

22.9kV 지중계통의 뇌과전압 해석 및 뇌서지 보호방안에 관한 연구

論 文

53A-8-5

A Study on the Lightning Overvoltage Analysis and Lightning Surge Protection Methods in 22.9kV Underground Distribution Systems

金 相 國* · 鄭 彩 均** · 李 鍾 範*** · 朴 日 緒***

(Sang-Kuk Kim · Chae-Kyun Jung · Jong-Beom Lee · Wal-Seo Park)

Abstract - The effects of surge arresters for protection of transmission systems against direct lightning strokes have already been reviewed using Electromagnetic Transients Program(EMTP). Distribution lines are spanned in much larger area than transmission lines, and therefore, are more susceptible to lightning strokes. We have modelled the 22.9kV underground distribution cable systems that have arresters and grounding wires. And this paper analyzes the overvoltages on underground distribution cable systems when direct lightning strokes strike on the overhead grounding wire using EMTP. Then we investigated that (1) the effects of lightning stroke according to underground distribution cable length (2) voltages at the riser pole and at the cable terminal according to installation of arrester. This study will provide insulation coordination methods for reasonable systems design in 22.9kV underground distribution cable systems.

Key Words : Insulation Coordination, Underground Distribution Systems, Lightning Surge, Arrester

1. 서 론

배전선은 전력 설비 가운데 배전용 변전소의 출구에서 수용가에 이르는 설비로써 면적이 광대하고 일정전압의 전력을 공급하기 위해 많은 배전기자재를 사용하고 있으며, 이 기자재를 개폐하거나 뇌서지 등의 과전압으로부터 보호하기 위해 피뢰기나 접지 등의 보호기기를 사용하여 배전선의 공급 신뢰도를 높이고 있다. 그러나 0.1~수십 [μ s]의 상승 시간을 가지고 있는 뇌서지는 대부분의 배전 계통의 BIL보다 상대적으로 매우 큰 과도 전압을 발생시킴에 상도체로의 역섬락이 발생하여 결과적으로 상도체에 큰 뇌과전압이 발생하게 된다[1-2]. 이러한 현상은 케이블의 입상점에 서지 보호기기가 없는 경우 선로의 서로 다른 임피던스 차에 의한 투과와 반사로 인해 발생한 서지는 케이블 계통에 심각한 고장을 초래한다. 또한 지중케이블은 자기회복이 되지 않으며 케이블의 BIL은 케이블의 노화로 인해 감소될 수 있다. 따라서 케이블의 고장의 막기 위해서는 안전여유 범위에서 피뢰기에 의한 보호레벨을 유지하는 것이 중요하다[4-5]. 그러므로 지중배전선로는 가공배전선로보다 더 엄격한 기준에 의해 설계되어야 하는데 지중배전계통에 있어서 전기적 사고 원인의 대부분이 서지에 의한 것임을 감안할 때 계통의 신뢰성 확보면에서 서지 보호대책에 대한 세밀한 검토가 필요하다. 그러나 국내의 경우 각종 서지가 배전계통에 미치는 영향에 대한 개념적인

연구는 있었으나 실제로 지중배전계통에서 나타나는 현상이나 서지에 대한 보호대책에 관한 연구는 수행되지 않았다[6]. 또한 현재 국내 지중배전계통의 피뢰기의 설치등은 거의 대부분 계통의 특성이 다른 외국의 적용기준이나 방안을 그대로 활용되고 있다. 외국의 경우 가공선로에서 발생하는 뇌서지를 해석한 경우와 뇌서지가 발생했을 경우에 지중케이블을 보호하기 위해 몇 가지 방식이 제안되고 있다[1,4,5,7]. 그러나 계통의 특성이 우리나라와 다르기 때문에 우리나라의 지중배전계통 특성에 맞는 서지보호 대책에 대한 연구가 절실히 필요하다. 국내 배전케이블 계통에서 직격뇌에 대한 정확한 해석은 선로의 BIL를 결정하는데 중요한 기준으로 적용되고 있으나 현재 국내에서는 지중배전계통에 대한 뇌과전압 해석에 대한 연구가 매우 부족한 실정에 있다. 본 연구에서는 국내 지중배전계통에서 발생하는 뇌서지를 해석하고 피뢰기에 의한 적절한 보호대책을 강구하여 지중배전계통의 사고발생을 감소시킴으로써 지중배전계통의 설비 보호와 신뢰도 향상에 목적을 두고 있다.

따라서 본 논문에서는 22.9kV 배전계통에서 뇌격의 형태를 검토하고 피뢰기나 접지 등의 보호기기를 포함한 가공선로와 지중 케이블 계통을 모델링하였다[5-11]. 그래서 가공선로의 가공지선으로 뇌가 침입했을 경우 가공지선에서 상도체로의 역섬락을 모의하여 지중 케이블 계통으로 유입되는 뇌과전압을 케이블의 길이에 따라 계통에 발생하는 뇌과전압을 해석하였다. 그리고 지중 케이블 계통에서 반사파의 영향의 분석과 함께 각 계통에 대해 피뢰기의 설치에 따른 뇌과전압의 보호효과를 검토하였다.

