

지중배전계통에서의 분기선로의 서지특성 해석

이 장 근* , 이 종 범 , 이 재 봉
원광대학교 한전전력연구원

Analysis of Surge behavior on Branch Line in the Underground Distribution Systems

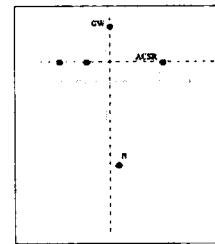
Jang-Geun Lee* , Jong-Beom Lee , Jae Bong Lee
Wonkwang University KEPRI

Abstract - This paper describes the overvoltage of branch line in underground distribution systems when the direct lightning surge strikes on conductor of overhead line. Distribution systems are very complex because that includes so many branch lines, transformers, switches and so on. Therefore model systems consist of overhead distribution lines, underground cable include branch lines, lightning source and switches. Those are established by EMTP/ATPDraw. Simulation analyzes surge behavior on branch lines considering various conditions in underground distribution systems. Simulation results show overvoltage with location in various cases.

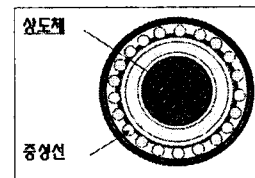
하여 500kHz 선로로 모델링 하였고, EMTP/ATPDraw 내의 선로 정수 계산 프로그램인 ATP-LCC를 이용하여 계산하였다[5-8]. 그림 1은 배전선로 모델의 가공선로와 케이블 모델을 나타내고 있다.

1. 서 론

도심지 건설의 증가와 함께 인구 집중으로 인하여 도심지의 전력 수요 밀도는 급격히 증가하고 있는 상황에서 가공선로의 건설 부지 확보가 어려워지고, 도시환경조화 등을 충족시키기 위하여 지중배전계통의 증가의 필요성은 날이 증대 되어지고 있다. 이에 따라 지중배전계통에 고 신뢰 운용기술을 확보하고, 전력 품질을 향상시키기 위해 보다 많은 투자 및 연구의 필요성은 더욱더 증가하고 있는 실정이다. 그럼에도 불구하고 국내 지중계통에 관한 과도현상 해석 및 보호대책에 관한 연구는 미약하여 국내 상황에 맞지 않는 보호 기준을 가지고 있어 계통보호에 미약한 실정이다[1]. 또한 지중선로는 가공선로에 침입한 뇌서지로 인해 케이블의 열화를 촉진시키고, 영구 고장을 발생시키는 주요한 원인 중에 하나로 작용하고 있으며, 이로 인해 지중 선로에서 고장이 발생했을 경우 가공선로에 비해 상대적으로 큰 복구비용과 시간이 소요된다. 그러므로 국내에서 배전계통에서 과도현상 발생시 지중케이블을 보호하기 위해 국내에서 사용되고 있는 케이블의 종류, 선로의 구조 및 특성, 기자재 특성 등을 고려하여 과도현상의 정확한 해석이 요구되며, 이 해석결과에 따른 피뢰기나 접지 등 계통과 기기들의 보호 협조 방안을 수립하는 것이 매우 시급하다고 하겠다[2]. 따라서 본 논문에서는 현재 배전계통의 실데이터를 적용하여 가공선로, 지중케이블, 뇌격, 및 기타 배전용 기기들을 EMTP/ATPDraw로 모델링 하였다. 이것을 통하여 가공배전선로에 직격뢰가 침입하였을 때 선로를 통하여 지중배전계통으로 유입되는 서지에 의하여 지중 배전계통의 분기선로에 발생하는 과전압을 케이블 길이 및 분기 위치에 따라 해석하였다. 이 결과는 지중배전계통에 복잡하게 분포 되어있는 분기선로를 보호하기 위한 적절한 보호 대책 수립 및 지중배전계통의 절연협조 수립에 기여 할 것으로 사료된다.



