

# EMTP를 이용한 광 복합 지중송전케이블 광 유니트 금속관의 시스템 영향분석

## Analysis on System Effects of SUS Tube in Optical Fiber Composite Power Cable Systems Using EMTP

정 채 균\* · 장 태 인\* · 강 지 원\*  
(Chae-Kyun Jung · Tai-In Jang · Ji-Won Kang)

**Abstract** - This paper describes the effects on SUS tube of power optical fiber composite cable on underground transmission lines. The effects on grounding, air gap between SUS tube and metal sheath, contact resistance between outer semi-conducting layer and metal sheath and grounding of SUS tube application or not are variously analysed using EMTP in normal operating condition as well as single line to ground fault. 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. This paper can contribute to specification of grounding reference of SUS tube of optical fiber composite power cable system.

**Key Words** : EMTP, Optical Fiber, SUS Tube, Underground power cables

### 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 운전을 위해 광 복합 기술을 응용한 광 복합 전력케이블의 적용이 점차 확대되고 있는 추세이다. 특히, 광 복합 전력케이블은 광 분포 온도 측정시스템과 연계하여 케이블 선로에서 분포 온도를 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[1-2]

광 복합 케이블은 SUS 304 재질로 되어 있는 광 유니트와 동선 직입포 및 알루미늄 시스 등 절연체 외부에 일반 케이블과는 달리 복잡한 구조를 가지고 있으며, 광 유니트 금속관(SUS Tube) 및 동선직입포 간 공극 및 광 유니트 금속관(SUS 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[3]. 그러나, 현재까지 이러한 광 복합 케이블의 구조상의 특성을 고려한 시스템적인 해석은 이루어지지 못했다.

따라서, 본 논문에서는 광 복합 케이블 구조에 따른 시스템 검토를 위해 먼저 정상 운전시 광 유니트 금속관 접지 유무에 따른 영향, 광 유니트 금속관과 동선직입포간 공극의 영향, 외부반도전

층과 알루미늄 시스사이의 접촉저항에 따른 충전전류의 영향 뿐 아니라 1선지락고장시 공극, 고장전류 및 접촉저항에 따른 영향을 EMTP를 이용해 다양하게 분석하였다.

### 2. 광 복합 케이블 구조 및 모델링

#### 2.1 광 복합 케이블의 구조

광 복합 전력케이블은 금속관 및 광섬유를 포함하는 광 유니트 및 운전중 절연체 팽창에 의한 외경증가로 광 유니트에 스트레스를 완화하기 위한 쿠션층이 있는 특성이 있다. 그림 1은 광 유니트 금속관을 포함한 광 복합케이블 사진이며, 그림 2에서는 내부 구조를 더욱 상세



그림 1 광 복합 전력케이블  
Fig. 1 Optical fiber power cables

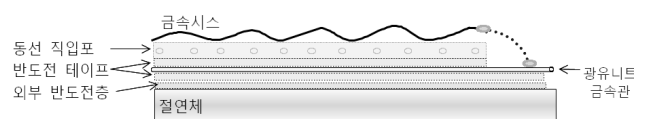


그림 2 광 복합 전력케이블 상세 구조  
Fig. 2 Detail structure of optical fiber power cables

† Corresponding Author : KEPCO Research Institute, Korea.  
E-mail : chekyun@kepri.re.kr

\* KEPCO Research Institute, Korea.

Received : February 14, 2014; Accepted : July 29, 2014

하게 나타내었다.

SUS 304 재질의 금속관은 냉각암연 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[4-5].

표 1 광 유니트 금속관 구조 및 기계적 특성

Table 1 Structure and mechanical characteristics of SUS tube

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

2.2. EMTP 모델링

광 복합 케이블의 EMTP 모델링시 EMTP 구조상 동선직입포 모의가 불가능하여 광 유니트 금속관 - 금속시스간 공극으로 모의하여 시뮬레이션을 수행하여 검토하였다. 또한, 정상운전시 광 유니트 금속관 - 동선직입포(금속시스)간 접지 유무에 따른 영향과 1선 지락고장 발생시 고장전류의 영향을 검토하도록 한다. 시뮬레이션 및 영향 검토에 사용한 선로의 EMTP 모델링 계통도는 그림 3과 같다. 그림 3의 계통도는 154kV XLPE 2,000mm<sup>2</sup> 케이블로 공장은 1km 이며 현재 국내 전력회사에서 운전중인 실선로 이다. 그림 3의 계통도에서는 1선지락고장은 B S/S로부터 20m 지점 C상에서 발생하는 것으로 가정하였다.

