

초고압 고내력 케이블 국내 최초 현장 적용

*오종옥, *조성훈, *이상교, * 김한중, **오동수
*LG 전선(주), **한전중앙연구소

First Installation of High Stress EHV XLPE Cable in Korea

*J.O. Oh, *S.H.Cho, *S.K.Lee, *H.J.Kim, **D.S.Oh
* LG Cable Ltd., **KEPCO

Abstract - Recently, increased demand of electrical energy caused additional installation of underground power cable. Industrialization of metro makes civil works difficult. So installed ducts became a key of underground power transmission, LG cable set to work development of high stress cable.

LG cable stated in 1996, got a certificate of type test in 1998, and applied at domestic site in Nov. 1999.

High stress cable has some merit, decrease of civil cost, reduction of work time, by reason of decrease of dia. and weight, and economical system design, so LG cable has a good merit in comparison with competitive company in domestic and foreign market.

단축을 위해 LG전선 고내력 케이블을 적용하여 원활한 토목 작업과 고객이 원하는 기간내에 전원 공급을 이루어 냈다.

2.2 고내력 케이블 설계

절연두께는 일반적으로 A.C파시험(t_{AC})과 Impulse파괴시험(t_{IMP})중에서 더 큰 Data를 채택하며, 다음의 식으로 계산될 수 있다.

$$t_{AC} = \frac{U_m}{\sqrt{3} \times k_1 \times k_2 \times k_3} \times E_{L,AC} \quad (1)$$

$$t_{IMP} = \frac{BIL}{E_{L,IMP}} \times k_4 \times k_5 \times k_6 \quad (2)$$

- 여기서, U_m : 공칭 선간 최대전압(170kV)
 k_1 : 온도 계수
 k_2 : 열화 계수
 k_3 : 안전 계수
 BIL : 초기 Impulse 절연치(750kV)
 k_4 : 온도 계수
 k_5 : 열화 계수
 k_6 : 안전 계수
 $E_{L,AC}$: 최소 AC파괴전압 (35kV/mm)
 $E_{L,IMP}$: 최소 Impulse 파괴전압 (75kV/mm)

1. 서 론

초고압 154kV XLPE 전력케이블의 꾸준한 개발에 의해 1960년대에 결정된 절연설계 파라메타를 벗어나 실제 XLPE 케이블을 모델로 하여 A.C파괴시험 및 Impulse파괴시험을 실시하여 케이블 절연 평가를 실시하였다.

LG전선은 고내력 XLPE에 대한 연구를 '96년에 시작하였으며, '98년 Type test 인증을 획득하고, '99년에 최초로 국내 현장에 적용하는 계가를 이루었다. 현재까지는 이론에만 의존하였으며, 미리 실제 선로 적용에 발생할 수 있는 문제점을 해결한 후 공장 실 선로 시험에 통하여 품질의 신뢰성을 확보하여 '99년 11월 LG화학 여천공단에 적용하여 상용화에 성공하였다.

이 상용화로 초고압 송전용량 증대와 저렴한 공사비로 인한 초고압 지중 시장의 확대 및 향후 세계적인 경쟁력을 확보함으로써 세계시장에서의 LG전선의 기술력을 확인하는 계기가 될 것이다.

2. 본 론

2.1 적용 Project 개요

LG전선 자체 개발된 고내력 케이블은 여천공단에 위치한 LG화학 여천공장으로 3.7km의 고내력 케이블과 고내력 중단접속함 가스중 3sets, 기중 3sets와 고내력 중간접속함 6sets로 구성되었다.

이 Project는 토목 및 전기공사를 포함한 Tune-key 공사로 지중선로 Root상에 기존 지중 매설물로 인해 협소한 구간이 대부분이다. 협소한 작업환경 극복과 공기

상기 식의, $k_2, E_{L,AC}, E_{L,IMP}$ 는 Weibull 분포시험 결과로 얻을 수 있으며, 상기 식으로 계산 결과 t_{AC} 는 7.8mm, t_{IMP} 는 15.1mm이므로, 실제 절연두께 설계시 신뢰성을 고려하여 17mm로 하였다. 기존 전력케이블과 고내력 케이블의 규격은 표1.과 같다.

표1. 케이블 규격 비교

항 목	단위	특성치		
		기존 케이블	고내력 케이블	
도체	공칭단면적	mm ²	400	400
	외경	mm	24	24
내부 반도전층 두께	mm	1.5	1.5	
절연체 두께	mm	23	17	
절연체 외경	mm	73	67	
외부 반도전층 두께	mm	1.3	1.3	
알루미늄 두께	mm	2.3	2.0	
최대 외경	mm	109	96	
공칭 정전 용량	μF/km	0.15	0.19	
최소 절연 저항	MΩ.km	4500	3200	

2.3 케이블 접속재 설계

케이블 및 부속재의 기본설계는 IEC60840을 기준으로 설계하였으며, 추가로 LG전선의 접속재 설계기준을 적용하였다. 사용 조건은 공칭전압(U): 154kV, 정격전압(U₀):87kV, 최고전압(U_m):170kV, 상용 주파수: 60Hz, BIL:750kV이다.

주요 Test항목 및 요구성능은 다음 표2와 같다.