* 學生會員 : 圓光大學 電氣工學科 碩士課程

** 正 會 員 : 圓光大學 電氣工學科 博士課程

*** 正 會 員 : 圓光大學 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2004年 1月 19日

最終完了 : 2004年 6月 22日

2. 뇌격전류 모델

2.1 뇌격전류 특성

뇌격전류의 특성과 배전선로의 서지 임피던스는 선로에서 서지전압의 상승률을 결정한다. 뇌격전류가 선로의 개방점 말단에 침입한 경우를 제외하면 서지 전류는 뇌격 지점으로 부터 양방향으로 나뉘어 진행하게 되며 이때 선로의 전압은 식 (1)과 같다.

$$e_f = \frac{I_{stroke} \cdot Z_{line}}{2} \quad (1)$$

여기서 e_f = 뇌격가공선로의 도체와 대지간 전압
 I_{stroke} = 뇌격전류의 크기
 Z_{line} = 가공선로의 서지 임피던스

뇌격전류의 크기가 수십[kA]이기 때문에 뇌격지점의 근거리에서 피뢰기와 같은 보호기기가 없는 경우에는 직격한 지점의 선로에서 수[MV]전압이 발생할 수 있다. 그림 1과 같이 가공선로상에서 발생된 뇌과전압이 케이블 계통으로 유입될 경우의 선로의 분기나 피뢰기 등의 기기에 의한 변이점을 갖지 않을 조건에서 케이블에 발생하는 전압은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다[3].

$$e_{cable} = \frac{2 \cdot Z_{cable}}{Z_{line} + Z_{cable}} \cdot e_f \quad (2)$$

여기서 Z_{cable} = 케이블의 서지 임피던스

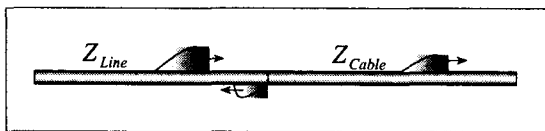


그림 1. 가공선로와 지중케이블의 서지임피던스
 Fig. 1. Surge impedances on overhead line and underground distribution cable

2.2 뇌격전류의 파두시간과 파미시간의 영향

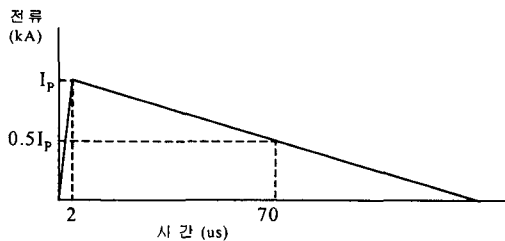
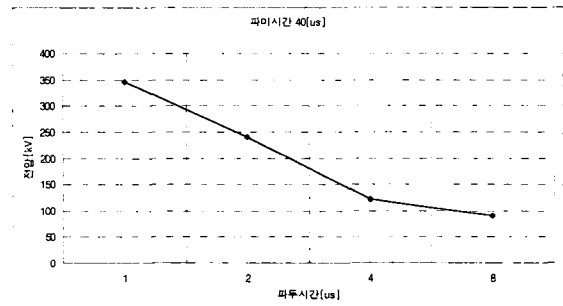
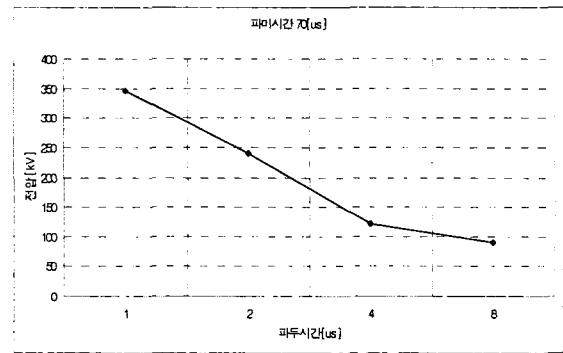


그림 2. 뇌격전류 파형
 Fig. 2. Waveform of lightning impulse current

본 논문에서 뇌격전류 파형은 국내·외 연구를 근거로 하여 20[kA]의 크기와 2/70[μs]의 파두시간과 파미시간을 갖는 삼각파를 사용하였으며 뇌서지 임피던스는 400[Ω]의 집중저항으로 모의하였다[7,10]. 사용된 뇌격전류 모델은 그림 2와 같다.