(a) 가공선로장주도



(b) 케이블 모델

<그림 1> 선로 모델

모델링의 접지는 설계기준-3500(접지공사)에 의하여 가공선로의 가공지선과 중성선은 매 전주마다 접속하였다[9]. 현재 배전선로에서는 22.9kV 3상 4선식 다중 접지방식을 채택하고 있고, 선로용 케이블의 동심 중성선은 접지개소마다 각심 일괄하여 합성저항값 5Ω/km 이하를 유지하여 식 (1)에 따라 적용하여 모델링 하였으며, 피뢰기는 입상전주에만 설치하였고, 접지 저항은 10Ω을 적용하였다. 피뢰기가 설치된 입상전주의 가공지선 접지는 서로 공동으로 접지 하였다[10].

$$R = 1.2 \left(\frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}} \right) \quad (1)$$

여기서 R : 합성저항값

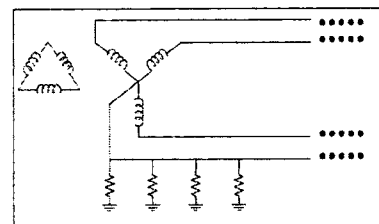
r_k : 지점 k의 접지저항 ($k = 1, 2, \dots, n$)

2. 본 론

2.1 배전계통 모델링

2.1.1 선로 모델링

본 논문에서는 가공선로와 지중선로를 분리하여 모델링 하였다. 이에 따라 가공선로는 1회선을 70m를 모의 하였고, 가공선로의 선종은 가공지선은 ACSR 32mm², 상도체는 ACSR 160mm², 중성선은 ACSR 95mm²를 적용하였다. 그리고 지중케이블에서의 가공선로의 투반사로 인한 케이블로의 영향을 줄여 보다 정확한 서지특성의 분석을 위해 가공선로의 반사파를 제거하였고, 이를 위하여 가공선로 말단은 정합저항으로 모델링 하여 처리하였다. 지중선로는 CNCV-W 케이블 60mm²을 모델로 하였으며, 현재 국내 지중배전계통에서 가장 많이 사용하고 있는 관로식 삼각배열을 구성하여 모델링 하였다. 검토모델의 선로정수는 뇌서지의 뇌과전압을 계산을 위하여 주파수 독립 모델인 분포정수를 이용

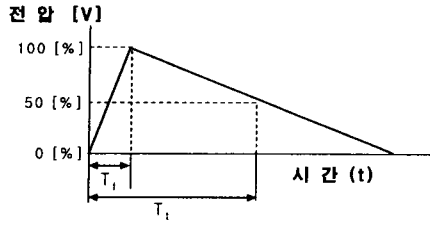


<그림 2> 다중 접지 모델

그림 2는 배전계통의 다중 접지 모델을 나타내고 있다.

2.2 뇌격 특성

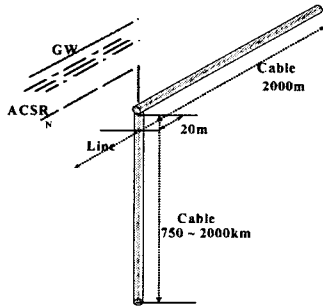
뇌격은 그림 3과 같은 램프파를 인가하였고, 뇌격 파형은 국내 연구를 근거로 $2 \times 70 \mu\text{s}$ 를 선정하였으며, 파고치는 15kA를 적용하였다[1]. 뇌격의 침입점은 가장 가혹한 경우를 고려하여 케이블 입상점으로부터 20m 앞단에 위치한 접지가 이루어지지 않은 전주를 선정하였다.



<그림 3> 뇌격 모델

2.3 검토 모델

논문에서의 검토 모델은 그림 4와 같이 모델링 하였고, 지중배전선로에 많은 부분을 차지하고 있는 분기선로의 다양한 유형을 고려하여 여러 가지 Case를 선정하였고, 또한 분기선로의 다양한 서지 특성을 분석하기 위하여 분기지점을 다양하게 변화시켜 시뮬레이션을 수행 하였다. 선정 되어진 각 Case는 표 1로 나타내었고, 분기되어진 케이블의 길이는 분기되어진 위치별로 750m, 1250m, 2000m를 적용하였으며, 분기 되지 않은 모선의 길이는 모두 똑같이 2000m를 적용하였다. 각 선로의 케이블의 종류는 모두 동일하게 CNCV-W 케이블 60mm^2 을 사용하였고, 검토 모델은 그림 4와 같다.