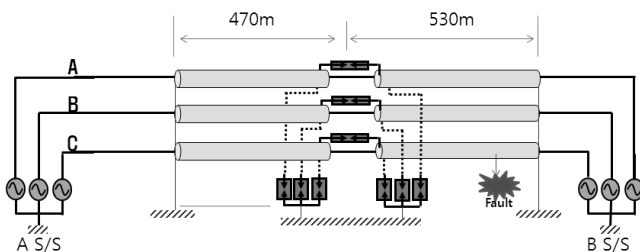


그림 3 154kV 광 복합 케이블 선로 계통도  
Fig. 3 System diagram of 154kV Optical fiber power cable

3. 정상운전시 광 복합 케이블 광 유니트 금속관 영향 분석

정상운전시 광 복합 케이블의 광 유니트 금속관이 시스템에 미치는 영향 검토를 위해 광 유니트 금속관 접지 유무에 따른 영향, 광 유니트 금속관과 동선직입포간 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 설정하였으며 검토조건을 요약하면 아래와 같다.

- 광 유니트 금속관-동선직입포(AI 시스)간 공극 크기 : 0.1mm 1.4mm
- 광 유니트 금속관-동선직입포(AI 시스)간 접지 유무
- 광 유니트 금속관-동선직입포(AI 시스)간 접촉저항 : 200Ω, 1,000Ω
- ※ 접촉저항은 접촉단면적에 따라 변화하므로 저항변화에 따른 영향 검토

표 2 정상운전시 검토 케이스

Table 2 Study cases in normal operating conditions

Case	공극 [mm]	광 유니트 금속관 접지유무	접촉저항 [Ω]	접촉형태
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

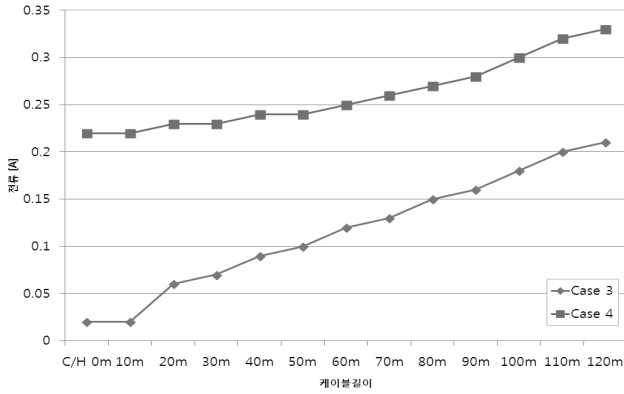
표 3에서는 각 케이스별 공극의 크기에 따라 공극에서 발생하는 전위차의 영향을 분석하여 나타내었다. 표에서처럼, 동일조건에서 접지 및 접촉저항이 있는 경우 공극에 따른 영향은 없는 것으로 나타났다. 단, 접지 및 접촉저항이 없는 Case 2의 경우에는 공극의 증가에 따라 전위차가 급격히 상승함을 보였다. 그러나, 실제계통에서는 구조적인 특성상 케이블 구간 내에 일정부분 접촉이 이루어지고 있으므로 정상운전시 공극의 크기에 따라 나타나는 전위가 시스템에 미치는 영향은 미미함을 알 수 있다.

