

HVDC 해저케이블 고장점 탐지를 위한 EMTP 모델링

양병모, 박진우, 박준우, 최경규, 강지원, 윤형희
한국전력공사 전력연구원

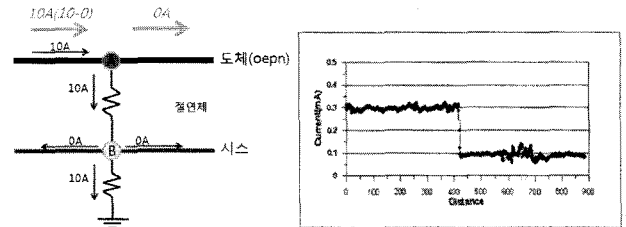
EMTP Modeling for Fault Location in HVDC Sea Submarine Cable

B.M Yang, J.W Park, J.W Park, K.K Choi, J.W Kang, H.H Yoon

Korea Electric Power Corporation / Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 제주-해남간 운영중인 HVDC 해저케이블에서 발생한 절연 파괴사고('06.4)와 관련하여 씨징코일을 이용한 고장점 탐색을 실시하고 고장지점 추정 및 향후 대책마련에 활용하고자, 제주-해남 HVDC 해저케이블 고장점 모의용 EMTP 모델링을 개발하였으며 유인잠수정을 이용한 실측 데이터 값과 EMTP를 활용한 시뮬레이션값을 비교하였다. 향후, 다양한 HVDC 해저케이블 고장유형에 따른 과도해석용 시뮬레이션을 위하여 본 논문에서 개발한 EMTP 모델링 활용이 가능할 것으로 생각된다.

차가 작아 변곡점을 찾기 힘든 단점이 있다.

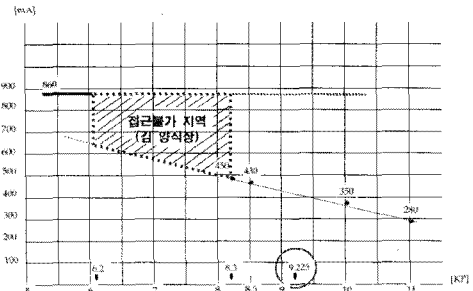


<그림 2> 씨징코일을 이용한 Pin Pointing 예

제주-해남간 HVDC 해저케이블 고장 발생('06.4)에 따른 고장점 탐지를 위하여 아래와 같은 고장점 탐지를 실시하였다.

- Murray Loop : 13.5km [KP=9.3]
- TDR(Time Domain Reflectometer) : 13.4km [KP=9.2]

또한, 고장점 상세검출을 위하여 씨징코일을 이용한 고장점탐지를 실시하였고 <그림 3>과 같은 데이터를 확보하였으나, 고장점의 고저항에 따른 변곡점은 발생되지 않았다.



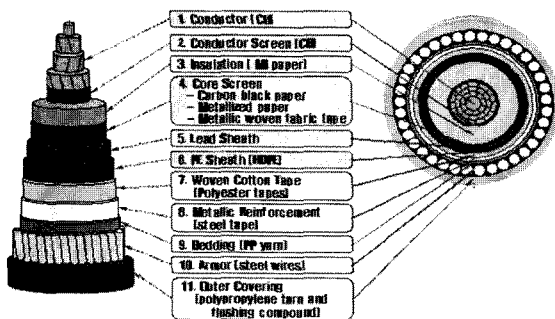
<그림 3> 씨징코일을 이용한 고장점 탐색 실제 데이터

1. 서 론

제주-해남간 HVDC 해저케이블은 제주도 전력계통의 중요한 부분을 차지하고 있기 때문에 안정적인 전력공급이 중요하며 고장시 복구체제 확립을 통한 계통의 안정성확보 또한 중요하다.

HVDC 해저케이블에 대한 예방 대책 및 유사시 복구 시스템의 확립을 통한 고장발생시 신속한 복구가 이루어져야 하며, 고장복구를 위해 가장 먼저 수행되어야 하는 과정이 바로 고장점 탐지이다. HVDC 해저케이블의 경우 고장 발생시 육안으로는 고장점 탐지가 어렵기 때문에 고장점을 찾기 위한 여러 가지 방법들이 개발되어 사용되고 있으며, 현재까지 가장 널리 이용되고 있는 방법은 Murray Loop, TDR, 씨징코일의 방법이 있다.