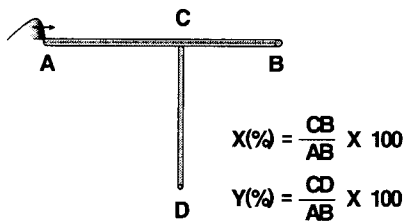
<그림 4> 검토 모델

<표 1> 검토 모델

분류	조건
Case1	입상점 분기 분기선로 케이블 길이 (750m, 1250m, 2000m)
Case2	케이블 750m 지점 분기 분기선로 케이블 길이 (750m, 1250m, 2000m)
Case3	케이블 1250m 지점 분기 분기선로 케이블 길이 (750m, 1250m, 2000m)

2.4 분기선로에 관한 영향 검토

모델에 관한 영향 검토는 각 Case 별로 실행하였고, 시뮬레이션 분석 결과를 그림 5로 요약하였다.



<그림 5> 분기선로의 % 길이

그림 5는 시뮬레이션 분석을 돕기 위하여 분기선로의 길이를 %로 환산하는 방법을 나타내었고, X는 모선 케이블을, Y는 분기

선로 케이블을 각각 나타낸다.

X(\%) \ Y(\%)	37.5	62.5	100
37.5			
62.5			
100			

<그림 6> 분기선로 %길이에 따른 최대 발생 과전압

그림 6은 모선 및 분기선로의 거리를 그림 5에서의 계산방법을 이용하여 %거리로 환산하여 나타내었고, X 표시는 각 Case별 최대 발생 과전압의 위치를 나타내고 있다.

그림 6에서 시뮬레이션 결과를 분석하여 나타난 것과 같이 모든 Case에서 가장 큰 과전압이 발생한 지점은 케이블 말단으로 나타났고, 입상전주 피뢰기는 케이블 말단까지 보호 범위가 미치지 않음을 알 수 있었다. 또한 분기선로의 길이 및 분기 위치에 따라 최대과전압 발생위치는 각각 다르게 나타났다.

3. 결 론

본 논문에서 분기선로의 선로길이 및 분기위치를 변화시켜 다양한 Case를 선정하여 시뮬레이션 수행 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 모든 Case에서 가장 큰 과전압이 발생된 위치는 모선 및 분기선로의 케이블 말단이다.
- (2) 케이블 입상점에서 분기선로의 케이블이 분기된 경우 분기선로의 길이와 상관없이 분기선로의 케이블의 발생과전압이 모선케이블 보다 높게 발생한다.
- (3) 분기선로(CD)와 모선(CB)의 길이가 같을 경우 분기선로(CD)의 말단에서 좀 더 높은 과전압이 발생한다.
- (4) 분기선로(CD)의 케이블 길이가 길 경우 분기지점과 상관없이 분기된 케이블 말단이 모선의 케이블 말단보다 더 큰 과전압이 발생된다.

가공선로 입상전주에만 피뢰기가 설치되어 있는 경우 최대과전압은 케이블 말단에서 발생 하였고, 분기선로의 케이블의 길이 및 분기점의 위치에 따라 최대과전압 발생지점이 다르게 나타났다. 이에 따라서 분기된 선로의 보호를 위하여 피뢰기 적정 위치 및 기타 분기선로에 관한 보호 방안에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, “배전계통 절연협조 기준 정립에 관한 연구”, 한국전력공사, 2003
- [2] 배전계통 이상전압 측정 및 대책 연구 2000.8
- [3] 한국전력공사, “배전선 절연설계에 관한 연구(I)”, 한국전력공사 기술연구원, 1989
- [4] 한국전력공사, “배전선 절연설계에 관한 연구(II)”, 한국전력공사 기술연구원, 1992
- [5] 한국전력공사, “표준 구매시방서(2000-0133 단45 ES 100~130)”, 2000
- [6] 한국전력공사, “표준 구매시방서(2000-0133 단45 ES 140~900)”, 2000
- [7] 한국전력공사, “지중실무 I”, 한국전력공사 중앙교육원, 2005
- [8] 한국전력공사, “지중실무 II”, 한국전력공사 중앙교육원, 2005
- [9] 한국전력공사, “배전분야 설계기준-3500(접지공사)”, 1999
- [10] 한국전력공사, “배전지중편 설계기준-5300(지중구조물)”, 2000