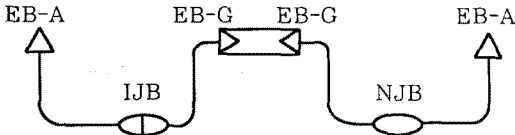
표2. 인증 시험 항목 및 요구성능

Test 주요 항목	요 구 성 능
Partial discharge test	less than 5pC at 1.5U ₀
Heating cycle voltage test	20cycles at 2U ₀
Impulse withstand voltage test	±750kV/10shots
tan δ measurement	less than 1×10 ⁻³ at U ₀
Power frequency voltage test	2.5U ₀ / 15minutes
Partial discharge test	less than 5pC at 1.5U ₀

2.4 Type test 결과

케이블 시험 및 접속합은 하기 그림1과 같이 설치하여 상기 요구성능을 만족하는 결과치를 확인하였다.

그림 1. Loop설치 시험



추가로 LG전선에서는 잔존 시험을 실시하여 EB-A 접속합은 800kV, IJB접속합은 1250kV에서 초기 breakdown이 발생하는 것을 확인하였다.

2.5. 현장 적용상의 문제점 해결

고내력 케이블 및 접속재를 현장 적용시 고품질 확보를 위해 표3.과 같은 문제점을 도출하여 사전 해결 방법을 강구하였다.

표3. 문제점 도출 및 해결 방안(TMJ)

현장 및 문제점 도출	해 결 방 안
1. 플타르 제거 - Torch 사용시 외부 반도전층 손상	- 유기용제 사용 - 작업방법 표준 작업서 삼입 - Check List 보완 수정
2. 경면 처리	- 경면처리시 표준작업 준수 - Check List 보완
3. 무연공 방법 - Torch 사용 불가로 기초연공 및 편조선 취부 불가	- 접지, 편조선 처리방법 작업 지도서 준수 - Check List 보완
4. Molding 조건 변경	- 온도 분포시험 실시하여 새로운 Molding 조건 확립
5. Taping 작업시 이물 관리	- 이물관리에 대한 정밀 대책 확립

특히, 이물관리가 고내력 케이블의 고품질 확보에 중요하므로, 표4.와 같이 추가 대책을 수립하였다.

표4. 이물 중점 관리

접속원	장 비	방 법
- 동일 TMJ조립의 반복작업 Skill 향상	- 장비의 재 점검 - 온도 및 습도 관리 강화	- 장비배치 표준화 - 작업진행에 대한 세부사항까지도 표준화
- 고내력 케이블에 대한 특성 교육	- 정전방지 설비 용량 확인 - Clean Booth	- Taping시 이물 혼입상태 점검
- 접속장비 및 공구 관리 Mind 제고	- Clean도 측정기 작업시 채택	- Molding후 X-ray 촬영 실시

2.6. 현장 설치 공사

LG화학 여천공단 현장은 선로길이가 1.3km이며, 굴곡부 가 심하여 일반 전력케이블 적용하여 시스템을 구성시 중간접속을 3개소 설치하여야만 포설이 가능하지만, 고내력 케이블 적용으로 장조장화가 가능하여 중간 접속을 2개소를 설치하여 불평형이 거의 없는 Cross Bonding시스템을 구성할 수 있었다.

토목 공사시 고내력 케이블을 적용하므로 판로의 크기는 Ø175 ELP에서 Ø150ELP적용, 터파기양은 2.26 m²/m에서 1.88m²/m, M/H개소는 3개소에서 2개소, M/H크기는 2m×2m×9m에서 1.5×2×8m로 시공하므로 토목 공사비를 포함한 전체 비용 15% 절감과 공기 단축의 계기가 되었다.

그림 2. 현장 포설 작업

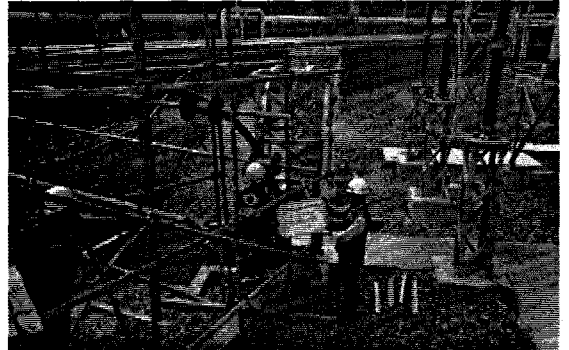


그림 3. 현장 설치 작업



2.6 준공시험

선로 준공시험은 Megger Test 및 직류 내전압 시험에 의해 선로의 이상유무를 확인하였고, 실부하 가압시 무부하 24시간을 거쳐서 선로를 재 확인후 상용화 하였다.

3. 결 론

이상과 같이 고내력 케이블을 성공적으로 실선로에 적용하므로 LG전선은 세계 시장에서의 경쟁력 확보와 기술력을 알릴 수 있는 계기가 되었다. 무엇보다도 고내력 케이블의 장점인 양호한 굴곡성과 저중량, 소외경으로 토목공사시 비용절감과 자재량 절감, 공기단축, 장조장화 시스템, 대용량 송전 등으로 인하여 경쟁사와 차별화된 이미지를 가질 수 있게 되었다.

이 PJT의 상용화 성공으로 향후 진행될 PJT에는 고내력 케이블 및 접속재를 사용하므로 고객에게는 보다 많은 용량을 송전할 수 있으며, LG전선은 보다 높은 경쟁력을 가질 수 있는 계기가 될 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] IEC Publication 60840, " Test for Power Cable with Extruded Insulation and their Accessories for Rated Voltage above 30kVkv upto 150kVkv",
- [2] LG전선(주) 오종욱외7명 "Development of High stress cable and accessories for EHV XLPE cable systems in korea ", JICABLE, 1999
- [3] LG전선(주) 이인호외3명 "초고압 XLPE 전력 케이블의 절연 특성 평가(I)", 대한전기학회, 1998