

지중송전선로 광 복합 전력케이블 시스템 특성분석

정채균*, 박흥석*, 장태인*, 강지원*, 김종채**, 이동일*
KEPCO 전력연구원*, KEPCO**

Characteristic Analysis of Power Optical Fiber Composite Cable System on Underground Transmission Lines

Chae-Kyun Jung*, Hung-Sok Park*, Tai-In Jang*, Ji-Won Kang*, Jong-Chae kim**, Dong-Il Lee*
KEPCO Research Institute*, KEPCO**

Abstract - This paper describes the characteristics analysis of power-optical fiber composite cable on underground transmission lines. The effects on grounding, air gap and contact resistance are variously analysed using EMTP in normal operating condition. From these results, in this paper, the scheme for protecting the electrically abnormal phenomena will be established on power-optical fiber composite cable of underground transmission lines.

1. 서 론

지중송전선로는 국가적 경제성장과 국민의식 수준향상 등으로 그 수요는 증가하고 있는 추세이다. 아울러 전력설비의 지속적인 확충과 함께 온라인 모니터링 시스템 등 설비 운용의 효율화가 요구되고 있는 시점에, 지중케이블 분야에 있어서는 케이블 선로의 효율적인 운영을 위해 광 복합 기술을 응용한 광 복합 전력케이블의 적용이 점차 확대되고 있는 추세이다. 특히, 광 복합 전력케이블은 광 분포 온도 측정시스템과 연계하여 케이블 선로에서 분포온도를 측정하고, 이를 통한 케이블 선로의 최고온도 지점 관리와 더불어 실시간 송전용량 산정시스템(DRS-Dynamic Rating System)으로 활용되는 등 케이블 운영의 효율성을 극대화하기 위한 방안으로 평가 받고 있다[1].

광 복합 케이블은 SUS 304재질로 되어 있는 광 유니트와 동선직입포 및 알루미늄 시스 등 절연체 외부에 일반 케이블과는 달리 복잡한 구조를 가지고 있으며, SUS Tube 및 동선직입포 간 공극 및 Sub Tube 접지, 외부반도전층과 알루미늄 시스 사이의 불규칙적인 접촉 단면적에 의한 일정하지 않는 접촉저항이 발생할 경우 유도 및 충전전류에 의해 전기적인 이상 현상이 발생할 수도 있다. 그러나, 현재까지 이러한 광 복합 케이블의 구조상의 특성을 고려한 시스템적인 해석은 이루어지지 못했다.

따라서, 본 논문에서는 정상운전시 SUS Tube 말단부 접지시행 여부 영향 및 SUS Tube와 동선직입포 간 공극의 영향, 접촉저항에 따른 충전전류의 영향 등을 다양하게 분석하였으며, 검토 결과를 바탕으로 광복합케이블에서 나타날 수 있는 전기적 이상 현상을 예방하기 위한 방안을 수립하고자 한다.

2. 광 복합 케이블의 구조

광 복합 전력케이블은 금속관 및 광섬유를 포함하는 광 유니트 및 운전중 절연체 팽창에 의한 외경증가로 광유니트에 스트레스를 완화하기 위한 쿠션층이 있는 특성이 있다. 그림 1에서는 광 복합케이블 구조를 나타내었다.



<그림 1> 광복합 전력케이블

SUS 304 재질의 금속관은 냉각압연 스테인리스 스틸 재질로서 케이블 제조시 가해지는 열 및 기계적 응력으로 광섬유를 보호하는 역할을 하며, 광 복합 케이블에 유해한 영향을 미치지 않도록 동심 원통형 구조로 되어 있다. 광 유니트 금속관의 구조 및 기계적 특성은 표 1과 같다[2].

<표 1> 광유니트 금속관 구조 및 기계적 특성

항목		단위	규격
구조	최소내경	mm	1.55
	최대외경	mm	2.25
	두께	mm	0.2±0.03
기계적 특성	인장강도	kgf/mm ²	65이상
	신율	%	0~5

3. 정상운전시 광 복합 케이블의 특성 검토

본 논문에서는 정상운전시 광 복합 케이블의 구조에 따른 시스템 검토를 위해 SUS Tube 접지 유무에 따른 영향, SUS Tube와 동선직입포 간 공극의 영향, 외부반도전층과 알루미늄 시스사이의 접촉저항에 따른 충전전류의 영향 등을 EMTP를 이용해 다양하게 분석하였다. 분석을 위해 공극은 0.1mm와 1.4mm의 공극을 발생시켰으며, 접촉저항은 각각 100Ω과 200Ω, 1000Ω을 적용하였다. 아울러, 접촉저항이 일정간격으로 규칙적으로 발생하는 경우와 비접촉, 불규칙적인 접촉을 구분하여 분석을 시행하였다. 이를 바탕으로 표 2와 같이 10개의 검토 케이스를 설정하였다.