(a) 파미시간이 40[us]일 경우 뇌과전압



(b) 파미시간이 70[us]일 경우 뇌과전압

그림 3. 뇌격전류의 파두시간과 파미시간에 따른 영향
 Fig. 3. Effects on the wave-front and the wave-tail of lightning stroke current

그림 3은 반사파가 발생하지 않는 임계길이 이상의 충분한 길이를 갖는 케이블 계통에서 뇌격전류의 파두시간과 파미시간에 따라 케이블 입상에 발생하는 뇌서지의 크기를 나타내었다. 파두시간은 선로상에 발생하는 뇌과전압의 크기에 크게 영향을 미치며 뇌격전류의 파두시간이 짧을수록 뇌격선로에 큰 뇌과전압을 발생시키지만 파미시간은 뇌격선로에 발생하는 뇌과전압의 크기에 큰 영향을 미치지 않는다.

3. 배전계통 모델

3.1 가공선로와 지중선로

가공선로는 ACSR 160[mm²]의 상도체와 ACSR 95[mm²]의 가공지선 그리고 32[mm²]의 중성선의 형태로 총 선로 길이는 1km이며 전주사이의 표준경간은 50m이다. 그리고 가공선로상에서 발생하는 반사파의 영향을 없애기 위해 가공선로의 말단을 정합하였으며 지중케이블 선로는 CNCV 325[mm²]의 전력구로 모의하였다. 1단 가공선로의 도체 배치와 케이블의 구조는 그림 4와 같다[14,15]. 검토 모델은 뇌서지 계산을 위해 선로 정수를 주파수 독립모델인 분포정수 선로 모델을 이용하여 500[kHz]의 주파수에서 계산하였다.

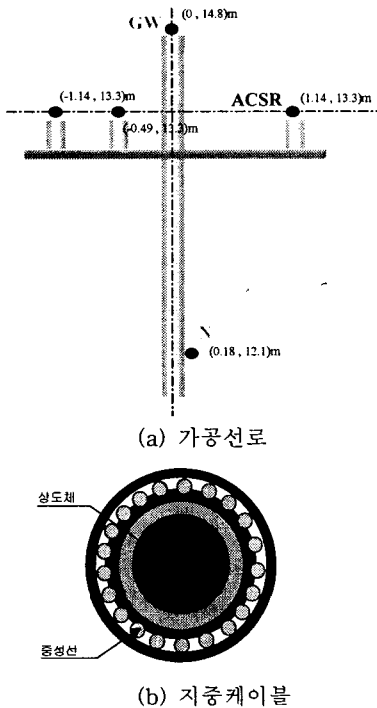


그림 4. 가공선로와 지중케이블의 구조
 Fig. 4. Configuration of overhead distribution line and underground distribution cable

뇌격전류의 크기는 20[kA]의 크기와 2/70[μs]의 파두시간과 파미시간을 갖는 삼각파를 사용하였으며 뇌격전류의 침입점은 가장 가혹한 경우인 케이블 입상점으로부터 50[m]앞단에 위치한 접지가 이루어지지 않은 전주에 상정하였으며 검토모델은 그림 5에 나타내었다.

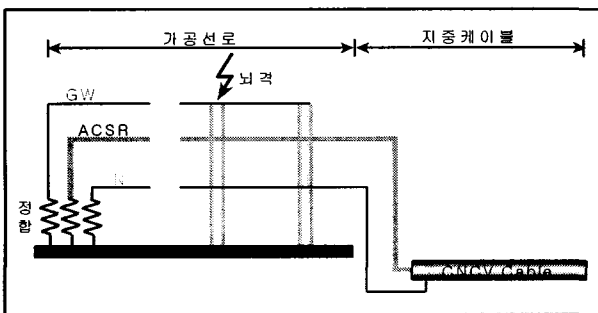


그림 5. 지중케이블이 연계된 배전계통
 Fig. 5. Distribution systems including underground distribution cable

3.2 가공지선 및 피뢰기 접지

설계기준-3500(접지공사)[12]와 설계기준-3800(배전선내회기준)[13]에 의해 가공지선과 중성선은 매 전주 접속하였으며, 가공지선의 접지저항 값은 식 (3)의 합성저항 계산식을 이용하여 설정하였다.

$$1.2 \left(\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \right) = 5 [\Omega / km] \quad (3)$$

피뢰기 접지저항은 25[Ω]을 적용하였으며, 피뢰기가 설치된 전주의 가공지선 접지는 생략하였다.

3.3 피뢰기 보호 특성

표 1 피뢰기의 특성

Table 1 Characteristic of the surge arrester

피뢰기	
접지 저항	25[Ω]
종류	ZnO 18[kV]
접지	중성선과 공통 접지

피뢰기의 제한전압은 피뢰기의 정격전압에 거의 비례하므로, 피뢰기 정격전압의 선정은 전력계통의 절연설계에 매우 중요한 요소가 된다. 현재 국내 배전계통에 적용되는 피뢰기 관련 규격으로는 KSC-4609 및 ESB-153등이 있으며, 이러한 국내 규격에서는 배전용 피뢰기의 정격전압으로 18kV, 21kV 및 24kV에 대해 규정하고 있다.