그러나 전기적인 시험을 통한 HVDC 고장점 탐지는 고장유형에 따른 여러 가지 조건을 고려할 수 없기 때문에 신속 정확한 고장유형별 고장점 탐지를 위해서는 실제 시스템과 유사한 HVDC 해저케이블에 대한 고장점 모의가 필요하기 때문에 전력계통 과도해석으로 가장 널리 사용하고 있는 과도해석프로그램인 EMTP 시뮬레이션을 통하여 그림 1에서 보듯이 실제 운전중인 제주-해남 HVDC 해저케이블 구조를 이용하여 고장점 모델링을 만들었다. 또한 EMTP 모의 시뮬레이션과 실제 씨징코일을 이용한 측정 데이터의 비교분석을 통하여 시뮬레이션의 신뢰도를 향상시켰다.



<그림 1> 제주-해남 HVDC 해저케이블 구조

2. 본 론

2.1 씨징코일을 활용한 HVDC 해저케이블 고장점 탐색

2.1.1 씨징코일을 이용한 고장점 탐색

씨징코일을 이용한 Pin Pointing은 플레밍의 오른손 법칙을 이용한 것으로 케이블에 시험전류를 흘려 이때 발생하는 자계의 변화를 검출하는 것으로 고장점의 직접검출이 가능하다.

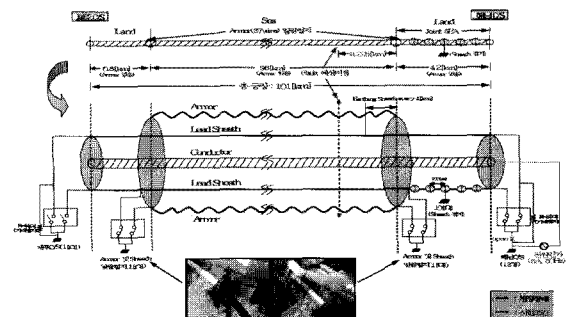
<그림 2>와 같이 차단기를 개방한 상태에서 케이블에 시험전류를 주입하면 고장점에서 전류가 대지로 흘러 고장점 전후에 변곡점이 생기게 되는데 이 변곡점이 바로 고장점이다. 고장점에서의 저항이 고저항 지락이 발생하는 경우 고장점 전후에서의 전류

2.2 HVDC 해저케이블 고장점 EMTP 모델링

2.2.1 실제 계통을 고려한 EMTP 모의 조건

가. 전원투입 회로 및 케이블 주변 전기적 환경 <그림 4 >

- 투입전원 : 5A, 50Hz
- Sheath 가대 저항 : 4.5Ω
- HVDC 해터 케이블 Earthing Point 고려 : 매 4km [목적 : 과도(개폐제지) 케이블 보호용]



<그림 4> 제주-해남 HVDC 해저케이블 구조 Diagram

나. 고장점 모의

- 고장종류 : 지락, 고장점 : 9.225[km]

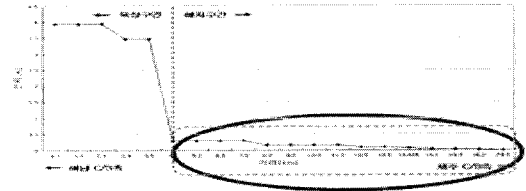
다. 전류 측정위치 및 측정방법

- 육상부 : 매 700[m], 해상부 : 매 1[km]
 - 측정방법 ; 전류 벡터합 RMS값 (써칭코일을 이용한 자속 방법 모의 : 자속측정 후 전류 RMS 값 변환)

