

트래킹억제형 수밀 알루미늄피복강심 알루미늄절연전선(전력신기술 제21호)

홍순갑(일진전기(주) 부회장) · 권영국(일진전기(주) 전선사업본부 과장)

1 신기술에 대한 개요

1.1 개발 배경

1) 가공배전선의 변화 Trend

국내 22.9(kV) 가공 배전선의 개발 변천 및 그 특징은 다음과 같다.

| 사용시기 | 적용 전선 | 특 성 | 문 제 점 |
|--------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1950년대 | ACSR | 나선 | 감전사고 |
| 1970년대 | ACSR-OC | 절연전선 | 트래킹사고/ 과다한 지지선의 부식 |
| 1990년대 | ACSR/AW-OC | 내부식성 향상 | 트래킹사고/ 지지선의 부식 |
| 2004년~ | ACSR/AW-TR/OC (금번 개발품) | 절연성능향상 내부식성향상 내트래킹성능향상 | |

2) 사고현황분석

가. 기자재별 고장실적

(단위 : 건)

| 구분 | 전선 | 에지 | 개폐기 | LA | 고객설비 | 변압기 | 지중선 | 전주 | 기타 | 합계 |
|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-------|
| '01년 | 540 | 247 | 118 | 125 | 234 | 170 | 242 | 95 | 251 | 2,022 |
| '02년 | 490 | 223 | 112 | 157 | 169 | 107 | 222 | 115 | 218 | 1,813 |
| [%] | 27.0 | 12.3 | 6.2 | 8.7 | 9.3 | 5.9 | 12.2 | 6.4 | 12.0 | 100 |

나. 가공배전선의 고장실적 및 분석

- 설비별 : OC전선 >> 점퍼선 >> 접속개소
- 원인별 : 외물접촉 >> 일반인과실 >> 자연현상 >> 기자재열화
- 최고고장 원인/설비 : 자연현상으로 인한 OC 전선 고장 (23.8[%])
- ※ 기자재 열화 : 자연열화, 제작불량, 부식
외 물 접 촉 : 조류, 이물, 수목
자 연 현 상 : 풍우, 뇌격, 빙·설해, 염·진해

(단위 : 건)

| 구 분 | 외물 접촉 | 자연 현상 | 일반인 과 실 | 기자재 열 화 | 기 타 | 합 계 | 점유율 ((%) |
|---------|----------|----------|------------|------------|-----|-----|-------------|
| OC 전선 | 97 | 117 | 114 | 29 | 13 | 370 | 75.5 |
| AL 나선선 | 5 | 0 | 2 | 1 | 0 | 8 | 1.6 |
| CJ 나선선 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.2 |
| 접속개소 | 26 | 10 | 2 | 2 | 1 | 41 | 8.4 |
| 고저압혼촉 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ABC | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0.6 |
| 점퍼선 | 28 | 3 | 5 | 9 | 9 | 54 | 11.0 |
| 가공전선 | 1 | 5 | 0 | 4 | 3 | 13 | 2.6 |
| 합 계 | 159 | 135 | 123 | 46 | 27 | 490 | 99.9 |
| 점유율((%) | 40.0 | 17.8 | 21.7 | 14.1 | 6.4 | 100 | - |

3) 개발의 필요성

현재 사용중인 OC전선의 사고가 외물접촉, 자연현상, 일반인 과실 등으로 인하여 전체 배전선로 일시고장의 약 70(%)를 점유하고 있으며, 그 주된 원인을 제거하므로 배전선로의 신뢰도를 향상시킬 수 있음.

○ 주된 사고내용

- 수목, 조류와의 접촉시 접촉부 전체 집중에 따른 절연체의 열화
- 지지금구 바인더부의 높은 전계로 트래킹에 의한 절연물의 탄화, 침식
- 수분 침투에 따른 응력부식에 의한 단선

1.2 개발과정 및 목표

1) 개발 과정

가. 개발 배경

- 절연전선의 트래킹 사고
- 절연전선의 수분침투에 의한 도체의 응력단선 현상 발생

나. 개발 방향

- 트래킹 메카니즘 분석 → 절연재료의 개발
- 도체의 응력단선 메카니즘 분석 → 도체의 수밀화

다. 개발 내용

- 내트래킹 향상형 절연재료의 개발 및 평가
- 절연선능 향상을 위한 절연전선의 구조설계
- 수밀형 도체의 채용

2) 개발 목표

가. 구조 및 성능

- 구조
 - i) 도체 : 원형압축 수밀연선
 - ii) 절연 : 내부절연과 외부절연으로 분리
 - iii) 중량 및 외경 : 기존 OC전선과 동일

○ 성능

- i) 내 트래킹성 : 100(%) 향상
- ii) 절연 성능 : 50(%) 향상
- iii) 내 후 성능 : 기존 대비 성능 향상
- iv) 도체 수밀 : 응력부식에 의한 단선 방지효과

나. 개발 목표 단가

기존 제품 (ACSR/AW-OC) 대비 103(%)