표 3 공극에서 발생하는 전위차 분석

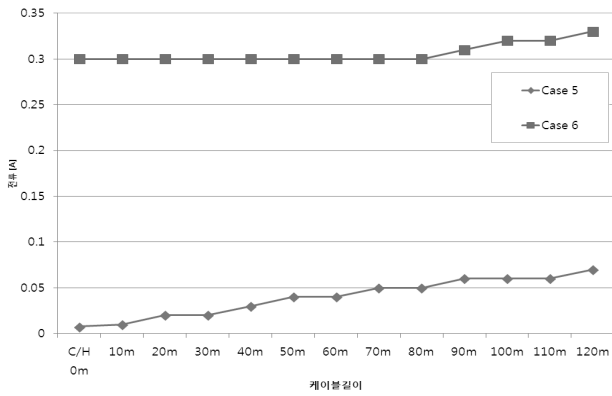
Table 3 Analysis of potential difference in air gap

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

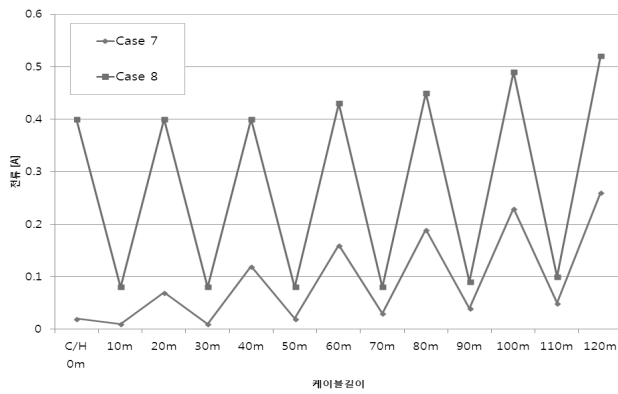
그림 3에서는 Case 3 ~ Case 8에서 접촉저항에 따른 충전전류 영향 검토 결과를 그래프로 나타내었다. 참고로 정상운전시 알루미늄 시스로 흐르는 최대 충전전류는 6A이며, 광 유니트 금속관으로 흐르는 충전전류는 3A로 계산되었다. 그림 4에서처럼, 정상운전시 접촉저항에 따른 영향 검토 결과, 동일 접촉저항에서 광 유니트 금속관 - 동선직입포간 접지 개방시 접촉면으로 흐르는 증가하고 있는 것을 알 수 있으며, 접촉저항 크기에 따라 접촉면으로 흐르는 전류는 반비례하는 특성을 보인다. 아울러 광 유니트 금속관의 접지 시행시 접촉면으로 흐르는 전류는 감소하는 특성을 보인다. 또한 Case 9와 Case 10과 같이 일정하지 않은 접촉면에 의한 불규칙적인 접촉저항을 고려시, 광 유니트 금속관과 알루미늄 시스간 접지가 개방되어 있는 경우, 불규칙적인 접촉면이 발생한 지점에서 접촉면으로 흐르는 전류가 급격히 증가하는 특성을 보였다. 그러나, 광 유니트 금속관과 알루미늄 시스간 접지를 시행한 경우에는 접지점으로 충전전류가 귀로하게 되므로 전류는 급격히 감소한다. 그림 5와 그림 6에서는 각각 Case 3 ~ Case 9에서의 충전전류 특성 및 Case 9 ~ Case 10에서의 충전전류 특성을 비교하여 나타내었다.



(a) Case 3와 Case 4의 비교분석



(b) Case 5와 Case 6의 비교분석



(c) Case 7와 Case 8의 비교분석

그림 4 접촉저항에 따른 충전전류 영향검토(Case 3-Case 8)  
Fig. 4 Effects of charging current by contact resistance

또한 그림 7은 Case 9에서 나타나는 알루미늄 시스 및 접촉면, 광 유니트 금속관의 전류분포를 보여준다. 그림에서처럼, 전류는 알루미늄 시스, 접촉면, 광 유니트 금속관 순으로 분포된다. 그러나 그림 8의 주울열 분석결과는 접촉면, 광 유니트 금속관, 알루미늄 시스순이다. 즉, 불규칙적인 접촉면이 발생할 경우 알루미늄 시스의 전류는 상대적으로 크지만 저항에 의한 발열 가능성은 낮으며, 상대적으로 전류는 작지만 접촉면 및 접촉면 주변의 발열 가능성은 높은 것으로 나타났다.

