

혼합송전계통에서 재폐로 해석을 위한 모델수립 및 개폐과전압해석

임광식*, 이종범*, 강지원**, 정채균**
원광대학교* 전력연구원**

Modeling and Switching Overvoltage Analysis for Reclosing Analysis in Combined Transmission Systems

Kwang-Sik Lim*, Jong-Beom Lee*, Ji-Won Kang**, Chae-Kyun Jung**
Wonkwang University* KEPRI**

Abstract - This paper describes modeling using the EMTP/ATPDraw for reclosing analysis in 154kV combined transmission systems, and analyzes switching overvoltage. Current transformer established at lead-in area and lead-out area in transmission line and circuit breaker were modeled using TACS in the EMTP/ATPDraw. And also MODELS was constructed by signal processing of the operating reclosing. The simulation was carried out the switching overvoltage according to the length of overhead and underground transmission line, overvoltage between sheath and earth, and voltage between joint boxes.

1. 서론

최근 도심지를 중심으로 인구집중현상이 나타나고 이에 따른 전력수요 또한 대도시 중심으로 전력수요가 급증하고 있다. 이로 인하여 송전선로의 건설의 필요성이 증대되고 있으나 도심지 통과 및 환경적인 요인 등으로 인하여 지중송전선로 뿐만 아니라 변전소 구간의 송전선로의 경우와 기존의 가공선로의 일부 구간을 지중화 요구에 따라 가공선로와 지중선로가 혼합된 복합송전선로가 증가하고 있으며, 이에 따라 혼합송전선로의 중요성도 커질 것으로 예상된다[1].

일반적으로 지중선로 사고의 발생빈도는 낮으나 사고가 발생하게 되면 그 과급효과는 가공에 비해 크게 나타난다. 이러한 큰 과급효과 때문에 혼합송전선로에서 지중선로 고장 발생시 강행송전 금지를 원칙으로 하고 있다. 그러나 혼합송전선로에서의 고장 발생시 전체의 약 80%를 순간고장이 점유하고 있고 순간고장의 대부분도 지중선로가 아닌 가공선로에서 발생되고 있다. 따라서 고장 발생시 강행송전 금지는 고장복구 시간 지연 및 공급신뢰도 저하요인이 된다. 즉, 국내에서 차단기의 투입 및 차단 또는 재투입의 동작에 대한 개폐과전압에 관한 체계적이고 다양한 기술적 분석이 이루어지지 않아 재폐로 미시행에 따른 혼합송전선로 운영상의 어려움을 안고 있는 실정이다[1-3].

따라서 본 논문은 혼합송전선로 1회선을 EMTP/ATPDraw를 사용하여 모델링 하고 재폐로 시행을 위한 인입부와 인출부의 변류기(CT)와 차단기 모델링을 EMTP/ATPDraw 내의 TACS 소자를 사용하여 하였으며, 변류기(CT)의 데이터를 가지고 재폐로 신호를 위해 내부 MODELS를 이용하여 모델링 하였다[4-5]. 앞의 모델링을 바탕으로 혼합송전선로에 가공선로와 지중선로의 길이 비율에 따른 도체의 개폐과전압, 시스-대지간전압, 절연통간전압 등을 시뮬레이션을 통해 분석함으로써 혼합송전선로의 보호 방안 및 재폐로 시행여부를 판정하는데 이용하도록 하였다.