1.3 기술의 범위

- 1) AW강선층과 알루미늄 도체층에 반도체성 컴파운드 또는 파우더를 채용한 수밀층을 형성하여 도체내 수분 침투를 방지함으로써 응력부식에 의한 단선사고를 방지하였다.
- 2) 단선 피복재료에서 절연성능을 향상시키기 위하여 유전율이 낮은 카본블랙이 함유되지 않은 Natural XLPE를 채용하였다.
- 3) 절연체 표면에 도전성물질이나 이온성 불순물 등이 부착되었을 경우, 누설전류로 인하여 표면에 Track이 발생하는 것을 방지하기 위하여 절연재료의 개선[폴리에틸렌계 베이스 수지에 금속수산화물을 첨가하여 기계적 특성이나 전기적인 특성을 손상시키지 않고 내 트래킹 특성을 향상]을 통하여 가공배전선에 발생하는 트래킹을 억제할 수 있도록 하였으며, 또한 절연전선으로서 갖추어야 할 기계적 특성 및 절연저항 또는 교류과과전압 등의 전기적 특성의 확보가 가능하였다.
- 4) 순수 가교 폴리에틸렌과 트래킹억제형 폴리에틸렌으로 이루어지는 동심원상 두께의 합은 종래의 내후성 가교폴리에틸렌층의 두께와 동일 또는 전선 지지물의 내하중을 견딜 수 있는 범위내에서 두께를 적용하여 작업성 및 가공성에 영향을 미치지 않도록 하였다.

- 5) 계면결합이 없는 이중절연을 통하여 각각의 역할을 충분히 발휘할 수 있도록 하였다.
- 6) 상기 1)~5)항까지의 재료개선, 구조개선, 공정개선을 실시하고 이를 채용하여 가공배전선의 성능을 향상시켰다.

1.4 적용범위와 향후 전망

- 1) 적용 범위
 - 기존 ACSR/AW-OC 전선 대체 보강용
- 2) 향후전망
 - 새로운 설계기법의 도약점
 - 신소재의 개발 가속화
 - 기능이 강화된 특화제품 개발

2. 사고 메카니즘 분석 및 대책안

2.1 사고 메카니즘 분석

1) 트래킹 메카니즘

가. 개요

가공배전선에 절연전선을 사용함으로써, 전선에의 접촉에 의한 고장(인축, 외물등)은 줄어든다고 할 수 있으나, 트래킹에 의한 절연체의 손상, 섬락시 아크에 의한 전선의 용단 등 나전선에서는 발생하지 않는 특별한 현상이 발생하고 있어, 운용상 지장을 초래하는 경우가 많다.

실제 운용실적에 따르면 해안지역, 극심한 공업오손지역 등에서 바인드 선을 따라 전선의 피복이 침식하는 트래킹현상이 다수 관측되고 있으며, 이 현상은 봄철에 비교적 진행이 빠르게 나타나는 것으로 알려지고 있다.

특히 새벽이나 밤시간에 바인드선 주변에서 불규칙한 소리를 동반한 방전 현상이 자주 관측되는 것으로 보고되고 있는데 이러한 여건

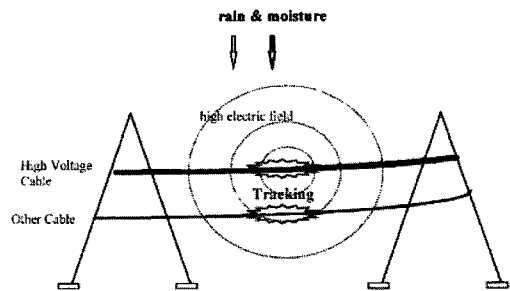
들은 트래킹 현상으로 규명되고 있다.

트래킹에 의해 일단 피복에 손상이 생기면 도체가 노출되고, 트래킹의 진전 또는 부식등에 의해 피복뿐만 아니라 도체도 손상되어 결국은 단선에 이를 가능성도 있다. 트래킹에 의해 지지부 주변의 도체 일부가 노출되면 써어지 침입시 섬락의 가능성이 높아지고, 아크로 진전되어 이 점에서 아크용단의 가능성도 높아진다.

나. 트래킹이란?

트래킹이란, 전기적인 Stress가 재료의 표면에 집중되었을 때 탄화현상이 발생되어 그 절연재료에 전기적인 통로가 생겨 이것이 절연 파괴에 이르게 되는 현상을 말한다.

다음 그림과 같은 조건하에서 절연체 표면에 도전성물질이나 이온성 불순물 등이 부착되었을 경우, 그 절연체 표면에는 Track이 발생하게 된다.



