

HVDC 육상케이블 매설위치 탐지특성 분석

안용호※, 장병태, 송인준, 곽노홍, 황갑철, 정길조, 이태희

한전전력연구원, 한전전력연구원, 한전전력연구원, 한전전력연구원, 한전전력연구원, 한국전력공사, (주)서브씨테크놀로지

Study on the Searching Property of Buried Position for HVDC Land Cable

Y.H.An, B.T.Jang, I.J.Song, N.H.Kwak, K.C.Hwang, G.J.Jung, T.H.Lee

KEPRI, KEPRI, KEPRI, KEPRI, KEPRI, KEPCO, Subseatech.Ltd.

Abstract - 본 논문은 HVDC 해저케이블 육상구간 지중선로 매설경과 지 탐지와 관련하여, 해남-제주간 연계선로의 지중구간에 매설된 HVDC 지중케이블의 정확한 매설경과지 정보 획득 가능성 진단을 목적으로 HVDC 시스템 운전상태에서 해저케이블 탐지 시스템을 육상에 적용하여 현장탐색 측정을 실시한 결과 및 향후 가능성을 제시하였다.

1. 서 론

해남-제주간 HVDC 시스템은 육지의 값싼 전력을 제주도에 공급하기 위한 설비로 1991년 10월에 착공하여 1997년 11월에 준공하였으며, 1998년 3월 1일 상업운전을 개시하여 현재까지 운전 중인 설비이다[1]. 현재 운전 중인 HVDC 시스템은 2개의 회선(+180[kV], -180[kV])으로 구성되어 Bi-Pole 운전을 기본으로 하며, 1 Pole당 설비용량은 180[kV], 840[A], 150[MW]로 총 300[MW]의 전력을 공급할 수 있는 능력을 갖추고 있다. 평상시 운전은 비상시를 대비하여 1개의 Pole당 75[MW], 420[A]로 운전하고 있다. 본 논문에서는 HVDC 운전상태에서 육상구간 지중에 매설된 HVDC 전력케이블의 매설위치의 탐지 가능성을 입증하기 위한 탐색 시스템 구성, 탐색방법, 탐색결과를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 HVDC 케이블 특성

HVDC 케이블은 해저케이블과 육상케이블로 다음과 같이 분류할 수 있으며, 주요 특성은 표1과 같다.

<표 1> HVDC 해저케이블 특성

구분	단 위	특성 값
직류저항 - 20℃ - 50℃	Ω/km	0.0221 0.0247
최대손실(I=840A, 50℃) - m 당 - 101km	W/m kW	17.4 1,757
커패시턴스	μF/km	0.53
인덕턴스	mH/km	0.095
임피던스	Ω	13.4

2.1.1 HVDC 해저케이블

HVDC 해저케이블은 총 11개 층으로 구분되며, 해남-제주간 101km 중 96km의 해저구간에 포설되어 있으며 주요 제원은 표2와 같다.

<표 2> HVDC 해저케이블 구성

구성 요소	재 질	직경 (mm)	비 고
Conductor	Copper	32.6	단면적:800mm ²
Conductor Screen	Carbon Black Paper	33.8	
Insulation	Mass Impregnated Paper	52.8	유침지 절연
Core Screen	Carbon Black Paper Metalized Paper Metallic Woven Fabric Tape	53.5	
Lead Sheath	Lead Alloy Sheath	58.9	
Polyethylene Sheath	Polyester Tapes	65.3	
Bedding Tapes	Polyester Tapes	66.0	
Reinforcement	Galvanized Steel Tapes	67.2	
Bedding Tapes	Polyester Tapes	69.6	
Armor	Galvanized Steel Wires	81.9	(φ6mm×37)
Outer Covering	Polypropylene Roving and Flushing Compound	90.1	Polypropylene Yarn

2.1.2 HVDC 육상케이블

HVDC 육상케이블은 총 9개 층으로 구분되며, 표2에서 Bedding Tape와 Armor를 제외한 형태로 구성되어 있으며, 해남-제주간 101km 중 해남에 4.2km, 제주에 0.8km의 육상구간에 포설되어 있다.