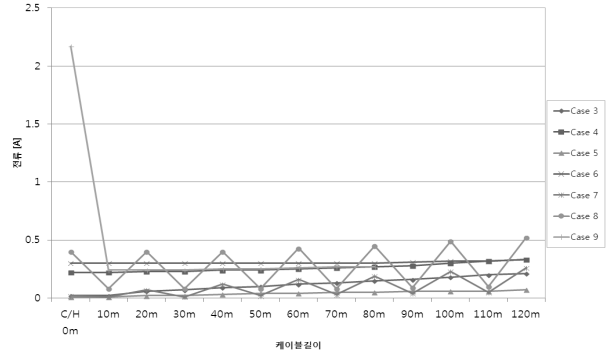


그림 5 접촉면에 발생하는 충전전류특성(Case 3 - Case 9)  
Fig. 5 Charging current generated in interface(Case 3 - Case 9)

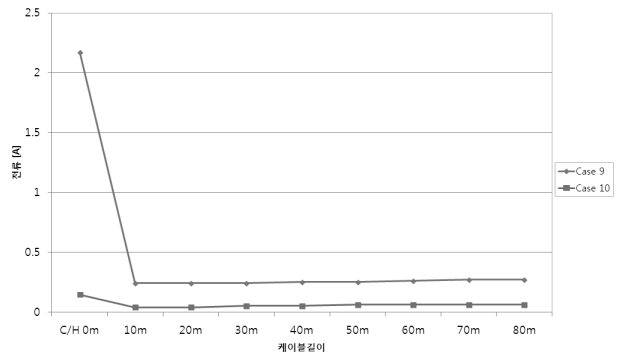


그림 6 접촉면에 발생하는 충전전류특성(Case 9 - Case 10)  
Fig. 6 Charging current generated in interface(Case 9 - Case 10)

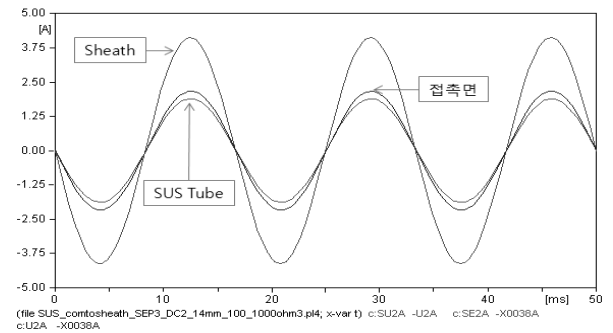


그림 7 Case 9의 전류  
Fig. 7 Current of Case 9

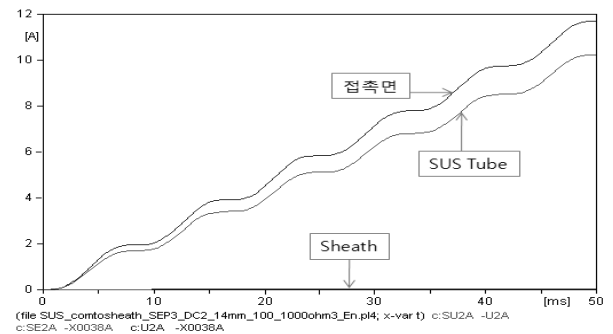


그림 8 Case 9의 주울열 계산 결과  
Fig. 8 Joule's heat calculation result of Case 9

정상운전시 광 유니트 금속관 접지 및 광 유니트 금속관과 동선 직입로 간 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, 광 유니트 금속관의 접지는 말단에서 반드시 시행해야 하며, 광 유니트 금속관과 동선직입로간 접촉면이 발생할 경우 그 간격은 일정한 것이 유리한 것으로 사료된다.

**4. 과도상태시 광 복합 케이블 광 유니트 금속관 영향 분석**

과도상태시 광 복합 케이블의 광 유니트 금속관의 시스템 영향 검토를 위해 다음과 같은 검토조건을 추가하여 광 유니트 금속관 접지 유무에 따른 영향, 광 유니트 금속관과 동선직입로간 공극의 영향, 외부반도전층과 알루미늄 시스템사이의 접촉저항에 따른 충전전류의 영향 등을 분석하였다.