다. 트래킹의 발생 Mechanism

STEP 1 트래킹 발생

- 습기 또는 이물에 의한 절연체 표면의 누설 전류 발생
- 주열에 의한 절연체 표면의 건조지구 발생

STEP 2 트래킹진전

- 건조지구의 전기적인 Stress 집중
- 절연체 표면의 탄화 및 침식

STEP 3 절연파괴

- 건조지구의 전계집중으로 인한 탄화지구 확대
- 절연파괴

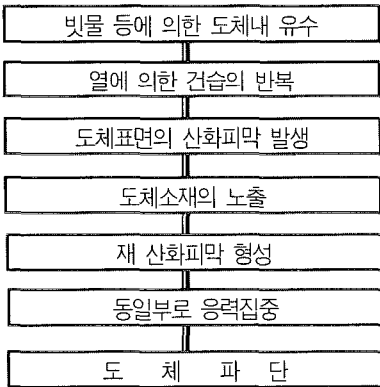
2) 도체의 응력단선 메카니즘

가. 개요

도체 소선간 및 도체와 절연체간의 가는 틈새에 빗물이 침입하면 국부적인 부식에 의한 孔食(핏트)이 생긴다. 이와 같이 생긴 공식부에 응력이 집중하면 산화피막에 분열이 발생하며 분열의 선단에 노출된 도체는 바로 부식이 진행된다.

새로 생성된 산화피막은 재도 응력에 의해 같은 장소에 집중되고 결국 분열과 부식의 반복에 의해 도체는 파단에 이르게 된다.

나. 도체의 응력단선 발생 Mechanism



다. 응력부식에 의한 단선 [수직파단]형상



2.2 대책 및 방안검토

1) 트래킹에 대한 대책 및 방안

트래킹을 방지하기 위해서는 다음과 같은 대책이 강구되어 진다.

가. 전선의 피복재료로서, 내트래킹이 우수한 재료를 사용한다.

◆ 발수성이 좋은 재료 선정

i) BASE + 비극성기[실리콘고무] 배합
⇒ 작업성 및 가공성이 나빠지며, 궁극적으로 경제적 Merit가 없다.

ii) BASE + 실리콘 Oil 중합
⇒ 특성의 한계가 있으며, 작업특성이 저하된다.

iii) 고밀도 BASE 및 충전제의 분산특성 향상
⇒ 특성의 한계가 있으며, 작업특성이 저하된다.

◆ 트래킹에 의한 발열[산화]을 소진할 수 있는 재료선정

i) 수산화 알루미늄 [Al₂(OH)₃]
⇒ 수산화알루미늄은 203℃에서 분해되기 시작하여 산화알루미늄과 물이 생성된다.

$2\{Al(OH)_3\} \Rightarrow Al_2O_3 + 3H_2O - 1171[J/g]$ 로 강한 흡열 반응을 한다. 이때, 생성되는 물의 양은 34.6 [%]이다.

ii) 수산화 마그네슘 [Mg(OH)₂]
⇒ 수산화마그네슘은 332℃에서 분해하기 시작하여 산화마그네슘과 물이 생성된다. 무게손실은 처음의 31.0 [%]이다.

$Mg(OH)_2 \Rightarrow MgO + H_2O - 1371[J/g]$

나. 전선피복 표면에 큰 전계가 형성되지 않게 하거나, 누설전류를 저감시킨다.

절연전선을 애자에 파지할 경우는 절연물 표면에 누설전류가 흐르며, 이 누설 전류가 크게 되면 트래킹이 발생하기 쉽다.

ASTM의 트래킹 시험결과로부터 트래킹을 일으키지 않는 한계 전류치는 약 3(mA)가 된다. [한국전력공사 설계기준 참조]

따라서 전선 구조의 변경과 함께 절연재료의 유전율을 변경하여 정전용량을 낮추어 전선 표면에 흐르는 누설전류를 저감시킬 수 있다.

누설 전류의 계산식은 다음식으로 근사하게 표시할 수 있다.

$$I_0 = 2 \pi f C n \frac{E}{\sqrt{3}} \times 10^{-6} [A/km]$$

여기서 C : 정전용량 ($\mu F/km$)

E : 선간전압 [V]

상기식을 이용한 OC와 TR/OC의 누설전류 계산 값은 다음과 같다.

| 구 분 | TR/OC 160SQMM | | OC 160SQMM | |
|-----|---------------|-------|-------------|-------|
| | 외 경 | 유전율 | 외 경 | 유전율 |
| 도 체 | 15.4 | - | 15.4 | - |
| 내 도 | 16.6 | - | 16.6 | - |
| 절 연 | 20.0 | 2.3 | 23.4 | 3.285 |
| 피 복 | 23.4 | 3.509 | - | - |
| C1 | 0.685834054 | | 0.53160912 | |
| C2 | 1.241784849 | | - | |
| C | 0.441818835 | | 0.53160912 | |
| I | 2.20(mA/km) | | 2.65(mA/km) | |

※ 여기서, OC전선 또한 트래킹특성을 고려하여 설계되어졌으나, 누설전류 측면에서 TR/OC가 더 우수하다는 것을 알 수 있음.

다. 누설경로에 전선피복이 놓이지 않도록 한다. LP애자의 상부에 접하는 전선의 피복을 제거하여, 누설경로중에 전선피복이 놓이지 않게 함으로써, 트래킹손상을 억제할 수 있으나,

이 경우 도체부분이 노출되므로 적절한 대책 [Cover등의 설치]이 강구되어야 하며, 또한 작업성, 전선의 길이방향으로의 이동, 노출에 따른 도체의 부식 등의 문제가 있어 실용화하기에는 문제가 있다.