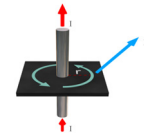
2.2 측정장치 및 방법

2.2.1 측정원리

탐지 기본원리는 그림 1과 같으며, Magnetic Flux Gate를 이용한 자기검출방식을 사용하였다[2].

$$H = I/2\pi r \text{ [AT/m]}$$

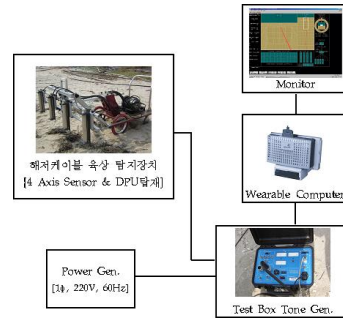
$$B = \mu H = \mu I/2\pi r = 200I/2\pi r \text{ [nT]}$$



<그림 1> 암페어의 법칙

2.2.2 측정장치

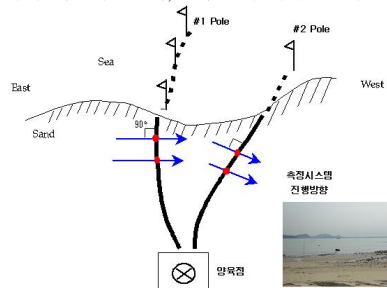
시험에 사용한 측정시스템은 해저케이블 육상탐지장치, 모니터, Wearable Computer, Test Box Tone Gen. Power Gen. 로 구성하였으며, 그림 2에 나타내었다.



<그림 2> 측정시스템 구성

2.2.3 측정방법

HVDC 해저케이블 육상구간 탐색은 미확인 경과지 전체에 대한 개략적인 패턴 파악이 필요할 경우, 노이즈의 영향이 있고, 자계의 감쇄가 비교적 큰 지중에서 개략적인 경과지 정보를 알고 있는 상태에서 측정 데이터 중 Signal 값 정도만 양호하게 포착될 경우 가장 적합한 직각탐색법을 적용하여 시행하였으며, 그림 3에 나타내었다.

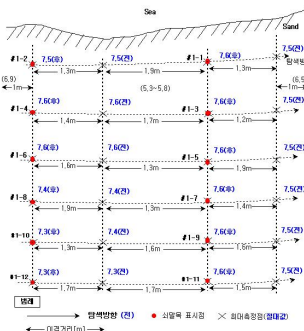


<그림 3> 측정방법

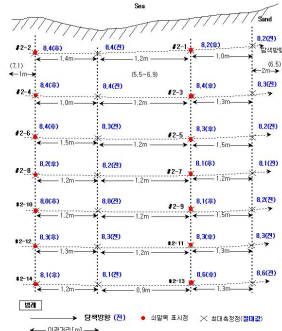
2.3 탐색측정결과 고찰

2.3.1 측정결과

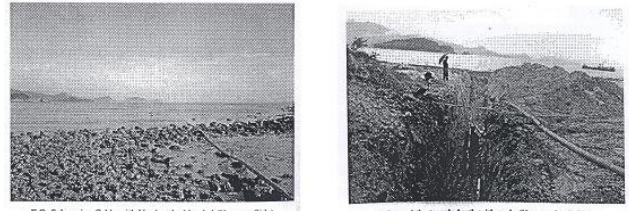
‘양육점~해안’ 구간은 기계적 성능 강화를 위해 Armor층을 추가한 HVDC 해저케이블이 주철관으로 보호된 구간으로 탐색하여 측정한 결과는 #1 Pole은 그림 4, #2 Pole은 그림 5에 나타내었다.



<그림 4> #1 Pole



<그림 5> #2 Pole



<그림 8> #2 Pole 광케이블 매설공사 장면

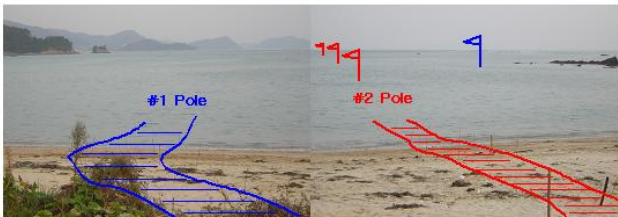
즉, 그림 7의 해저케이블 경과 표시도 상 표시 깃발 1개가 위치해 있는 곳은 #2 Pole이 매설되어 있지 않을 가능성이 높을 것으로 판단된다. 현장을 육안으로 살펴봐도 인접지역이 암반지역으로 매설이 쉽지 않을 것으로 보이며, 특히 그림 8의 건설당시 자료에서 #2 Pole 광케이블은 Uraduct로 보호하여 2.0m 깊이에 매설된 매설당시 위치를 보아도 표시 깃발 1개가 위치해 있는 곳은 해저케이블이 경과하지 않는 지역임을 짐작할 수 있다[3].

