사용된 문자들은 다음과 같은 의미를 갖는다.

- AG : Every(All) pole is grounded
- NG : No pole is grounded
- 6O : 6경간마다 접지(접지 전주에서 전류주입)
- 6X : 6경간마다 접지(비접지 전주에서 전류주입)

Case1은 피뢰기를 연결하지 않은 경우이고 Case2는 전류주입전주로부터 4경간 떨어진 지점에서 피뢰기를 연결한 경우이다. Case3는 전류주입전주로부터 2경간 떨어진 지점에서 피뢰기를 연결한 경우이다. Case4는 전류 주입전주에서 피뢰기를 연결한 경우이다.

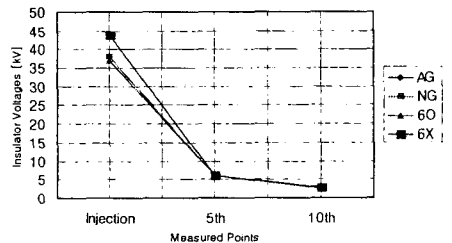


그림 5. Case1 6kA

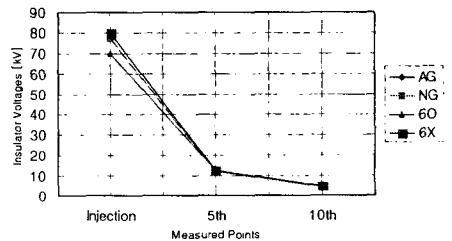


그림 6. Case1 12kA

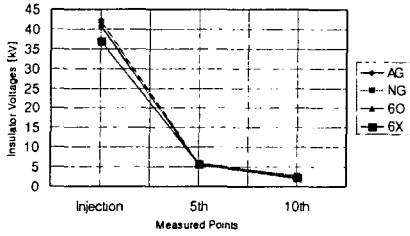


그림 7. Case2 - 6kA

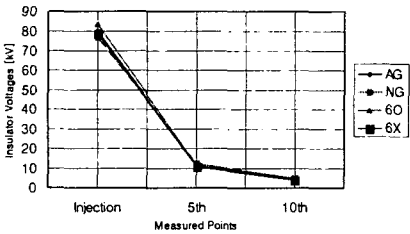


그림 8. Case2 - 12kA

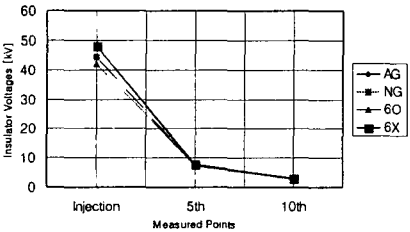


그림 9. Case3 - 6kA

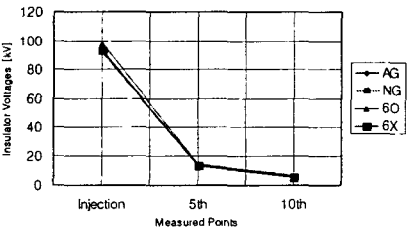


그림 10. Case3 - 12kA

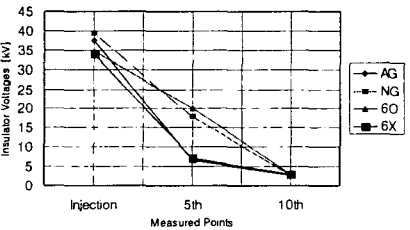


그림 11. Case4 - 6kA

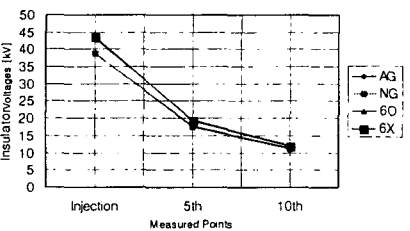


그림 12. Case4 - 12kA

2.3.3 콘크리트 전주의 섬락특성

가공지선과 중성선 모두 비접지 상태에서 가공지선에 전류를 주입하면서 접지선과 콘크리트 전류에 흐르는 전류를 측정하였다. 접지회로에서 발생하는 전위로 인해 9mm의 콘크리트를 통해 금속부분인 보강용 철근과 섬락됨으로서 전주로 뇌격전류가 흐르는 것을 측정할 수 있었다. 접지된 전주의 경우 접지동봉의 설치위치가 전주로부터 0.5m만 이격되어 있어도 접지선에서 발생하는 전위상승만으로도 쉽게 전주의 금속부분으로 섬락되는 것을 알 수 있었다. 콘크리트를 통한 섬락이 가능한 부분으로는 가공지선이 설치되어 있는 전주 최상부, 금구류를 고정하기 위한 금속성 band 설치부분, 중성선 설치 위치 및 접지선 전체 경로 등 여러 부분이 될 수 있다. 접지선에 비하여 전주의 금속부분은 그 형태 및 단면적의 영향으로 상대적으로 낮은 임피던스특성을 갖기 때문에 일단 섬락이 발생하면 양호한 전류경로로서 작용한다. 이러한 현상으로 인하여 비 접지전주라 하여도 접지된 전주와 유사한 현상을 나타낸다.^[5]

3. 결 론

본 연구에서는 해석과정을 통해 설정된 절연협조를 기준으로 설계된 배전급 가공선로에 대한 실규모 뇌격현상의 측정과정을 실시하였다. 이 측정과정 및 결과를 기준으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 가공지선의 접지특성변화는 해석에 의한 설계과정과는 달리, 가공지선으로 직격된 뇌격현상에 의해 발생하는 지저의 과전압크기에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다.
- (2) 콘크리트 전주는 뇌격전류의 경로로 작용함으로써 전주의 전압분포 및 애자에 인가되는 전압을 낮추는 역할을 한다.
- (3) 접지선의 뇌격임피던스에 비해 매우 낮은 접지저항을 갖는 접지봉은 가공지선 및 접지회로상에서 발생하는 뇌격현상에 의한 과도전압을 낮추는 효과가 있다.
- (4) 본 연구에서 실측된 결과는 매우 한정적인 경우에 얻어진 것이기는 하지만 선로상황을 충실히 반영하는 다양한 경우에 대한 관련 연구에 대한 필요성을 제기하고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한전, "뇌격대책", 설계기준3800, 1995
- [2] 임용혁 외, "배전선의 뇌격현상에 대한 IKL도 작성 및 대책연구", 전력연구원 연구보고서, pp264~268, 1988
- [3] 한전, "지저연구", 설계기준3100, 1999
- [4] 한전, "배전기자체 운용지침", ppII-2~II-4, 2000
- [5] W. Diesendorf, "Insulation Co-ordination in High Voltage Electric Power Systems", Butterworth, pp56, 1974