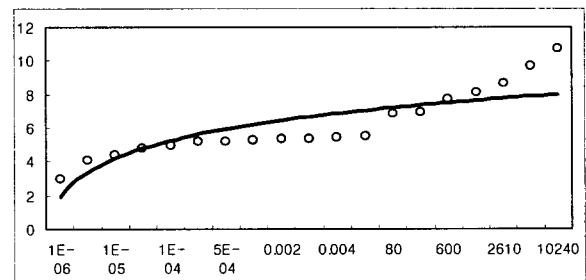


그림 6. V-I 특성곡선
 Fig. 6. V-I characteristic curve

본 논문에서는 표 1에서와 같이 정격전압 18kV 피뢰기를 사용하였으며 본 논문에 사용된 피뢰기의 V-I 특성 곡선은 그림 6과 같다[14,15]. 기존의 SiC에 비해 비선형성이 우수한 ZnO 소자는 정상상태에서 매우 작은 전류밖에 흐르지 않기 때문에 직렬갭을 생략한 갭이 없는 피뢰기를 사용한다. 본 논문에서는 피뢰기의 동작특성에 있어서 피뢰기의 방전전압보다 낮은 서지 전압에 대해 개방점으로 동작하고 피뢰기의 방전 전압에 도달했을 경우 동작하는 이상적인 Gapless 피뢰기로 가정하여 모의하였다. 또한 뇌서지 연구에 있어서 뇌서지의 시간은 0.5[μs]에서 수[μs]까지의 범위를 갖으며 피뢰기의 방전전압은 전류서지의 상승률에 대한 함수이다. 그러므로 같은 전류크기에 대해 1[μs]에서 만들어지는 전류에 대해 발생하는 전압은 8/20[μs] 뇌격전류일 경우의 발생전압보다 8~12[%]정도 크게 나타나며 45~60[μs]의 전류에서 발생하는 전압은 8/20[μs]에 대한 전압보다 2~4[%]정도 작은 크기를 갖는다[11]. 그렇기 때문에 같은 크기의 뇌격전류가 침입하더라도 파두의 상승시간에 따라서 계통에서 발생하는 뇌과전압은 크게 달라진 양상을 나타내며 파두시간이 길수록 피뢰기 로 인한 보호효과가 커질 수 있다.

4. 모델 해석

4.1 역섬락

그림 7은 가공선로의 가공지선으로 침입한 뇌서지에 의한 상도체로의 역섬락을 나타내고 있다. 20[kA], 2/70[μ s]의 크기의 뇌격으로 상정 뇌격지점은 케이블 입상점으로부터 50[m] 앞에 위치한 전주이며 가공지선으로 침입한 뇌서지는 LP애자의 임계섬락전압 180[kV]를 초과하여 상도체로 역섬락이 발생하게 된다.

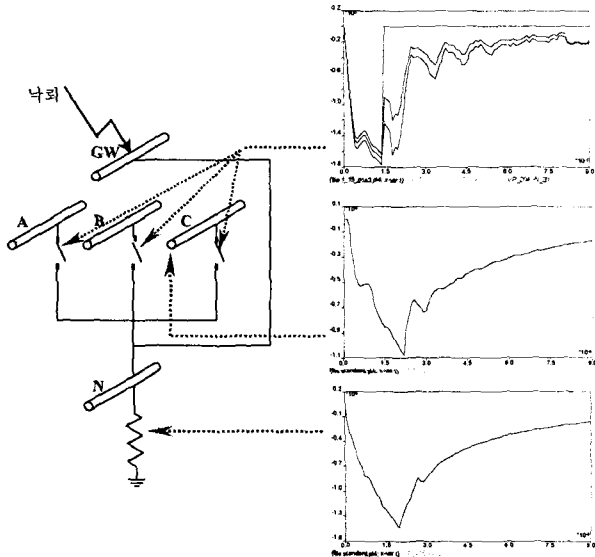


그림 7. 뇌격침입점에서의 역섬락
Fig. 7. Back flashover at the lightning stroke point

4.2 반사파의 영향

그림 8의 뇌격 조건은 20[kA], 2/70[μ s]를 갖는 삼각파를 가공선로의 가공지선에 가했을 경우에서 케이블의 말단을 정합하여 반사파의 영향을 고려하지 않은 경우와 말단을 개방하여 반사파의 영향을 고려했을 경우 발생하는 상-중성선간 전압에 대한 검토결과이다. 변압기나 대부분의 지중계통 기기들은 상-중성선간에 설치되므로 상-중성선간 전압의 검토는 매우 중요하다고 할 수 있다. 뇌과전압의 정·부 반사파의 발생은 서로 다른 서지 임피던스가 주요한 원인이 된다.