2) 응력부식 방지책

도체의 응력부식을 방지하기 위해서는 다음과 같은 방법이 강구되어진다.

가. 도체에 수분이 침투하지 못하도록 차단하여야 한다.

- ① 도체 층간에 파우더를 이용한 수밀방법
- ② 도체층간에 수밀 Comp'd 또는 tape를 삽입하는 방법

나. 내부식성이 강한 도체 및 지지선을 사용하는 방법

- ① Stainless 등과 같은 내부식성이 우수한 재질 사용

3. 제품의 설계

3.1 절연두께 결정

1) 절연두께 선정 기준

설계상 절연두께는 교류 내전압 특성에 따라 다음 식으로 계산될 수 있다.

$$\text{절연두께} = \frac{\text{최대 사용전압} \times k_1 \times k_2}{\text{절연물의 최저파괴강도}} + k_3$$

여기서

- k_1 : 절연물의 파괴강도의 온도특성(1.1)
- k_2 : 불확정 요소에 대한 안전율(1.1)
- k_3 : 외력에 의한 여유

2) 기존 OC 전선의 절연두께

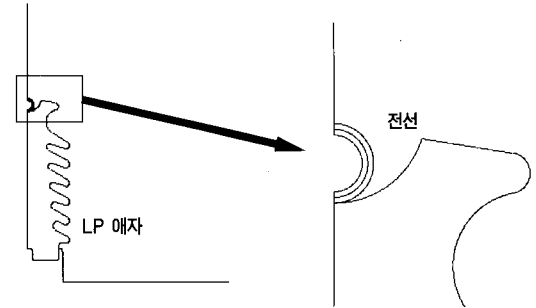
기존 22.9[kV] ACSR/AW-OC의 경우 절연물의 최저 교류파괴강도는 실험에 의해 12[kV/mm]가 채용되어 절연두께는 규격별로 다음과 같이 적용되고 있다.

| 공 칭 단면적 ([mm ²]) | 도체 외경 ([mm]) | 내 도 | | 절 연 | | 비 고 |
|---------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| | | 두께 ([mm]) | 외경 ([mm]) | 두께 ([mm]) | 외경 ([mm]) | |
| 58 | 9.7 | 0.6 | 10.9 | 2.4 | 15.7 | |
| 95 | 12 | 0.6 | 13.2 | 2.9 | 19.0 | |
| 160 | 15.4 | 0.6 | 16.6 | 3.4 | 23.4 | |
| 240 | 18.9 | 0.6 | 20.1 | 3.4 | 26.9 | |

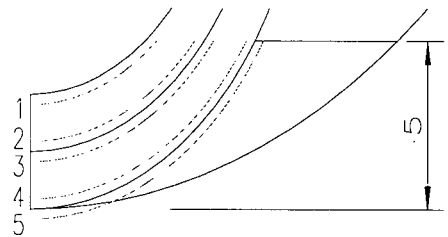
3) TR-OC 전선의 절연두께

22.9[kV] TR-OC의 경우 외부 절연체의 교류파괴강도는 기존 OC 전선의 절연 재료와 동등한 성능을 갖으며(제4장의 절연성능 평가 참조) 내부 절연체의 경우 Clean XLPE를 채용하므로 전반적인 교류파괴강도는 OC에 비해 우수하기 때문에 절연두께 저감은 가능하나, 각종 부대금구의 호환성 및 절연성능 향상(50[%] 이상), 내트래킹성 향상(100[%] 이상)을 개발 목표로 함에 따라 동일한 절연두께로 설정하였으며, 내부절연과 외부절연의 비율은 50 : 50으로 설정하였음.

2) 해석영역



3) 전계값 비교 ([kV/mm], U₀=13.2[kV])



