

초고압 XLPE 케이블 고 수압 수밀 도체 개발

하재청, 백홍수, 최봉남, 김도영
대한전선(주)

Development of high pressure water blocking conductor for EHV XLPE Cable

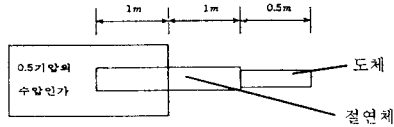
Jae-Chung Ha, Huem-Soo Paek, Bong-Nam Choi, Do-Young Kim
Taihan Electric Wire Co., Ltd.

Abstract - Recently, Water Blocking Conductor have been used to basic specification at the EHV XLPE Cable, Globally.

The area of Middle East have need of severe test condition than existing the Water Penetration Test, specially.

In this paper, compare with and investigate the Water Penetration Test's each standard, describes the development Water Blocking Conductor in the high water-pressure for the EDF HN 33-S-51's Water Penetration Test passing.

여 24시간 방치한 후 타단으로 부터의 누수유무를 조사.



2.1.2 IEC Pub. 60840 Water Penetration Test

1. 서 론

최근 세계적으로 초고압 XLPE 케이블에 있어서 수밀 도체가 기본사양으로 채택되고 있고, 특히 중동지역에서는 기존의 수밀시험특성 보다 가혹한 시험조건을 요구하고 있는 추세이다.

현재 수밀 컴파운드 또는 Swellable Powder를 사용하여 한전 또는 IEC Pub. 60840의 Water penetration test를 만족시키는 수밀 도체의 개발이 수년전에 완료된 상태이며, 실제로 완성된 제품으로 국내와 해외에서 사용되어지고 있다.

특히, 이번 수요자 측에서는 케이블 사용 중 외압 등에 의하여 케이블이 손상되었을 때, 손상된 부분을 장시간에 걸쳐 수리 및 교체하는 동안에 많은 부분의 케이블이 침수된 경험이 있어 고수압하에서 장시간 동안 지속적으로 수분의 확산을 억제시킬 수 있는 해저 케이블 수준의 도체수밀을 요구하였다.

따라서, 기존의 한전 또는 IEC Pub. 60840의 수밀 시험 조건 보다 가혹한 조건을 만족시킬 수 있는 수밀 도체가 필요하게 되었다.

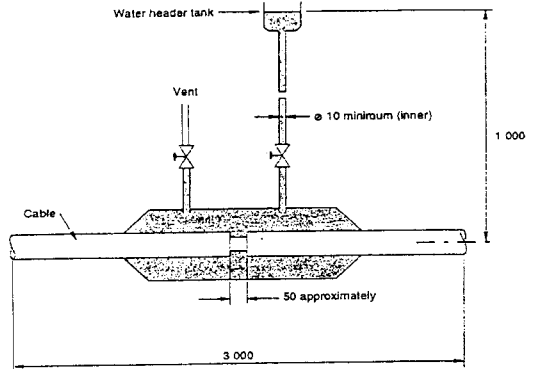
이에 본고에서는 Water Penetration Test의 각기 시험 규격별로 비교 검토하고, 수요자 측에서 요구한 EDF HN 33-S-51의 Water Penetration Test의 Pass를 목표로 개발한 고수압 수밀도체의 개발 내용을 기술하고자 한다.

2. 본 론

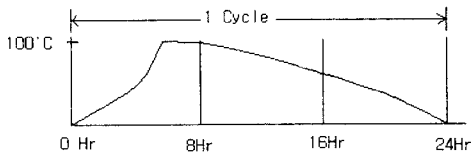
2.1. Water Penetration Test 비교

2.1.1. 한전 도체수밀 시험

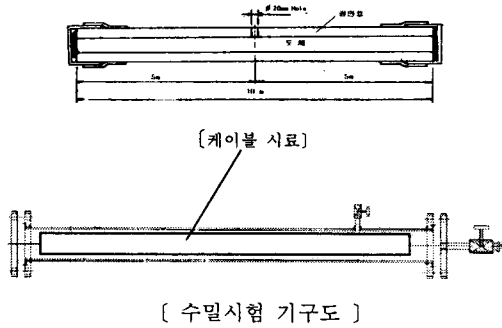
완제품 케이블의 시료를 시스, 중성선 및 부풀음 테이프를 제거한 후 절연된 상태의 시료를 상기 그림의 장치를 사용하여