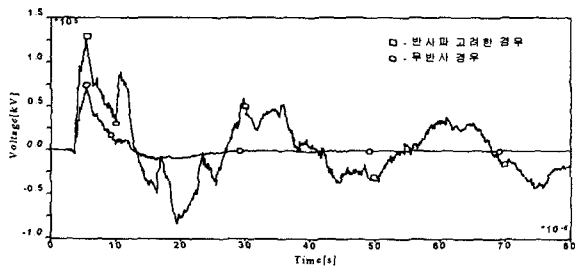


그림 8. 케이블 계통에서 반사파의 영향
Fig. 8. Effects of the reflection wave on underground distribution cable systems

그리고 케이블과 가공선로의 접속점과 변압기나 개폐기 등의 기기가 설치된 지점이 각각의 변이점으로 작용한다. 또한

입사파와 반사파의 중첩이 발생하는 임계길이 이하의 상황에서는 케이블이 짧을수록 케이블 계통 내에서 진행파의 반사에 따른 중첩의 횟수가 증가하기 때문에 케이블 계통에는 더욱 큰 뇌과전압이 발생하게 된다.

케이블로 유입된 뇌과전압은 케이블 말단으로 진행되는 입사파와 케이블 말단에서 되돌아오는 반사파의 중첩으로 인하여 각각의 지점에서 정이나 부의 서지가 더해지게 되며 진행파의 변이점에 따른 투·반사의 형태는 격자 다이어그램을 이용하여 간단히 표현할 수 있다[4]. 이러한 케이블 계통의 과도현상은 케이블의 길이와 가공선로에 침입한 뇌격전류의 파두시간과 파미시간의 영향으로 인해 케이블 계통에 최고전압이 발생하는 지점이 달라지며 케이블 말단의 경우 특정 길이의 케이블 계통에서 가공선로로부터 유입된 뇌과전압보다 높은 전압이 발생할 수 있다. 그림 9는 가공선로에서 발생한 뇌과전압에 의해 케이블로 유입된 뇌과전압의 위치별 뇌과전압 형태를 나타내고 있다.

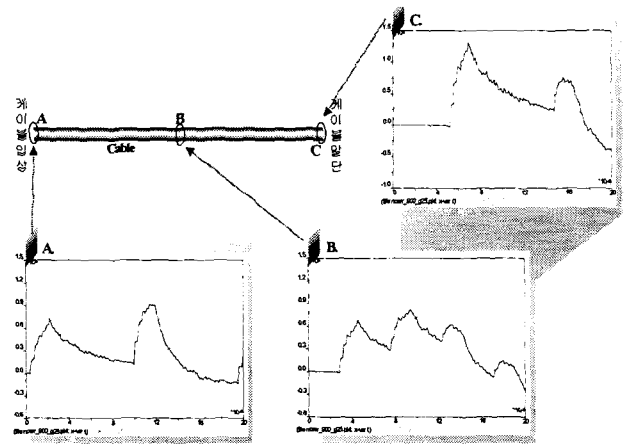


그림 9. 케이블계통의 뇌과전압
Fig. 9. Lightning overvoltages on underground distribution cable systems

그림 9의 A지점에서 첫 번째 서지파형은 케이블의 입상으로 유입된 서지이며 두 번째 서지파형은 케이블의 말단에서 되돌아온 반사파이다. 케이블의 말단이 개방점일 경우 되돌아온 반사파는 유입된 서지보다 높은 뇌과전압을 발생시킨다. B지점에서는 유입된 전압의 피크값은 입상점과 거의 비슷한 크기를 보이고 있으며 입상점에서 유입된 서지와 말단에서 되돌아온 반사파의 정의 중첩이 발생하여 수회의 피크값을 갖게 된다. C지점에서는 케이블의 입상으로 유입된 뇌서지는 말단에 피뢰기가 없을 경우에서 정의 반사가 발생하여 진행파와 더해지기 때문에 유입된 서지보다 높은 뇌과전압이 발생한다.

4.3 케이블 길이에 따른 영향

그림 10은 반사파의 영향을 케이블 길이에 따라 나타내었다. 케이블 계통에서 반사파의 영향을 고려했을 경우 케이블의 입상점 전압은 케이블의 길이가 짧을수록 되돌아온 반사파와의 중첩으로 더욱 높은 과전압이 발생한다. 무반사의 경우 케이블의 길이와 상관없이 거의 일정한 특성을 나타내고 있다. 케이블 길이가 900m이하의 길이에서는 입상전압에 있

어서 큰 차이를 나타내고 있으며 케이블 말단에서 발생한 반사파와 진행파의 중첩으로 인해 입상점의 전압은 비교적 높은 전압특성을 보인다. 그리고 케이블 길이가 900m 이상에서는 입상점에서의 진행파와 반사파의 중첩에 따른 영향이 감소하여 두 가지의 경우에서 비슷한 전압특성을 보이고 있다. 따라서 케이블계통에서 반사파의 영향이 발생하는 임계길이 이하에서는 케이블 말단에도 적절한 보호 장치가 필요하다.