3.2 전계해석

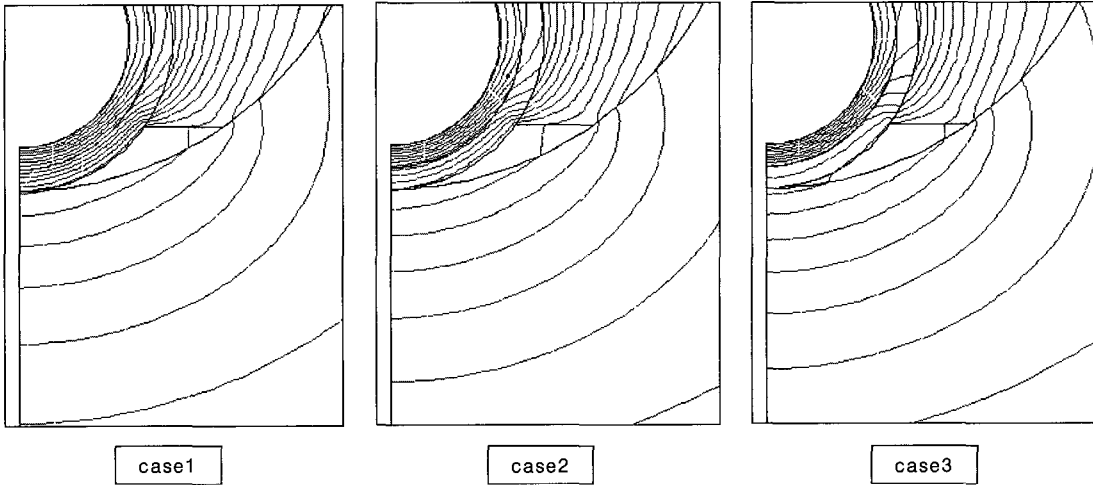
1) 해석 조건

- case 1 절연체 : 비유전율 2.3 균일
 - case 2 절연체 내부 : 비유전율 2.3
절연체 외부 : 비유전율 3.5
 - case 3 절연체 내부 : 비유전율 2.3
절연체 외부 : 비유전율 8
- ※ 외부 : 물의 비유전율인 80을 적용

| case 1: 단일절연[유전율 : 2.3] | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 1 | 2.71 | 2.72 | 2.74 | 2.75 | 2.69 | | | | | |
| 2 | 1.85 | 1.86 | 1.88 | 1.90 | 1.92 | 1.97 | | | | |
| 3 | 1.85 | 1.86 | 1.88 | 1.90 | 1.92 | 1.97 | | | | |
| 4 | 1.30 | 1.34 | 1.38 | 1.41 | 1.44 | 1.48 | 1.61 | 1.87 | 1.70 | 0.76 |
| 5 | 0.054 | 0.067 | 0.062 | 0.058 | 0.054 | 0.051 | 0.052 | 0.063 | 2.08 | 1.43 |
| case 2: 2중절연[유전율 : 2.3+3.5] | | | | | | | | | | |
| 1 | 2.93 | 2.94 | 2.96 | 2.98 | 2.92 | | | | | |
| 2 | 2.00 | 2.01 | 2.03 | 2.06 | 2.09 | 2.14 | | | | |
| 3 | 1.32 | 1.33 | 1.35 | 1.36 | 1.38 | 1.43 | | | | |
| 4 | 0.90 | 0.95 | 0.98 | 1.01 | 1.03 | 1.08 | 1.21 | 1.47 | 1.44 | 0.59 |
| 5 | 0.054 | 0.069 | 0.066 | 0.061 | 0.058 | 0.056 | 0.059 | 0.075 | 1.97 | 1.37 |
| case 3: 2중절연[유전율 : 2.3+8.0] | | | | | | | | | | |
| 1 | 3.14 | 3.16 | 3.18 | 3.20 | 3.15 | | | | | |
| 2 | 2.15 | 2.16 | 2.18 | 2.21 | 2.24 | 2.30 | | | | |
| 3 | 0.62 | 0.63 | 0.63 | 0.64 | 0.65 | 0.69 | | | | |
| 4 | 0.32 | 0.43 | 0.46 | 0.48 | 0.50 | 0.54 | 0.66 | 0.88 | 1.04 | 0.42 |
| 5 | 0.048 | 0.062 | 0.063 | 0.061 | 0.060 | 0.060 | 0.072 | 0.10 | 1.59 | 1.18 |

※ 내부 절연체가 받는 전기적 Stress는 상대적으로 큼.
외부 피복체가 받는 전기적 Stress는 상대적으로 작음.

4) 등전위선 비교



5) 전계해석 결과

상기 조건에 대한 전계해석 결과는 다음과 같이 정리된다.

- i) 건전상에서는 case 1(단절연)의 경우가 유전율이 균일하므로, 균등한 평등전계 분포를 나타내고 있음.
- ii) 내부절연체가 받는 스트레스는 case 3이 가장 크지만, 그 차이는 크지 않으며, 반면 외부절연체가 받는 전기적인 스트레스는 case 3가 월등히 작다.

또한, 내부는 Creen XLPE로 충분히 절연내력을 지니기 때문에 문제가 없을 것으로 예상된다.

또한, 물의 유전율을 80으로 볼 때, 외부절연체에 유전율이 큰 것을 채용하는 것이 외부의 전기적인 스트레스를 현격히 줄이는 것으로 나타났다.

- iii) 따라서 향후 발수제(Mg(OH)₂)를 함유하여 고유전율을 가지면서 높은 고체적 저항(10¹⁵이상)을 갖는 외부절연재료의 개발이 요구됨.

3.3 피복 재료

- 1) 트래킹 성능향상을 위한 피복재료의 요구성능

가. 내열성

장시간 내열성은 치수변화 및 화학변화에 관계있으며 절연재료의 수명과 관련된다. 절연재료는 열전도성이 좋고 전기 절연성도 좋아야 하는 모순된 2개의 성질을 갖추어야 한다. EH한 옥외용 애자 등의 절연재료 표면은 아크 방전 등에 견디는 내열성이 요구된다.

나. 내수성

수분이 침투하지 않는 고분자 재료에도 내부에 전계집중 부분이 있으면 외부의 수분이 확산, 침투되어 전계집중 부분이 응집된다.