<표 2> 검토케이스

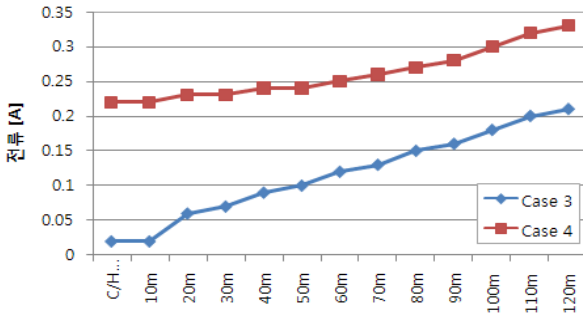
Case	공극 [mm]	Sus-Tube 접지유무	접촉저항 [Ω]	비고
Case 1	0.1/1.4	유	-	비접촉
Case 2	0.1/1.4	무	-	비접촉
Case 3	0.1/1.4	유	200	일정간격
Case 4	0.1/1.4	무	200	일정간격
Case 5	0.1/1.4	유	1,000	일정간격
Case 6	0.1/1.4	무	1,000	일정간격
Case 7	0.1/1.4	유	200/1,000	일정간격 교차
Case 8	0.1/1.4	무	200/1,000	일정간격 교차
Case 9	1.4	무	100/1,000	불규칙 접촉
Case 10	1.4	유	100/1,000	불규칙 접촉

<표 3> 공극에 따른 영향 검토

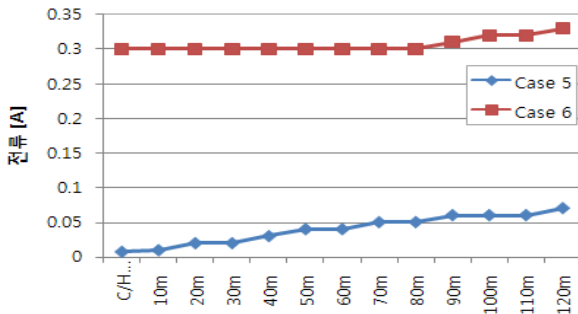
Case	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6	Case7	Case8
0.1 [mm]	9.35 [V]	1.4 [kV]	4.36 [V]	40.6 [V]	7.64 [V]	161 [V]	5.49 [V]	64.2 [V]
1.4 [mm]	9.38 [V]	17 [kV]	4.36 [V]	40.6 [V]	7.65 [V]	162 [V]	5.49 [V]	64.2 [V]

표 3에서는 각 케이스별 공극의 크기에 따라 공극에서 발생하는 전위차의 영향을 분석하여 나타내었다. 표에서처럼, 동일조건에서 접지 및 접촉저항이 있는 경우 공극에 따른 영향은 없는 것으로 나타났다. 단, 접지 및 접촉저항이 없는 Case 2의 경우에는 공극의 증가에 따라 전위차가 급격히 상승함을 보였다. 그러나, 실제통에서는 구조적인 특성상 케이블 구간 내에 일정부분 접촉이 이루어지고 있으므로 정상운전시 공

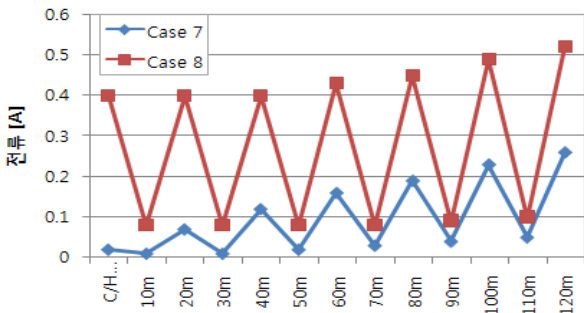
극의 크기에 따라 나타나는 전류가 시스템에 미치는 영향은 미미함을 알 수 있다.



(a) Case 3와 Case 4의 비교분석



(b) Case 5와 Case 6의 비교분석

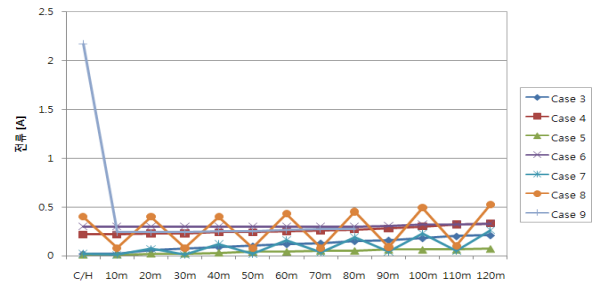


(c) Case 7와 Case 8의 비교분석

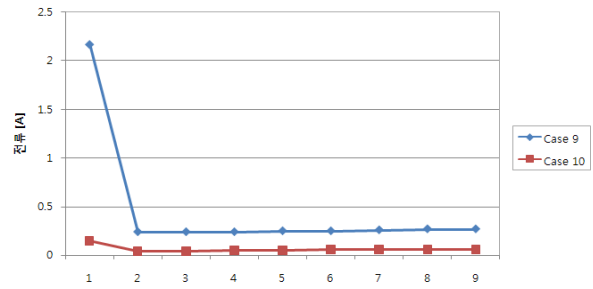
〈그림 2〉 접촉저항에 따른 충전전류의 영향 검토 결과(Case 1 ~ Case 7)