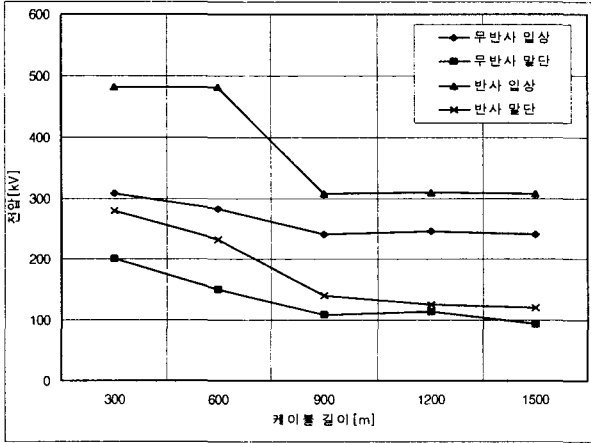


그림 10. 케이블 계통에서 반사파의 영향
 Fig. 10. Effects of reflection wave on underground distribution cable systems

배전계통에 있어서는 가공선로의 가설이 불가능한 경우나 또는 계통 구성상 필요에 따라서 가공선로와 지중선로가 혼합된 경우가 많이 존재하고 있다. 이러한 혼합된 선로는 주변의 사정, 부하의 종류나 그 분포 상황등의 여러 가지 조건에 따라 다르며 대략 표 2와 같은 대표적인 형태로 구분할 수 있다.

가공선로의 가공지선으로 뇌서지가 침입했을 경우 뇌격 전주의 전위상승에 의해 역섬락이 발생하며 케이블 입상주의 앞 전주에서 역섬락이 발생했을 경우가 가장 가혹한 조건이 된다. 또한 케이블로 유입된 뇌서지는 뇌격 지점과 케이블 접

속점과의 거리 그리고 케이블 길이 등에 관계되며 복잡한 투·반사 현상에 의하여 케이블 길이가 짧을수록 큰 전위상승이 발생하는 경향을 보인다. 즉, 표 2에서 가공선로로 침입한 뇌서지가 짧은 길이를 갖는 케이블 계통으로 유입되었을 때 가장 가혹한 경우에서 뇌서지 침입측은 침입한 뇌서지의 4배 정도의 높은 서지가 발생할 수 있으며 파괴기가 있는 경우라고 하더라도 최고 1.9배의 높은 서지가 발생할 수 있다[16]. 케이블 말단에 부하나 개폐기류 등이 연결된 경우 정의 반사로 인해 케이블 말단측에 침입한 서지의 두 배 정도의 뇌과전압이 발생한다. 그래서 케이블 계통에는 유입된 뇌과전압 보다 높은 서지가 발생할 수 있기 때문에 계통특성에 따른 파괴기 등의 보호기기에 대한 적용이 필요하다. 위의 표 2에서 가공선로에 뇌격이 가해지면 양측의 케이블 계통에는 높은 전위상승이 발생하게 되며 선로의 양단 즉, 가공선로가 연결된 케이블 계통에서는 주로 케이블 길이에 따라서 높고 낮은 과전압이 발생하게 된다. 따라서 같은 크기를 갖는 뇌서지가 가공선로로 침입하여 케이블 계통으로 유입되었을 경우에서 케이블 길이가 임계길이 보다 긴 경우에는 상대적으로 낮은 전압이 발생하며 케이블 길이가 임계길이 보다 짧은 경우에는 상대적으로 높은 전압이 발생한다. 그래서 작은 크기의 뇌격에 대해서도 큰 피해를 입을 수 있기 때문에 파괴기 등의 보호기기에 의한 보호가 반드시 필요하게 된다. 그리고 3상 4선식 구조를 갖는 배전케이블 계통은 중성선이 다중 접지되어 있기 때문에 중성선에 유입된 서지는 입상측에서 말단으로 갈수록 큰 폭으로 대지에 흡수되어 약 1[km]를 초과하면 대부분 소멸하게 된다.

4.4 보호형태에 따른 영향

케이블 계통의 보호를 위해 파괴기가 설치되지 않은 경우 (Case 5), 입상측에만 파괴기가 설치되어 있는 경우(Case 6) 그리고 양단에 파괴기가 설치된 경우(Case 7)를 비교 검토하였다.

입상측에만 파괴기가 설치된 경우에 케이블 말단에서 발생한 반사파와 입사파의 중첩으로 높은 과도전압이 발생하게 된다. Case 6과 Case 7을 비교해 볼 때 Case 7의 경우에서

표 2 배전계통 해석모델

Table 2 Analysis model of distribution systems

분류	모델	내용
Case 1		가공선로 중간지점에 단거리의 케이블이나 장거리의 케이블이 접속된 경우
Case 2		가공선로 말단에 단거리의 케이블이나 장거리의 케이블이 접속된 경우
Case 3		케이블-가공선로가 혼합된 경우
Case 4		케이블-가공선로가 혼합선로에 분기 케이블이 접속된 경우

※ 여기서 UC=지중케이블, OH=가공선로, OHJ=가공선로 분기, OPEN=개방점, SW=개폐기류 임.