2. 본론

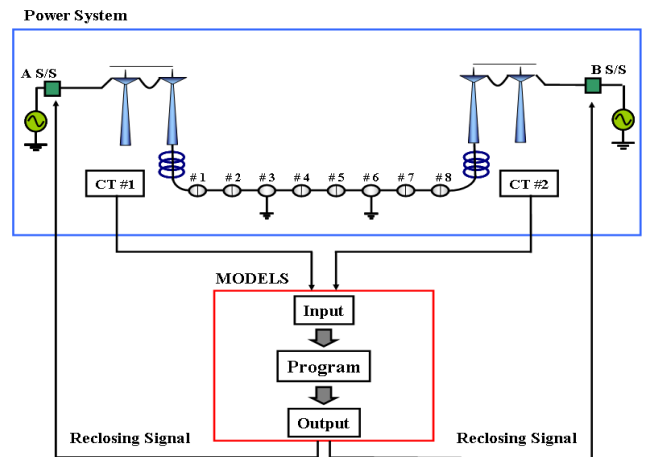
2.1 계통의 모델링

본 논문에서는 사용된 혼합송전선로는 국내 운용중의 실제 계통의 데이터를 가지고 EMTP/ATPDraw를 이용하여 모델링을 하였으며, 혼합송전계통도는 그림 1과 같다.

가공선로는 154[kV] ACSR 330[mm] 6.7[km]를 모의하였으며, 지중선로는 154[kV] XLPE 2000[mm] 케이블을 전력구식 삼각배열의 포설방식을 적용하여 선로공장 2.7[km]를 모의 하였다. 각각의 케이블의 배치는 실제 계통에서 사용되는 154[kV] 절탑과 전력구내 케이블 표준배치에 의거하여 적용하였다. 또한 케이블 데이터를 이용하여 EMTP/ATPDraw의 선로정수 계산 프로그램인 ATP-LCC를 사용하여 대지저항률 100[Ω-m]을 적용하여 선로정수를 산출하였다[4].

뇌 또는 개폐 임펄스 등의 이상전압 침입시 지중케이블의 절연통과 방식층 보호를 위해 절연통보호장치(CCPU)를 설치한다. ZnO 성분으로 제조된 절연통보호장치(CCPU)는 EMTP/ATPDraw의 비선형 소자인 type-99를 사용하여 모델링하였다. 절연통보호장치 결선방식은 교락비접지방식을 적용하였다. 접지는 양단전원은 변전소 메쉬에 접지됨으로

1[Ω], 인입단과 인출단의 접지 1[Ω], 중간접속부 10[Ω], 가공선로에서의 탐각저항은 25[Ω]를 적용하였다[3].



〈그림 1〉 혼합송전계통도 및 재폐로 신호

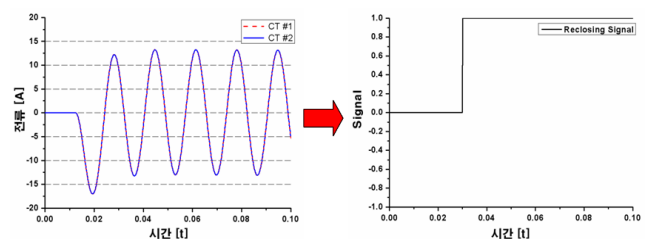
2.2 변류기 및 차단기

그림 1과 같이 혼합송전선로에서 인입부와 인출부에 설치되어 있는 변류기(CT)와 차단기는 TACS소자를 사용하여 모델링 하였으며, 변류기(CT)에서 얻어지는 데이터를 가지고 ATP내에 MODELS를 사용하여 재폐로 신호를 처리한 후 차단기에 신호를 보낸다[5]. 재폐로 신호는 그림 2와 같이 전류의 방향으로 일치하면 재폐로 시행하며, 불일치 할 경우에는 재폐로를 시행하지 않는다.

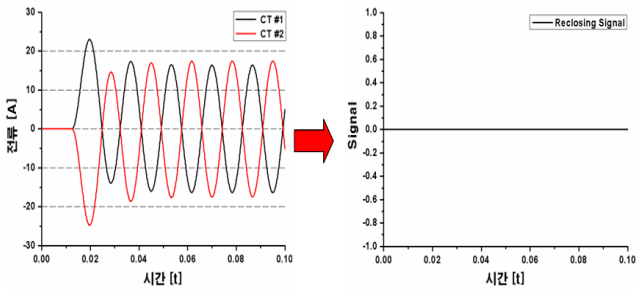
고장	CT # 1	CT # 2
가공선로 1	→	→
지중선로	←	←
가공선로 2	←	←

〈그림 2〉 재폐로 판별방법

그림 2와 같이 가공선로에서 고장이 발생할 경우는 전류의 방향이 일치하게 되고 지중선로에서 고장이 발생할 경우에는 전류의 방향이 일치하지 않게 되는데 그림 3과 4는 고장 발생시 인입부와 인출부에서 변류기(CT)가 취득하는 전류와 취득한 전류 데이터를 가지고 MODELS를 이용하여 재폐로 신호를 나타낸 것이다.