**표 4** 과도상태시 검토 케이스

**Table 4** Study cases in transient state

Case	공극 [mm]	광 유니트 금속관 - 시스템 사이 접지 유무	접촉 저항[Ω]	비고
Case 9-1	0.1, 1.4	무	100, 1,000	입상주, 특정부분 접촉 (A,B,C : 100Ω)
Case 9-2	0.1, 1.4	무	100, 1,000	입상주, 특정부분 접촉 (A:2,000Ω, B:300Ω, C:100Ω)
Case 10-1	0.1, 1.4	유	100, 1,000	입상주, 특정부분 접촉 (A,B,C : 100Ω)
Case 10-2	0.1, 1.4	유	100, 1,000	입상주, 특정부분 접촉 (A:2,000Ω, B:300Ω, C:100Ω)

광 유니트 금속관 - 동선직입로(금속시스)간 공극의 크기는 정상운전시와 동일한 0.1mm, 1.4mm이고, 광 유니트 금속관 - 동선직입로(금속시스)간 접지 유무(Case 9, 10)도 정상운전시와 같다. 각 상 접촉저항은 (A상, B상, C상: 100Ω) 및 (A상: 2,000Ω, B상: 300Ω, C상: 100Ω)이며, 이 값들은 정상상태 분석결과에 영향을 미치지 않는다. 본 논문에서는 과도상태시 검토를 위해 도체 - 광 유니트 금속관 - 금속시스 간 1선 지락고장과 도체 - 금속시스간 1선 지락고장이 C상에서 발생하는 것으로 가정하였으며 상세한 검토 케이스는 표 4와 같다.

**표 5** 공극 간격에 따른 광 유니트 금속관 - A1 시스템 최대 전위차

**Table 5** Max. potential difference between SUS Tube and Al sheath in air gap

Case	Case 9-1	Case 9-2	Case 10-1	Case 10-2
0.1[mm]	0.57[kV]	0.79[kV]	0.11[kV]	0.11[kV]
1.4[mm]	2.5[kV]	3.2[kV]	0.25[kV]	0.26[kV]

표 5에서는 공극 간격에 따른 광 유니트 금속관 - 금속시스간 최대 전위차 검토결과를 나타내었다. 표에서처럼 동일 조건에서 광 유니트 금속관 - 금속시스간 접지유무에 따라 공극에서 발생하는 전위차의 차이는 크며, 접지를 미시행 한 경우(Case 9-1, Case 9-2)는 공기절연내력 2.1kV/mm(AC 기준)을 초과하는 과전압이 발생할 가능성이 높다. 접촉저항의 분포에 따라 과전압의 차이는 있으나, 광 유니트 금속관 - 금속시스간 접지를 시행할 경우(Case 10-1, Case 10-2) 차이는 미미하다. 따라서, 광 유니트 금속관 - 동선직입로(금속시스)간 접촉이 이루어진다 하더라도 광 유니트 금속관 - 금속시스간 접지는 말단 및 접속부에서 반드시 시행해야 한다.

**표 6** 1선 지락고장시 고장상 광 유니트 금속관의 최대 전류

**Table 6** Maximum current of SUS Tube in single line to ground fault

Case	Case 9-1	Case 9-2	Case 10-1	Case 10-2
도체-광 유니트 금속관-시스템 지락	546[A]	547[A]	555[A]	555[A]
도체-시스템 지락	230[A]	230[A]	280[A]	340[A]