표 3 피뢰기 설치에 따른 계통 보호

Table 3 Systems protection according to installation of arrester

분류	모델	내용
Case 5		피뢰기가 설치되지 않은 경우
Case 6		입상측에만 피뢰기가 설치되어 있는 경우
Case 7		양단에 피뢰기가 설치된 경우

말단피뢰기 설치시 말단에서의 반사파는 피뢰기 방전 전의 전압만이 반사파로 되돌아가기 때문에 Case 6에 비해 상당히 큰 보호효과를 보이고 있으며 계통내에서 비교적 말단측에 가장 높은 뇌과전압이 발생하게 된다. 그렇기 때문에 만약 말단에 변압기나 개폐기 등의 지중기기가 설치되어 있을 경우에 피뢰기 등의 보호기기가 없다면 말단측에 존재하는 기기들의 파손 가능성이 커지게 된다. 또한 기기가 설치되어 있지 않은 경우에도 말단 케이블 계통에 높은 과전압을 일으킴에 따라 케이블 절연체의 절연파괴의 위험은 매우 커지고 케이블 열화를 촉진시키는 주요한 요인으로 작용하게 된다.

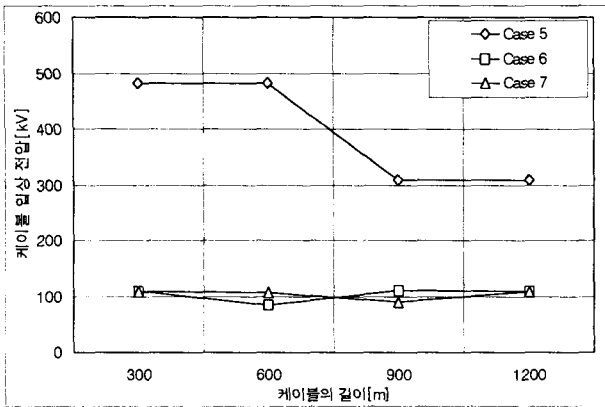


그림 11. 피뢰기 설치에 따른 케이블 입상 전압

Fig. 11. Voltage at the riser pole according to installation of arrester

그림 11과 12에서 케이블의 입상 전압은 입상측에만 피뢰기를 설치한 경우와 양단에 피뢰기를 설치한 경우에서 비슷한 전위상승을 보이고 있으나 케이블의 말단 전압은 입상측에만 피뢰기가 설치한 경우에서 전위상승이 크게 나타나고 있다. 가공선로에서 유입된 뇌서지는 입상측 피뢰기에 의해서만 감소하지만 케이블의 말단에서 발생하는 반사파의 영향으로 전위상승이 발생하며 이러한 현상은 케이블이 짧을수록 더욱 크게 발생하는 특징을 보인다.

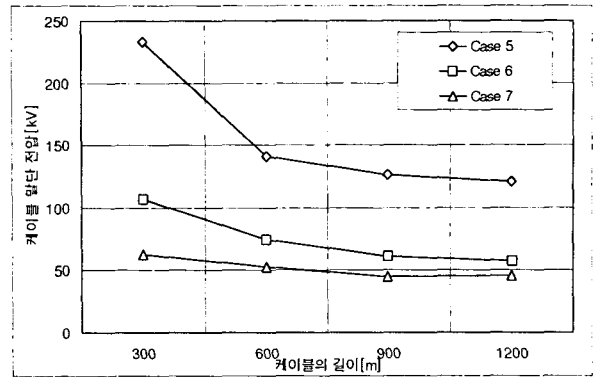


그림 12. 피뢰기 설치에 따른 케이블 말단 전압

Fig. 12. Voltage at the cable terminal according to installation of arrester

그리고 배전계통의 전압이 높아지고 케이블이 짧을수록 입상주 및 케이블 말단에 피뢰기를 설치하여도 충분한 보호여유가 확보되지 않을 수 있으므로 뇌서지에 대한 보호여유를 확보하기 위해서는 케이블 중간에도 피뢰기를 설치유무에 대한 검토 또한 필요하다고 사료된다.