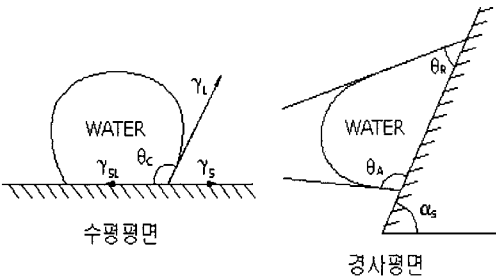
다. 발수성

접촉각이란 물방울이 고체표면과 접촉할 때 생기는 각이며 다음의 그림과 같이 표현된다. 접촉각은 고체표면의 자유 에너지에 의존된다.

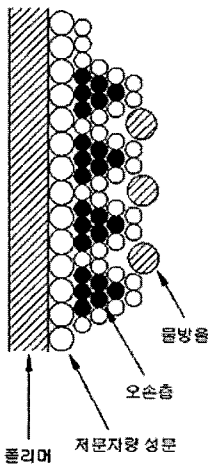
표면 에너지가 높으면 물에 젖기 쉽고 표면에 연속 필름 형태의 막을 형성한다. 즉 접촉각은 0이 되고 표면은 친수성(Hydrophilic)은

로 된다.
반면 표면 에너지가 낮으면 물을 반발하게 되며 물방울이 분리된다. 즉 접촉 각은 90[°]보다 크게 되고 표면은 발수성(Hydrophobic)으로 된다.

θ_R : 후퇴각
 θ_A : 전진각



발수성 회복 메카니즘은 다음과 같다.
폴리머 결합사슬의 재배치 → 저분자량 성분의 표면으로의 이동과 확산 → Polysiloxane의 열화로 저분자량의 siloxane 생성



2) 피복재료의 개발방향

가. 극성 모노머 사용

XLPE 케이블은 직류 고전압인가에 의한 절연체 등의 역극성의 공간전하가 축적되어 역

극성의 임펄스나 직류 극성 반전이 생겨 절연 특성의 저하가 나타나므로 이러한 현상을 해결하기 위해 극성 모노머를 사용하여 카르보닐기가 극성기로 작용하여 균일하게 분포하여 공간전하의 국부적인 집중을 방지한다.

나. 발수제 사용

절연체 표면의 젖음으로 인한 오손물의 부착 등을 최소화하기 위하여 발수제를 사용하여 물 등의 수분이 절연체에서 쉽게 이탈되도록 한다.

다. 분해온도가 높은 유기 과산화물 사용 및 가교 촉진제 사용

분해온도가 높은 과산화물 분해 잔사들이 공간 축적되는 것을 최소화 하여 공간전하의 축적으로 인한 XLPE 파괴강도를 개선시키며, 분자구조 내에 가교제로 인한 불포화 결합을 방지하기 위하여 미 반응한 가교제를 최소화 하기 위해 촉진제를 사용한다.

3) 피복재료 선정

| 구 분 | 시료 #1 | 시료 #2 | 시료 #3 | 기준 OC | 비 고 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 비 중 | 1.399 | 1.365 | 1.410 | 0.924 | |
| Ml | 7.25 | 4.4 | 3.4 | 4.85 | |
| 인장강도 | 1.37 | 1.26 | 1.26 | 2.45 | |
| 신 장 율 | 395 | 103 | 66 | 568 | |
| ODR | Tmin | 1.9 | 2.4 | 2.4 | 1.8 |
| | Tmax | 27.3 | 33.6 | 34.3 | 9.0 |
| 트래킹시간 | 6시간 | 6시간 | 6시간 | 50분 | |

상기 시험 DATA에 의거 작업성 및 내트래킹성을 고려하여 시료 #1을 채용함.

3.4 인장하중 및 기준 지지물과의 상관관계

1) 160SQ전선의 수평장력 계산

가. 계산식

$$T = W \times S^2 / (8 \times D)$$

여기서

W : 전선의 단위중량(kg/m)

S : 표준경간(=50m)

D : 표준이도(=0.7m)

나. 수평장력

① ACSR/AW-OC 160SQ

$$T=0.74 \times 50^2 / (8 \times 0.7) = 330.36[\text{kg}]$$

② ACSR/AW-TR/OC 160SQ

$$T=0.75 \times 50^2 / (8 \times 0.7) = 334.82[\text{kg}]$$

2) 외경 및 인장특성 비교

| 구 분 | 160SQ 기준 | | 비 고 |
|--------|------------|------------|---------------|
| | OC | TR/OC | |
| 전선외경 | 23.4(mm) | 23.4(mm) | |
| 전선중량 | 740(kg) | 750(kg) | |
| 최소인장하중 | 3,080(kg) | 3,080(kg) | - 도체는 동일함. |
| 수평장력 | 330.36(kg) | 334.82(kg) | - 약 1.35[%] ↑ |

3) 지지금구의 인장력

- i) 장선기 보지력 : Min. 1,000[kg]
- ii) 지지물 : 약 5,675[kg](14[m] 일반주 기준)
- iii) 기타 애자 및 완금도 충분한 인장력을 확보할 수 있음.