- (1) 규정한 동경에 3회 굴곡시험 후, 시료를 최소 3m 취한다.
- (2) 3m의 중앙에 50mm 폭으로 도체까지의 모든 피복 물을 벗겨내고, 상기 그림과 같이 시험 기구를 설치한다.
- (3) 시험구성 완료후, 물을 주입하고 24시간 방치한다.
- (4) 수두 높이는 1m (0.1Kg/cm²)를 유지한다.
- (5) 24시간 방치 후 도체에 10회의 Heating Cycle을 가한 후 양단의 누수가 없을 것.
* Heating/8시간, 자연냉각/16시간
(Heating시 도체온도 95~100℃에서 최소 2시간 이상 유지)
(1 Heating Cycle 그래프)



2.1.3 EDF HN 33-S-51 도체 수밀시험



- (1) 약 10m 길이의 시험시료를 취한다.
- (2) 시료의 중앙에 지름 2cm의 Hole을 방식층에서 도체까지 낸다.
- (3) 시료를 위의 그림과 같이 약 10m의 Tube에 넣고 양단을 밀봉한 다음 온도가 20℃이상인 물을 Tube에 주입하고 물의 압력을 15bar 까지 인가하여 100hr동안 유지시킨 후 시료 중앙의 Hole로부터 1m 이상 물 침투가 없을 것.

상기의 각 수밀시험 규격을 비교해 보면,

한전 < IEC 60840 < EDF HN 33-S-51 순으로 시험특성이 가혹한 것을 알 수 있다.

따라서, EDF HN 33-S-51의 수밀특성을 맞추기 위해서는 지금까지의 수밀도체 제조방식과는 달리 좀더 완벽한 도체수밀 작업이 필요함을 알 수 있다.

2.2 수밀재료의 선정

고수압을 견딜 수 있는 수밀 재료를 선정하기 위하여 기존의 수밀 재료를 사용한 시료를 가지고 2.1.3)항의 시험을 실시한 결과

첫째, 수밀 컴파운드의 경우 1bar이하의 수압 하에서는 수밀 특성이 우수하지만 컴파운드 재질 자체가 신축성이 부족하여 높은 수압에서는 도체와 쉽게 분리되어 물이 침투함

둘째, Swellable Powder의 경우 각 연선 사이에 도포되어 있어 소선과의 흡착력이 부족하고, Powder가 부풀었을 때 Gell 점도가 낮아 적은 압력에도 쉽게 물이 침투함.

상기와 같은 시험 결과를 토대로 수밀재료를 선정하는데 있어서 수밀컴파운드를 보다 연질로 하는 것과, Swellable Powder의 Gell 점도를 높이고 도체와의 흡착력을 높일 수 있는 기술이 필요하였다.

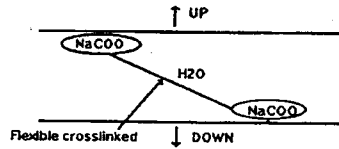
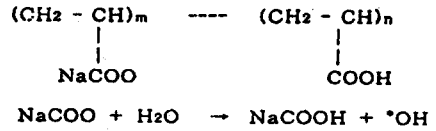
따라서, 자재의 개발과 공정설비의 개조가 필요한 수밀 컴파운드를 배제하고, 기존의 Swellable Powder보다 Gell 점도가 우수한 입자가 굵은 Powder를 선정하였고, 도체 소선과 Swellable Powder를 접촉시킬 수 있는 특수 접착제를 개발하여 사용하였다.

2.3 Swellable Powder의 제특성

2.3.1. Swellable Powder의 제 특성

Swellable Powder의 주 재료인 Polyacrylate는 아크릴소다 중합체로서 물(H₂O)과 결합하여 형성된 래디칼(OH)이 연속적으로 반응하므로 Flexible

cross-linking 하는 형상으로 부풀음으로서 차수 특성을 얻는다



[Swellable Powder 분자식]

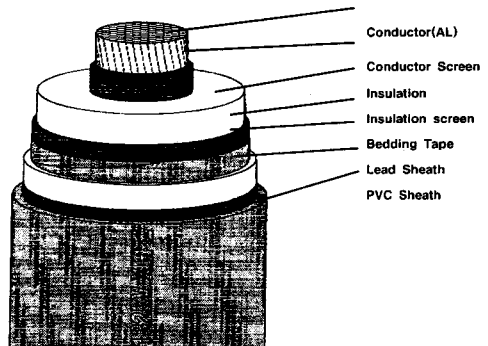
즉, Chemical chain이 늘어남으로 인해 Gel swelling 상태로 된다.