3. 결 론

2.3.2 결과고찰

2.3.2.1 #1 Pole

그림 4, 5의 #1 Pole과 #2 Pole의 탐색 측정값을 토대로 매설 경과지를 사진에 도식하면 그림 6과 같이 약 3~4m의 폭을 형성하며 양육점에서 제주측으로 진행하는 것으로 추정된다. 동일한 조건에서 #1 Pole의 Signal 강도는 7.3~7.6 정도를 나타내었으며, #2 Pole의 Signal 강도는 8.0~8.6 정도를 나타내었는데, Signal 강도의 차이를 보인 주된 원인은 매설깊이의 차이로 인한 것으로 분석된다. Signal 강도는 탐색장치의 원리가 자체검출방식이고, 매설된 해저케이블 선로에 당시 각각 420A의 DC 전류가 흐르고 있는 상태에서 측정된 결과 값으로 동일한 조건에서의 자체는 중심도체와의 이격거리에 반비례하므로 매설깊이가 증가함에 따라 감쇄하는 특성을 가지고 있다.



<그림 6> 탐색결과 매설추정 경과지

매설물 탐지장치를 이용하여 HVDC 해저케이블 매설 경과지를 탐색한 결과와 그림 7의 기존 해저케이블 경과 표시도와 비교한 결과는 다음과 같다. 그림 7에서 매설 경과 표시도상 나타난 해저케이블 위치를 표시도 및 사진을 비교하여 살펴보면 #1 Pole은 표시 깃발 3개가 제주측으로 연이어 있는 우측 Line으로 보여지며, #2 Pole은 표시 깃발 1개가 위치해 있는 좌측 Line으로 보여진다. 매설물 탐지장치를 이용하여 탐색한 결과 추정되는 방향은 그림 6에 나타난 바와 같이 표시 깃발 3개가 제주측으로 연이어 있는 우측 Line이 #2 Pole이 매설되어 있는 경과지로 추정된다. 그리고 #1 Pole은 그림 6에서 #2 Pole의 좌측에 위치하는 것으로 보여진다.



<그림 7> 매설 경과지

따라서 기존 해저케이블 경과 표시도와는 차이가 있는 것으로 보여지며, 이 것에 따른 결과를 비교하여 살펴보면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

#1 Pole 케이블 경과지 내에 2개의 금속 성분을 띤 매설물이 각각 최대 1.9m 폭 이내에 존재할 것으로 보이며, 범위를 확장하여 추측하면, 좌우측 Line에서 최대 값을 나타낸 최 외곽 지점 4.3~4.9m 폭 사이에 #1 Pole HVDC 해저케이블이 존재할 가능성이 높다고 판단된다.

#2 Pole 케이블 경과지 내에 2개의 금속 성분을 띤 매설물이 각각 최대 1.5m 폭 이내에 존재할 것으로 보이며, 범위를 확장하여 추측하면, 좌우측 Line에서 최대 값을 나타낸 최 외곽 지점 3.4~4.2m 폭 사이에 #2 Pole HVDC 해저케이블이 존재할 가능성이 높다고 판단된다.

매설물 탐지장치를 이용하여 HVDC 해저케이블 매설 경과지를 탐색한 결과와 그림 7의 기존 해저케이블 경과 표시도와 비교한 결과, 기존 해저케이블 경과 표시도와는 차이가 있을 것으로 보인다. 즉, 표시 깃발 3개가 제주측으로 연이어 있는 우측 Line이 #2 Pole이 매설되어 있는 경과지로 보이며, #1 Pole은 그림 6에서 #2 Pole의 좌측에 위치할 것으로 보인다.

따라서, 그림 7의 해저케이블 경과 표시도 상 표시 깃발 1개가 위치해 있는 곳은 인접지역이 암반지역으로 매설이 쉽지 않고, 건설당시 자료에서 #2 Pole 광케이블이 매설된 매설당시 위치, 매설물 탐지장치에 의한 탐색 측정결과를 볼 때, #2 Pole이 매설되어 있지 않을 가능성이 높을 것으로 판단된다.

HVDC 해저케이블 육상구간 지중선로 매설경과지 탐색 측정에 사용된 Innovatum Ultra #44 시스템을 육상구간에 적용하여 탐색 측정된 결과를 종합하면, HVDC 운전상태에서도 어느 정도의 오차를 가지고 탐지가 가능할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 송변전사업단 “건설지, 제주-육지간 전력계통 연계사업”, pp169, 324, 1998
- [2] 한국전력공사 전력연구원 안용호 외 “송배전용 해저케이블 점검기술 개발” 최종보고서, pp121~123, 2006
- [3] 한국전력공사 송변전사업단 “건설지, 제주-육지간 전력계통 연계사업”, pp530~531, 1998