4) 결 론

- i) 상기 Table에서와 같이 전선 중량이 증가하여 수평장력이 증가하여도 기존 장비로 충분히 유지할 수 있음.
- ii) 따라서 현재 사용되고 있는 부대금구의 변경 없이 전선 설치가 가능함.

3.5 완제품 구조설계

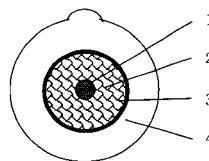
1) 구조설계 개요

제품의 설계는 기존 OC전선과 비교하여 전선 지지물 등에 영향을 미치지 않고 기타 제반특성

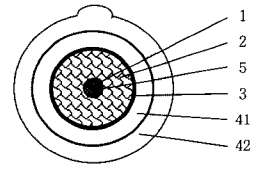
을 모두 만족하는 범위로 설계를 하여야 하기 때문에 다음의 기본 사항을 고려한 설계를 실시 하였음.

- ① 전반적인 구조(외경, 중량)는 가능한 한 기존 OC와 동등하게 설계
- ② 내트래킹이 우수한 재료를 개발하여 절연을 할 경우 여러 충전제로 인하여 절연 특성의 저하가 나타날 수 있기 때문에 내부는 절연 성능이 우수하며 유전율이 낮은 순수 XLPE를 적용하여 각각의 절연층이 역할을 분담할 수 있는 2중, 2중 절연구조를 채용[전계해석 참조]
- ③ 도체내 수분침투에 의한 응력부식등의 문제점을 보완하기 위하여 도체수밀 구조 채용

[OC 구조도]



[TR/OC 구조도]



【색인】

- AW피복강 선[1] : 강선에 알루미늄을 피복한 것으로서, 지지선의 역할을 함.
- 도체[2] : 도전을 60[%]이상의 경알루미늄 선으로서 전기적인 도전로
- 내부반도전층[3] : 반도체성 가교폴리에틸렌 컴파운드로서, 전계완화 및 절연체 함몰을 방지하는 역할을 함.
- 절연층[4] : 흑색의 가교폴리에틸렌으로서, 절연성과 내후특성을 겸함.
- 도체수밀[5] : 도체사이에 컴파운드충진 및 기타 가공을 통하여 도체내에 수분의 침투를 방지하는 역할을 하며 도체의 부식 또는 절연 공정에 영향을 주지 않아야 함.

특집 : 2006내선규정 수록 신기술

- 절연층[41] : Natural 가교폴리에틸렌으로서 [4]항에 비하여 절연저항 또는 체적저항 특성이 우수함.

- 피복층[42] : 흑색의 가교폴리에틸렌으로서, [4]항과 동등한 특성을 지니면서 트래킹발생을 억제할 수 있는 특성을 가지고 있음.

2) 구조 비교

가. ACSR/AW-TR/OC [2002. 7. 3 제정]

| 공 칭 단면적 ([mm ²]) | 도 체 외 경 ([mm]) | 내 도 | | 절 연 | | 피 복 | | 도 체 저항 ([Ω/km]) | 파 피 전 압 ([kV]) | 인 장 하 중 ([kgf]) | 계 산 중 량 ([kg/km]) |
|---------------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| | | 두 개 ([mm]) | 외 경 ([mm]) | 두 개 ([mm]) | 외 경 ([mm]) | 두 개 ([mm]) | 외 경 ([mm]) | | | | |
| 58 | 9.7 | 0.6 | 10.9 | 1.2 | 13.3 | 1.2 | 15.7 | 0.484 | 60 | 1,900 | 360 |
| 95 | 12 | 0.6 | 13.2 | 1.4 | 16.0 | 1.5 | 19.0 | 0.302 | 60 | 2,360 | 520 |
| 160 | 15.4 | 0.6 | 16.6 | 1.7 | 20.0 | 1.7 | 23.4 | 0.183 | 72 | 3,080 | 750 |
| 240 | 18.9 | 0.6 | 20.1 | 1.7 | 23.5 | 1.7 | 26.9 | 0.123 | 72 | 4,500 | 1,040 |

나. ACSR/AW-OC [PS 121-192~196]

| 공 칭 단면적 ([mm ²]) | 도 체 외 경 ([mm]) | 내 도 | | 절 연 | | 피 복 | | 도 체 저항 ([Ω/km]) | 파 피 전 압 ([kV]) | 인 장 하 중 ([kgf]) | 계 산 중 량 ([kg/km]) |
|---------------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| | | 두 개 ([mm]) | 외 경 ([mm]) | 두 개 ([mm]) | 외 경 ([mm]) | 두 개 ([mm]) | 외 경 ([mm]) | | | | |
| 58 | 9.7 | 0.6 | 10.9 | 2.4 | 15.7 | - | 15.7 | 0.484 | - | 1,900 | 330 |
| 95 | 12 | 0.6 | 13.2 | 2.9 | 19.0 | - | 19.0 | 0.302 | - | 2,360 | 530 |
| 160 | 15.4 | 0.6 | 16.6 | 3.4 | 23.4 | - | 23.4 | 0.183 | - | 3,080 | 730 |
| 240 | 18.9 | 0.6 | 20.1 | 3.4 | 26.9 | - | 26.9 | 0.123 | - | 4,500 | 1,040 |