이때, Swellable Powder 입자의 모양이 구형에 가깝고 입자의 크기가 적당하게 크면 Powder의 부풀음 속도는 약간 저하되나, 자기응집력이 커지므로 Gel 점도가 강해진다.

2.4. 수밀 도체의 제조 및 시험결과

이번에 개발한 고수압 수밀도체는 이라크 수출 132KV XLPE 케이블의 Aluminium 도체 수밀 시험이 EDF HN 33-S-51의 Water Penetration Test를 적용하게 되어있어 이 Test의 Pass를 목적으로 개발하였다.

2.4.1. 이라크 132KV XLPE 케이블 구조



2.4.2. 수밀도체 제조

수밀도체 제조에 있어서 Swellable Powder의 흡수력도 중요하지만 높은 수압에서 물을 Blocking 할 수 있다면 도체 소선의 표면에 Swellable Powder를 15bar의 수압에서도 견딜 수 있게 강하게 흡착시키는 것이 보다 중요하다.

따라서, 도체 연선 작업시 Swellable Powder를 도체 소선에 접촉시킬 수 있는 특수 접착제를 자체적으로 개발하여 Swellable Powder를 도체에 접촉시키고 도체의 압축률을 높여 도체소선 표면에 Swellable Powder가 보다

강력하게 흡착되도록 작업하였다.

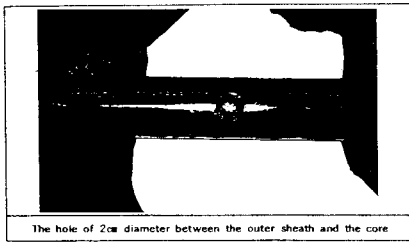
또한, 기존 수밀도체 작업시 최외층에는 Swellable Powder를 도포하지 않고 Semi-con. S/W Tape를 사용하였지만 이것 역시, 고수압하에서는 수밀특성을 유지시키기 어렵기 때문에 도체의 최외층에도 Swellable Powder를 흡착시켰다.



[작업진행 사진]

2.5. 수밀 시험

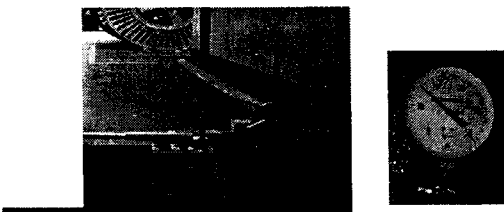
2.5.1. 시험 방법



[수밀시험 시료]

위의 그림과 같이 약 5m 길이의 시험 케이블 시료를 취하여 시료의 중앙에 절연층에서 도체까지 지름 2cm의 Hole을 낸다.

시료를 약 10m의 Tube에 넣고 양단을 밀봉한 다음 온도가 20℃이상인 물을 Tube에 주입하고 물의 압력을 15bar까지 인가하여 100hr동안 유지시킨 후 시료 중앙의 Hole로부터 100cm 이상 물 침투가 없어야 한다.



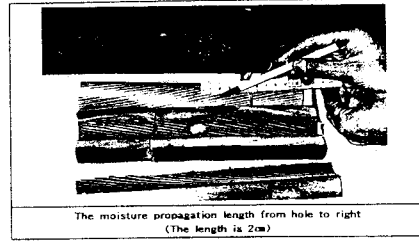
[수밀시험 모습]

2.5.2. 시험 결과

시험결과 아래 그림과 같이 EDF HN 33-S-51의 Water Penetration Test를 만족하는 것으로 나타났다.



The moisture propagation length from hole to left
(The length is 2cm)



The moisture propagation length from hole to right
(The length is 2cm)

[시험 결과]

3. 결 론

이상과 같이 Swellable Powder와 특수제조한 접착제를 사용하여 고수압 수밀 도체를 개발하였다.

그 결과, 수밀도체의 수밀성능을 한층 높일 수 있었으며, 케이블의 전기적 시험을 통하여 실사용 시 전기적으로 문제가 없다는 확신을 얻었다.

특히, 이번 고수압 수밀도체의 개발을 통하여 해저 및 수저용 케이블 수밀 도체 제조에 적용할 수 있게되었으며, 또한, 수밀도체의 요구가 증가하고 있는 해외 시장에서의 경쟁력이 크게 향상될 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 二階堂隆紀, 谷本 元, 川瀬幸雄, "走水防止形ケーブルの開発", 昭和電線レビュー, Vol. 47, No.1 pp.36~40, 1997
- [2] G. Katsuta, I. Sato, H. Takehana & K. Watanabe, "Development of Large Insulated Strand Conductor", フジクラ技報, 第70号, pp.19~23, 1985