5. 결론

본 논문에서는 22.9kV 배전계통을 모델링하여 케이블의 길이에 따라 뇌과전압을 분석하고 반사파에 대한 영향을 검토하였다. 또한 계통에서 피뢰기의 설치에 따른 계통보호 가능성을 검토하였다. 뇌과전압의 해석과 보호 방안은 배전계통의 절연협조 등에 대한 기기나 계통의 BIL을 적용하는데 있어서 중요한 파라미터로 다루어지기 때문에 정확한 해석이 필요하며 본 논문에서 검토한 내용은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 케이블로 유입된 뇌과전압은 케이블 말단으로 진행하는 입상파와 케이블 말단에서 되돌아오는 반사파의 중첩으로 인하여 각각의 지점에서 정이나 부의 서지가 더해지게 된다. 이러한 케이블 계통의 과도현상은 주로 뇌격의 파두 시간과 케이블 길이의 영향을 받는다. 그리고 케이블 말단에서는 가공선로로부터 유입된 뇌과전압 보다 높은 뇌과전압이 유기된다.
- 2) 피뢰기를 입상측에만 설치한 경우와 양단에 설치한 경우에서 입상전압은 비슷한 보호효과를 보이지만 피뢰기가 설치되지 않은 케이블 말단전압은 큰 뇌과전압이 형성된다. 이러한 현상은 케이블이 짧을수록 더욱 큰 뇌과전압 특성을 보인다.
- 3) 가공선로와 케이블 계통이 다양하게 혼합되어 있는 경우에서 케이블 길이가 약 900m이하일 때 입상측과 케이블의 말단측은 모두 피뢰기가 설치되어야 하며 약 900m이상에서는 케이블의 말단측은 피뢰기를 생략하여도 된다.

향후 이 연구결과를 바탕으로 지중케이블계통으로 침입한 뇌서지의 영향을 효과적으로 줄이기 위한 방안에 대한 연구가 계속 진행될 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2004년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구됨

참 고 문 헌

- [1] K. Nakada, "Energy Absorption of Surge Arresters on Power Distribution Lines due to Direct Lightning Strokes" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 12, No. 4, October 1997.
- [2] 電力中央研究所 "配電線 耐雷設計 ガイド", 2002. 2.
- [3] IEEE Std 1299/C62.22.1-1996, "IEEE guide for the connection of surge arresters to Protect Insulated, Shielded Electric Power Cable Systems"
- [4] Juan A. Martinez, "Surge Protection of Underground Distribution Cables", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 2, APRIL 2000.
- [5] R. E. Owen. "Surge Protection of 35kV UD Cable Systems" 7th IEEE/PES Transmission and Distribution conference and Exposition, April 1-6, 1979.
- [6] KEPCO, "배전선 절연설계에 관한 연구(II)" 1992. 3
- [7] S. Yokoyama and A. Asakawa "Experimental Study of Response of Power Distribution Lines to Direct Lightning Hits" IEEE Transmission and Distribution Committee, September 1, 1988.
- [8] IEEE Working Group 3.4.11, "Modeling of Metal oxide surge arresters", Transactions on Power Delivery, Vol.7 NO. 1, January 1992.
- [9] IEEE Std C62.22-1991, "IEEE Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current System"
- [10] W. Bassi "Evaluation of Currents and Charge in Surge Protective Device in Low-Voltage Distribution Networks due to Direct Lightning Strikes" Conference Publication No. 482, CIRED 2001, 18-21 June 2001.
- [11] IEEE Std 987-2001, "IEEE Guide for the Application of Composite Insulators"
- [12] KEPCO, "배전분야 설계기준-3500(접지공사)" 1999. 7.
- [13] KEPCO, "배전분야 설계기준-3800(배전선 내뢰기준)" 1995. 10.
- [14] KEPCO, 2000-0133-단45 ES 100~130 "標準 購買施方書" 2000.
- [15] KEPCO, 2000-0133-단45 ES 140~900 "標準 購買施方書(II)" 2000.
- [16] KEPCO, KRC-89D-J02 "배전용 CN-CV케이블과 접속재의 열화사고 방지대책에 관한 연구" 1991. 7.

저 자 소 개



김 상 국 (金 相 國)

1977년 5월 28일 생. 2002년 원광대 공대 전기전자공학부 졸업. 2002년~현재 동 대학원 석사과정.

Tel : (063)850-6735

E-mail : santafe39@empal.com



정 체 균 (鄭 彩 均)

1973년 7월 14일 생. 1999년 원광대 공대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사) 2002년~현재 동 대학원 박사과정.

Tel : (063)850-6735

E-mail : chekyun@wonkwang.ac.kr



이 증 범 (李 鍾 範)

1955년 7월 12일 생. 1981년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1987~1990년 한국 전기연구원 지중송전연구실 실장. 1997~1998년 미국 Texas A&M University 객원교수. 현재 원광대 공대 전기전자 및 정보공학부 교수.

Tel : (063)850-6735

E-mail : ipower@wonkwang.ac.kr



박 왈 서 (朴 曰 緒)

1951년 5월 1일 생. 1982년 원광대 공대 전기공학과 졸업. 1985년 조선대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 원광대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 원광대 공대 전기전자 및 정보 공학부 부교수.

Tel : (063)850-6890, Fax : 063-850-6890

E-mail : wspark@wonkwang.ac.kr