표 6에서는 C상에서 발생한 1선지락고장시 고장상 광 유니트 금속관의 최대전류를 나타내었다. 표에서처럼 광 유니트 금속관에 흐르는 최대 고장전류는 도체 - 광 유니트 금속관 - 시스템 지락시 546A - 555A, 도체 - 시스템 지락시 230A - 340A로 나타났다. 또한 표 7에서는 광 유니트 금속관에 흐르는 고장전류에 때는 온도상승을 계산하여 제시하였다. 온도상승은 식 (1)과 같이 IEC 60949[6]에 의해 계산되었다. 광 유니트 금속관 재료의 온도계수는 0.001, 단면적은 4.775mm<sup>2</sup>, 체적비열은 4×10<sup>6</sup>J/K·m<sup>3</sup>, 저항율은 7.3×10<sup>-7</sup>Ω·m를 적용하였으며 초기온도는 20℃, 고장지속시간은 차단기 동작시간을 고려 4 Cycle로 하였다. 계산결과 도체 - 시스템 지락고장시 각 Case별 온도는 47.4℃ - 81℃인 반면 도체 - 광 유니트 금속관 - 시스템 지락시는 184.7℃ - 190℃로 매우 높았으며 Case 10-1, Case 10-2가 Case 9-1, Case 9-2에 비해 높은 값을 보였다. 특히 도체 - 시스템 지락시는 Case 10-2에서 외부반도전층 Melting 온도에 근접한 반면 도체 - 광 유니트 금속관 - 시스템 지락시는 모든 조건에서 외부반도전층 Melting 온도를 초과함을 알 수 있다. 또한 그림 9의 고장점 주변 광 유니트 금속관 주변 온도상승 그래프에서도 알 수 있듯이 Case 10-1, Case 10-2는 고장점 주변 10m내에서도 Melting 온도를 초과하는 것으로 나타났다.

**표 7** 1선 지락고장시 고장상 광 유니트 금속관의 최대 온도

**Table 7** Maximum temperature of SUS Tube in single line to ground fault

Case	Case 9-1	Case 9-2	Case 10-1	Case 10-2
외부반도전층 T <sub>1st melting</sub> : 69.89℃, T <sub>2nd melting</sub> : 89.58℃				
도체-광 유니트 금속관-시스템 지락	184.7[℃]	185.3[℃]	190[℃]	190[℃]
도체-시스템 지락	47.4[℃]	47.4[℃]	60.9[℃]	81[℃]

$$\theta_f = (\theta_i + \beta) \exp\left[\frac{I^2 \times t}{K^2 \times A^2}\right] - \beta \quad (1)$$

$$K = \sqrt{\frac{\sigma_c (\beta + 20) \times 10^{-12}}{\rho_{20}}} \quad (2)$$

여기서,  $\theta_f$  : 최종온도[°C],  $\theta_i$  : 초기온도[°C],  $\beta$  : 온도계 수 역수, A : 단면적, I : Sus-Tub 전류[A],  $\sigma_c$  : 체적비열 [J/K·m³],  $\rho_{20}$  : 저항률[Ω·m], t : 시간[s] 이다.

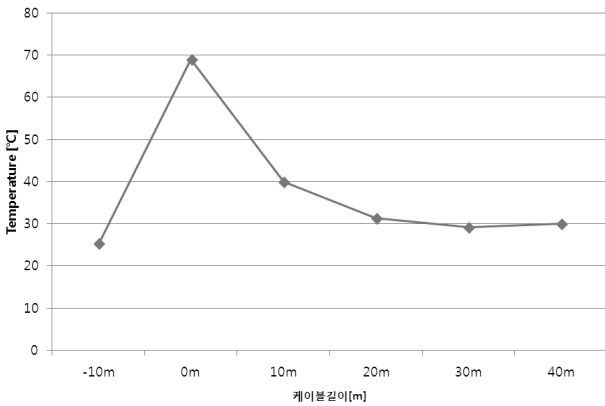


그림 9 고장점 주변 광 유니트 금속관 온도(Case 10-1, 10-2)

Fig. 9 SUS Tube temperature surrounding fault point(Case 10-1, 10-2)

표 8 1선 지락고장시 건전상 광 유니트 금속관의 최대 전류 및 온도

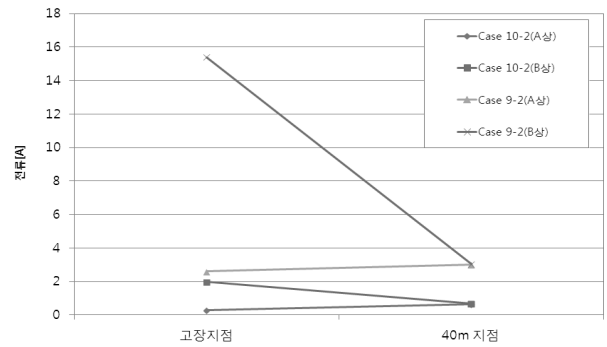
Table 8 SUS tube maximum current and temperature of sound phase in single line to ground fault