4. 작업성 평가 및 시범사용

4.1 작업성 평가

1) 시공업체 평가

| 확인 사항 | 시 공 자 평 가 (ACSR/AW-OC대비) |
|----------------|---|
| 1. 시공시 굴곡성 | 기존 전선보다 유연하고 굴곡성도 양호함 |
| | 유연성의 차이로 인하여 시공시 편리함 |
| 2. 바인드 시공시 용이성 | 작업시 밀착도가 양호하고 미끄러짐 현상이 적음 |
| 3. 피복제거시 용이성 | 전선 피박기로 작업시 쉽게 탈피됨 |
| 4. 기존 금구와의 호환성 | 외경이 동일한 관계로 인장크램프, 분기스리브 LP애자, 현수애자등의 금구류와 호환성 양호 |

※ 종합의견 : 작업(시공)시 전반적으로 기존OC전선 보다 동등 또는 양호함.

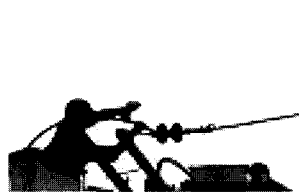
2) 시공사진



전선 탈피



탈피 후 형상



주 상 접 속



주 상 접 속



접속재 취부



시공 후 형상

4.2 시범사용 검토의견

1) 시범사용 내역 : 염해가 심한 사업소에 시범 운용

| 구분 | 인천 지사 | 강릉 지사 | 전남 지사 | 대구 지사 | 부산 지사 | 제주 지사 | 실증 시험장 | 계 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|------|
| 수량 ((km)) | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 1.8 | 55.8 |

2) 시범사용 기간 : 2002.12~2003.11(12개월)

4) 시범사용 결과 보고

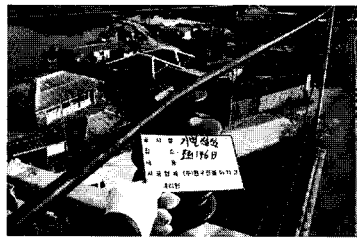
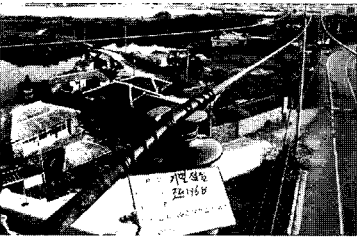
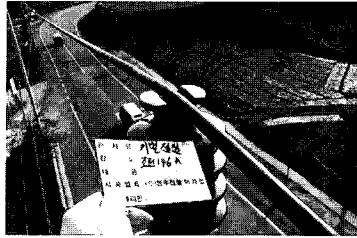
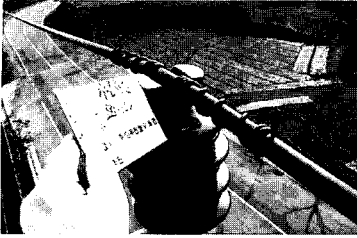
■ 사업소명 : 전력연구원 배전실증시험장

| 확 인 사 항 | 평 가 결 과 |
|---|---|
| ○ 작업의 편리성(ACSR/AW-OC 전선대비) | 기존 AW-OC와 작업의 편리성 측면에서 차이 없음 |
| ○ 설치후 전선의 변형 및 설치상태 유지여부 | 변형 및 설치 유지 상태 확인결과 특이 사항 없음 |
| ○ 전선피복에 대한 트래킹 발생여부 - 바인드부분 - 애자접촉부위 - 오염물질 접촉부위 등 | 전선 피복과 바인드, 애자접촉, 오염물질 접촉 부위에 트래킹 발생 흔적이 발견되지 않았음 |
| ○ 기존 절연전선대비 내트래킹 및 절연성능 향상 여부 | 절연성능 : 시사용 후 절연파괴 시험 평균 75(kV)(사용전 : 80(kV))로 측정 |
| ○ 종합의견(효용성 및 확대사용 필요성 등) | 시범 사용 초기는 시험품의 성능 변화가 없는 것으로 판단됨. 향후 주기적인 시험이 진행되어 시험품의 성능을 평가하는 것이 바람직한 것으로 판단됨. |

3) 시범사용 확인사항

- 트래킹 개선효과 : 트래킹의 흔적 없음.
- 설치 후 전선 재질 및 형상의 변형여부 : 변형 없음.
- 지지물의 변형여부 및 작업성
전선의 중량 및 외경이 동일한 관계로 지지물에 영향이 없으며, 작업성 동일

■ 제주지사 해안도로 시범사용 1년 경과 후



◇ 저 자 소개 ◇



홍순갑(洪淳甲)

1947년 3월 24일생. 1996년 1월 서울 삼선고등학교 졸업. 1972년 2월 한양대학교 법학과 졸업. 일진전기(주) 부회장.



권영국(權榮國)

1970년 5월 25일생. 1988년 2월 제천고등학교 졸업. 2005년 2월 인하대학교 전기공학 졸업. 일진전기(주) 기술영업과장.