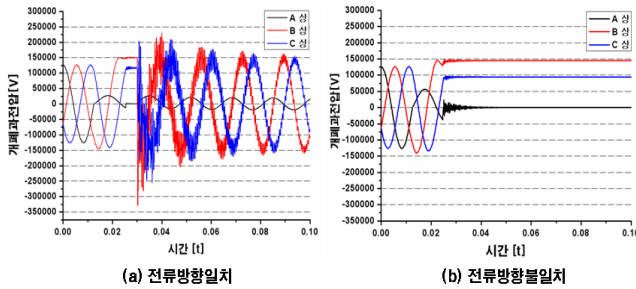


〈그림 3〉 전류의 방향이 일치하는 경우 재폐로 신호



〈그림 4〉 전류의 방향이 일치하지 않는 경우 재폐로 신호

그림 5는 a상에서 0.0126초에서 지락고장이 발생한 후 차단기에 의해 0.02초에 차단이 되고 재폐로 신호에 따라 (a)는 가공선로의 고장으로 판별하여 차단동작 후 0.01초 후에 재투입 신호에 의해 나타나는 전원단 전압이고 (b)는 지중선로의 고장으로 판별하여 재투입 신호가 없어 나타나는 전원단 전압이다.



(a) 전류방향일치

(b) 전류방향불일치

〈그림 5〉 전원단 전압

2.3 시뮬레이션 및 결과 고찰

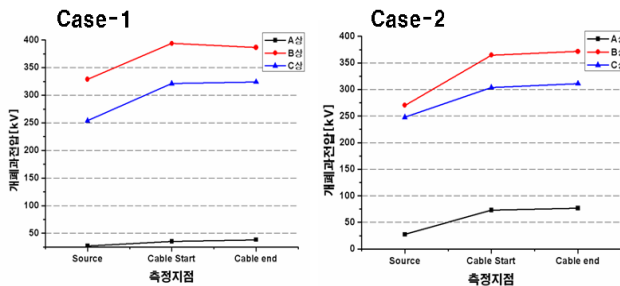
본 논문에서는 가공선로의 길이 70[%]와 지중선로의 길이 30[%]의 비율로 하여 표 1의 사례를 적용하였으며, 개폐 과전압 해석을 위해 부하단은 개방하였고 차단동작 후 전하가 충전된 지중선로에 재투입을 통하여 서지를 분석하였다.

〈표 1〉 사례적용

CASE	가공선로	지중선로	가공선로
Case-1 (가공-지중-가공)	3.7[km]	2.7[km]	3[km]
Case-2 (가공-지중)	6.7[km]	3.7[km]	×

2.3.1 도체의 개폐과전압

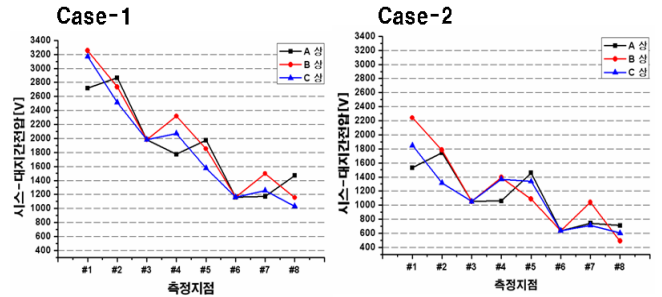
그림 6은 Case-1과 Case-2의 계통에서 a상에 지락고장을 차단한 후에 재투입으로 나타나는 도체의 개폐과전압을 나타냈다. 그림 5의 (a)에서 0.02초와 0.03초 사이에 전압이 직전으로 나타나는데 이것은 지중선로에 전하의 충전을 나타내며, 이 충전된 전하가 클수록 더 큰 개폐과전압이 나타난다. 그리고 Case-1은 지중선로의 시작부분에서 최대과전압이 나타난다. 그것은 지중선로의 말단부분에서 가공선로의 영향으로 인하여 도체의 개폐과전압이 지중말단부분에서 감소하는 것으로 판단되어지며, Case-2는 지중선로의 말단부분에서 최대 도체 개폐과전압이 나타나고 있다.