Case	Case 9-1		Case 9-2		Case 10-1		Case 10-2	
	A상	B상	A상	B상	A상	B상	A상	B상
최대전류[A]	18	21	1.9	9.67	36	41	35	42
온도상승[°C]	+0.172	+0.234	+0.001	+0.5	+0.69	+0.89	+0.65	+0.94

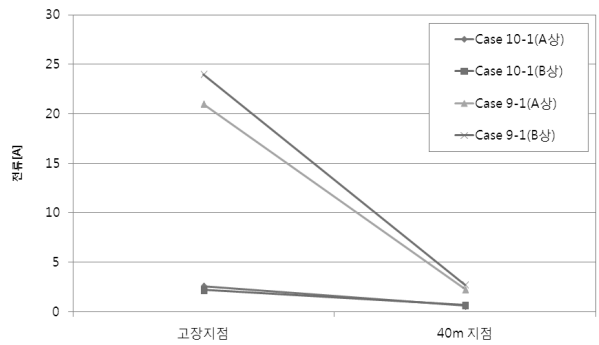
표 8에서는 C상 1선 지락고장시 건전상 광 유니트 금속관의 최대 전류 및 온도상승을 나타내었다. 표에서처럼 C상 지락고장시 건전상 광 유니트 금속관에 흐르는 전류는 광 유니트 금속관-시스템 접지를 시행한 경우 전류 분포가 크며, 접촉면의 저항크기가 상이하면서 접지를 시행하지 않은 Case 9-2의 경우는 A와 B상간의 전류분포차가 크게 나타났다. 아울러, 케이블 배치에 따른 상호인피던스의 영향으로 B상이 A상보다 높은 전류를 보이는 경향이 있다. 그러나, 차단기 동작 시간내에 일시적으로 건전상의 광 유니트 금속관으로 전류가 흐를 때 최대 온도는 0.94°C 상승에 불과하여 영향은 미미할 것으로 판단된다.

그림 10에서는 접촉저항에 따른 건전상 고장전류 영향을 고장지점과 40m지점을 비교하여 나타내었다. 광 유니트 금속관 - 시스템 접지 개방시 광 유니트 금속관 - 특정구간의 접촉면 발생시 건전상 접촉면으로 흐르는 고장전류의 영향

은 크게 나타난다. 특히, 광 유니트 금속관 - 시스템 접지 개방시 각 상간(A, B상)의 접촉저항이 상이할 경우(Case 9-2) 접촉저항이 클수록 접촉면으로 흐르는 고장전류의 영향은 작아지며, 각 상간의 전류크기는 접촉저항에 반비례하여 불평형이 발생한다. 그러나, 광 유니트 금속관 - 시스템 접지 시행시에는 상간 불평형뿐 아니라 고장전류의 영향이 급격히 감소한다. 이는 접촉면보다는 접지점으로 고장전류가 귀로하기 때문으로 사료된다. 또한, 건전상의 접촉면으로 흐르는 전류는 고장지점에서 멀어질수록 급격히 감소한다. 따라서, 접촉면으로 흐르는 고장전류의 영향을 최소화하기 위해 광 유니트 금속관 - 시스템 접지는 말단 및 접속부에서 반드시 시행해야 한다.



(a) Case 9-2, Case 10-2



(b) Case 9-1, Case 10-1

그림 10 접촉저항에 따른 건전상 고장전류 영향

Fig. 10 Effect of fault current in sound phase according to contact resistance

### 5. 결론

본 논문에서는 정상운전 및 과도상태시 EMTP를 이용한 광 복합 지중송전케이블 광 유니트 금속관의 시스템 영향을 다양하게 분석하였다. 먼저 정상운전시 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) SUS Tube - 금속시스템 접지 시행 및 SUS Tube - 동전직입포(금속시스템) 접착면이 있을 경우 공극에 따른 정상운전시 특이사항 없음
- 2) SUS Tube - 금속시스템 접지 유무 및 접촉저항에 따른 영향 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 증가한다. 이 경우, 접촉면을 중심으로 주열에 의한 과열이 발생할 가능성이 타 경우에 비해 높을 것으로 예상되나 SUS Tube - 금속시스간 접지 시행시에는 모든 경우에서 접촉면에서 발생하는 전류의 영향은 없는 것으로 검토됨

다음으로 과도상태시 검토결과를 요약하면 다음과 같다.