그림 2에서는 Case 1 ~ Case 7에서 접촉저항에 따른 충전전류 영향 검토 결과를 그래프로 나타내었다. 참고로 정상운전시 알루미늄 시스도 흐르는 최대 충전전류는 6A이며, SUS Tube로 흐르는 충전전류는 3A로 계산되어 있다. 그림 2에서처럼, 정상운전시 접촉저항에 따른 영향 검토 결과, 동일 접촉저항에서 SUS Tube ~ 동선직입포간 접지 개방시 접촉면으로 흐르는 증가하고 있는 것을 알 수 있으며, 접촉저항 크기에 따라 접촉면으로 흐르는 전류는 반비례하는 특성을 보인다. 아울러 SUS Tube의 접지 시행시 접촉면으로 흐르는 전류는 감소하는 특성을 보인다. 또한 Case 9와 Case 10과 같이 일정하지 않은 접촉면에 의한 불규칙적인 접촉저항을 고려시, SUS Tube와 알루미늄 시스간 접지가 개방되어 있는 경우, 불규칙적인 접촉면이 발생한 지점에서 접촉면으로 흐르는 전류가 급격히 증가하는 특성을 보였다. 그러나, SUS Tube와 알루미늄 시스간 접지를 시행한 경우에는 접지점으로 충전전류가 귀로하게 되므로 전류는 급격히 감소한다. 그림 3과 그림 4에서는 각각 Case 3 ~ Case 9에서의 충전전류 특성 및 Case 9 ~ Case 10에서의 충전전류 특성을 비교하여 나타내었다.

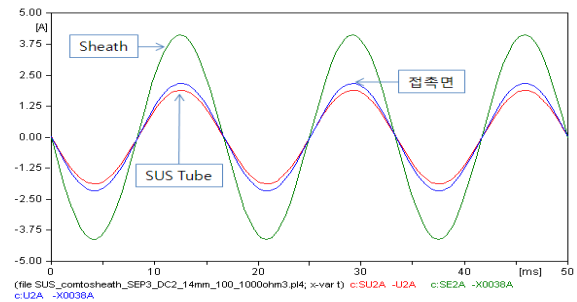
또한 그림 5는 Case 9에서 나타나는 알루미늄 시스 및 접촉면, SUS Tube의 전류분포를 보여준다. 그림에서처럼, 전류는 알루미늄 시스, 접촉면, SUS Tube순으로 분포된다. 그러나 그림 6의 주열열 분석결과는 접촉면, SUS Tube, 알루미늄 시스순이다. 즉, 불규칙적인 접촉면이 발생한 경우 알루미늄 시스의 전류는 상대적으로 크지만 저항에 의한 발열 가능성은 낮으며, 상대적으로 전류는 작지만 접촉면 및 접촉면 주변의 발열 가능성은 높은 것으로 나타났다.



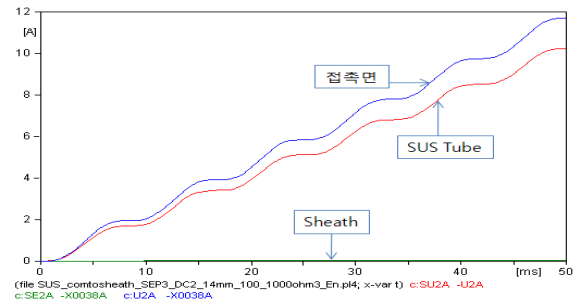
〈그림 3〉 Case 3 ~ Case 9의 접촉면에서 발생하는 전류 특성



〈그림 4〉 Case 9 ~ Case 10의 접촉면에서 발생하는 전류 특성



〈그림 5〉 Case 9의 전류 분포



〈그림 6〉 Case 9의 주열열 계산

4. 결 론

본 논문에서는 정상운전시 SUS Tube 접지 및 SUS Tube와 동선직입포간 공극, 접촉저항에 따른 충전전류의 영향 등을 다양하게 분석하였다. 분석결과, 접지미시행시 접촉저항의 크기에 따라 차이는 있으나 접촉면으로 흐르는 전류가 증가하는 경향이 있으며, 특히 특정구간에서 낮은 접촉저항을 가지는 접촉면이 불규칙적으로 발생한 경우는(Case 9) 접촉면으로 흐르는 전류의 크기는 급격히 증가함을 알 수 있었다. 따라서, SUS Tube의 접지는 말단에서 반드시 시행해야 하며, SUS Tube와 동선직입포간 접촉면이 발생할 경우 그 간격은 일정한 것이 유리한 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] KEPCO 송변전건설처, “지중송전케이블시스템”, 2002. 12
- [2] KEPCO 구매가격, “345kV/154kV XLPE 절연 광복합 전력케이블 및 접속함”, 2007. 8