〈그림 6〉 도체 개폐과전압

2.3.2 시스-대지간 전압

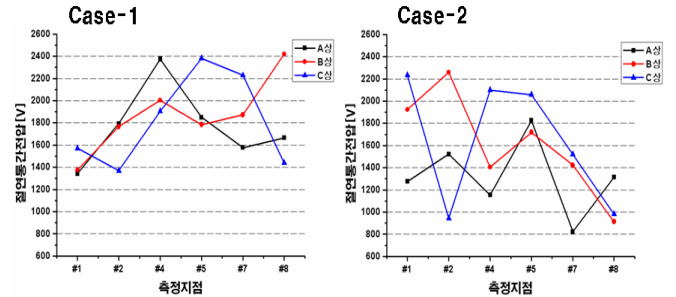
그림 7은 A S/S에서 차단동작 후 재투입시 지중케이블의 각 상에서 시스-대지간 전압을 나타낸 그림이다. 그림과 같이 시스-대지간 전압은 #1 측정지점에서 Case-1의 경우는 최대 3.2[kV], Case-2의 경우는 최대 2.3[kV]가 유지된다. 전체적으로 케이블의 종단부분으로 갈수록 시스-대지간 전압은 감소하는 특성을 보이고 있다.



〈그림 7〉 시스-대지간 전압

2.3.3 절연통간전압

그림 8은 재투입시 지중선로의 절연통보호장치의 절연통간전압을 나타내고 있다. 일반적으로 개폐서지의 경우는 뇌서지에 비해 크기는 작지만 계통에 미치는 영향의 지속시간 길기 때문에 시스계통에 큰 영향을 줄 수 있다. 그림 8을 보면 절연통보호장치의 보호레벨인 50[kV]에 대해 Case-1과 Case-2 경우 모두 큰 여유를 보이고 있어 절연통보호장치(CCPU)에는 문제가 없을 것으로 판단되어진다.



〈그림 8〉 절연통간전압

3. 결 론

본 논문은 재폐로 시행을 위한 MODELS를 사용하여 모델링하고 이를 적용하여 Case-1(가공-지중-가공)과 Case-2(가공-지중)으로 이루어진 혼합송전선로에서의 재투입시 개폐과전압에 대해 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 도체의 개폐과전압은 Case-1이 Case-2의 경우보다 크게 나타나지만 Case-1의 경우는 지중선로의 종단부에 가공선로가 연결되어 개폐과전압이 감소하는 특성을 나타낸다.
2. 시스-대지간 전압은 전원단에서 가장 높게 나타나며, 부하단으로 갈수록 영향이 감소하는 특성을 나타낸다.

향후 보다 정확한 재폐로 신호처리에 대한 모델링을 하고 이를 적용하여 더욱 다양한 조건에서 재폐로시 혼합송전선로의 과도현상을 분석할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 기술연구원 “지중송전 케이블의 써지 보호대책에 관한 연구(최종보고서)”, 1993.6
- [2] 전력연구원, “송전용량 증대를 위한 열방산회로 개선에 관한 연구(최종보고서)”, 2003.3
- [3] 전력연구원, “지중송전계통의 접지기술 정립에 관한 연구(최종보고서)”, 1998.1
- [4] 한국전력공사 중앙교육원 “지중설비 I, II”, 2000.5
- [5] 기초전력연구원 “EMTP 중급자 강좌” 2004