- 3) SUS Tube - 동선직입포(금속시스)간 접촉이 이루어진다 하더라도 SUS Tube - 금속시스간 접지가 미시행된 경우(말단 및 접속부) 공기절연내력 2.1kV/mm(AC 기준)을 초과하는 과전압이 발생할 가능성이 높음
- 4) C상 지락고장시 건전상 SUS Tube에 흐르는 전류는 접촉면의 저항크기가 상이하면서 SUS Tube - 금속시스간 접지를 시행하지 않은 경우는 건전상간의 전류분포차가 작게 나타났으나, 접지를 시행한 경우는 전류분포가 커짐
- 5) 그러나, 차단기 동작 시간내에 일시적으로 건전상의 SUS Tube로 전류가 흐를 때 최대 온도는 0.94[°C] 상승에 불과하여 영향은 미미할 것으로 판단됨.
- 6) SUS Tube - 금속시스간 접지 개방시 각 건전상간의 접촉저항이 상이할 경우(Case 9-2) 접촉저항이 클수록 접촉면으로 흐르는 고장전류의 영향은 작아지며, 각상간의 전류크기는 접촉저항에 반비례하여 불평형이 발생할 뿐 아니라 고장지점에서 멀어질수록 급격히 감소함
- 7) 그러나, SUS Tube - 금속시스간 접지 시행시에는 접촉면보다는 접지점으로 고장전류가 귀로하기 때문에 상간 불평형뿐 아니라 고장전류의 영향이 급격히 감소하는 것으로 검토됨

결론적으로, SUS Tube - 금속시스간 말단에서 접지는 반드시 시행해야 하며, SUS Tube - 동선직입포간 접촉면이 발생할 경우 그 간격은 일정한 것이 유리한 것으로 검토되었다. 본 논문의 연구결과는 향후 광 복합 지중케이블 광유닛 금속관의 접지 및 운영기준 명확화에 기여할 것으로 사료된다.

### References

- [1] KEPCO, "Underground Transmission Cable System", 2002. 12.
- [2] S. H. Nam, C. H. Lee, S. K. Lee and J. H. Back, "The Dynamic Rating System(1) - Real Time Conductor Temperature Monitoring System", 2002 KIEE Summer Annual Conference Proceedings, 2002. 7
- [3] Shoji Inohana, Hajime Takehana, Motoyuki Ono, Takeshi Kojima, Shigeki Yagi and Masahiro Nishinoma, "The Development of 275kV Cable & Accessories", Fujikura Technical Report, 1981. 11
- [4] KEPCO Standard, "345kV/154kV XLPE Power Optical Fiber Composite Cable and Joint Box", 2007. 8
- [5] C. K. Jung, H. S. Park, T. I. Jang, J. W. Kang, J. C. Kim and D. I. Lee, "Characteristic Analysis of Power Optical Fiber Composite Cable System on Underground Transmission Lines", 2011 KIEE Summer Annual Conference Proceedings, 2011. 7
- [6] IEC 60949, Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects, IEC, 1988. 11

## 저 자 소 개



### 정 채 균 (鄭 彩 均)

1999년 원광대 공대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2006년~2007년 독일 University of Siegen, Post-doc 연구원. 2007년 ~ 현재 한전 전력연구원 송변전연구소 선임연구원

E-mail : chekyun@kepri.re.kr



### 장 태 인 (張 太 因)

1990년 한양대 전기공학과 졸업. 1994년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년~ 1996년 삼성SDS 근무. 1996년~현재 한전전력연구원 송변전연구소 선임연구원

E-mail : angeljti@kepri.re.kr



### 강 지 원 (姜 地 原)

1987년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 기전공학과 졸업(공박). 1993년 ~ 현재 한전 전력연구원 송변전연구소 책임연구원

E-mail : jwkwang@kepri.re.kr