라. HVDC 해저케이블의 전기 및 재료상수

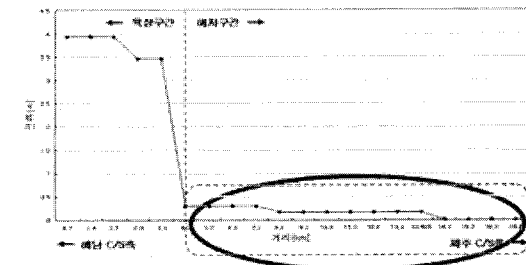
<표 1> 제주-해남 HVDC 해저 케이블 전기, 재료 상수값

구분	두께 (t[mm])	외경 (D[mm])	비고
Conductor	-	32.6	저항률 = 1.724[$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]
Conductor Screen	0.6	33.8	-
Insulation	9.5	52.8	유전율 = 4
Core Screen	0.45	53.6	-
Lead Sheath	2.7	59.1	저항률 = 21.4[$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]
PE Sheath	3.2	65.5	유전율 = 2.3
Bedding Tape	0.35	66.2	-
Reinforcement(Steel Tape)	2*0.3	67.4	-
Bedding Tape(PP)	1.2	69.8	-
Armor (Galvanized Steel, 37Wire Φ 6)	6.15	82.1	저항률 = 10[$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]
Outer Covering	4.1	90.3	유전율 = 2.2



<그림 6> 도체-쉬스간 절연파괴 경우 (Case 2)

도체-쉬스-아모아간 완전지락의 경우(<그림 7> Case 3) Case 1,2와 같이 KP 4, 8, 12 지점에서 측정전류값의 큰 변곡점이 보이며, 실제 고장지점인 KP 9.9225 지점 전에서는 163[mA]인 반면 고장점 후에는 0[mA]로써 모든 전류가 감쇄함을 알 수 있다.



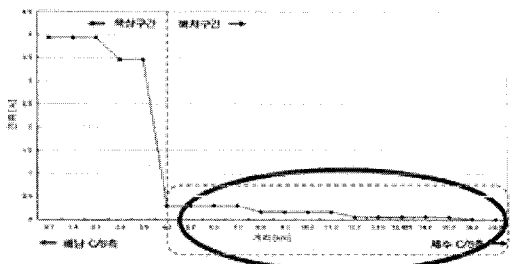
<그림 7> 도체-쉬스간 절연파괴 경우 (Case 3)

2.2.2 제주-해남 HVDC 해저케이블 EMTP 모의 Case 설정

- Case 1 : 도체-쉬스간 절연파괴 경우
- Case 2 : 도체-쉬스-아모아 고저항(100 Ω) 지락
- Case 3 : 도체-쉬스-아모아-해수 완전지락

2.2 HVDC 해저케이블 고장점 EMTP 시뮬레이션 결과

도체-쉬스간 절연파괴의 경우(<그림 5> Case 1) KP 4, 8, 12 지점에서 측정전류값의 큰 변곡점이 보이나, 실제 고장지점인 KP 9.9225 지점 전후에서는 53[mA]로 큰 차이점이 없다.



<그림 5> 도체-쉬스간 절연파괴 경우 (Case 1)

도체-쉬스-아모아간 고저항지락의 경우(<그림 6> Case 2) Case 1과 같이 KP 4, 8, 12 지점에서 측정전류값의 큰 변곡점이 보이며, 실제 고장지점인 KP 9.9225 지점 전후에서는 약 100[mA]로써 감쇄비가 미약함을 알 수 있다.

3. 결 론

HVDC 해저케이블 고장점에 대한 EMTP 모델링 및 시뮬레이션은 아래의 3가지 고장모의를 하였고, 써칭코일을 이용한 실제 데이터와 비교분석을 하였다.

- 가. Case 1(도체-쉬스 절연파괴) 및 Case 2(도체-쉬스-아모아 고저항 지락)의 경우 케이블의 Earthing Point에서 전류값의 변곡점 발생
 - 나. Case 3(도체-쉬스-아모아 완전지락)인 경우 실제 고장점에서인 KP=9.225에서 변곡점 발생
- 결론적으로 HVDC 해저케이블 고장점 탐지를 위해서는 고장점에 대한 완전지락조건이 선행되어야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 지중송전 케이블 시스템, 한국전력공사
- [2] EMTP Guide Book
- [3] 제주-해남간 HVDC#2T T/L 케이블 고장시험 보고서, 서울전력관리처
- [4] Innovatium Ultra system Operation & Technical Manual