345kV XLPE 케이블의 개발 현황

김 영, 박근룡*, 이상현
대한전선(주) 시스템엔지니어링팀

허근도, 이승현
LG전선(주) 전력엔지니어링팀

Present Developmemt Trends of 345kV XLPE Cables

Y. Kim, K. R. Park, S. H. Lee
Taihan Electric Wire Co., Ltd. System Engineering Team

K. D. Heo, S. H Lee
LG Cable Ltd. Electric Power Engineering

Abstract - Recently, 345kV XLPE Cable and Accessories have been developed and will be applied for Youngseo~Youngdeungpo project in Korea. So, let this project and the process of development introduce on this paper.

The cable type and length of this project is 345kV XLPE 1C*2000㎟ 66km and all cable will be pulled on cable tunnel.

The diameter of cable insulation was designed as 27mm, we could reduce it by appling for hi-tech and super-clean system. Joints were developed by a pre-fabricated type which considered high safety and economic issues. We had also done Pre-Qualification test for verifying the reliance of cable and accessories before construction.

As we developed this 345kV XLPE cable system including its accessories at the same time, we can have higher technologies and contribute safe power in transmission lines. In adtionally, we can have a stable status for suppling EHV cable systems to a variety foreign customers by ourselves.

1. 서 론

국내의 초고압 송전방식은 가공송전방식과 지중송전방식으로 구분되어지는데, 대도시 지역에서의 송전은 환경문제 및 도시미관 등을 고려하여 지중송전방식을 주로 사용하고 있다. 더불어 도시인구의 증가와 경제규모의 증대 및 국민의 문화수준의 향상으로 송전의 고품질화와 대용량화에 대한 필요성이 지속적으로 요구되고 있다. 이에 국내 업체에 의한 초고압 케이블의 개발은 송전용량 증대와 고품질화에 발맞춰 진행되어 왔다. 국내 기술에 의한 지중송전선로의 건설은 1980년 개봉-오류 변전소 간에 154kV O.F(Oil-filled) 케이블 준공, 1984년 인천T/P-송월변전소 간에 154kV XLPE(Cross-Linked Polyethelene) 케이블 준공, 1997년 미금-성동 변전소 간에 345kV O.F 케이블이 준공되었으며, 현재 영서-영등포 변전소 간에 345kV XLPE 케이블의 건설이 진행되고 있다.
본고에서는 345kV XLPE 케이블 설계 및 시스템 설계 등의 진행과정 및 향후 전망에 대하여 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 프로젝트 개요

서울시 외곽의 345kV 영서변전소에서 도심지에 위치한 345kV 영등포변전소간의 지중송전선로 건설을 위하여 345kV XLPE 케이블의 개발 및 시스템 설계가 진행되었다. 건설 규모는 송전용량을 고려하여 도체 단면적 2000㎟, 2회선으로 하였으며, 케이블은 11km 전구간 전력구에 수용된다.

2.2 345kV XLPE 케이블 설계

케이블의 설계는 도체, 절연체, 금속시스 및 방식층 설계 등으로 구성되며, XLPE(Cross-Linked Polyethylene) 절연 케이블은 폴리에틸렌을 가교(Cross-Linking)하여 생성되는 가교폴리에틸렌(XLPE)을 절연체로 사용한 케이블로 [표 2]는 케이블 설계에 적용된 기본 설계조건을, [표 3]은 기본 설계조건에 따라 설계된 케이블의 구조를 보여주고 있다.

[표 1] 케이블 및 접속재의 소요 물량

케이블	345kV 1C*2000㎟ XLPE Cable : 66 km
접속재	가스중 종단 접속함(EB-G): 12 set
	보통 접속함(NJ) : 48 set
	절연 접속함(IJ) : 102 set

[표 2] 345kV 케이블 설계조건

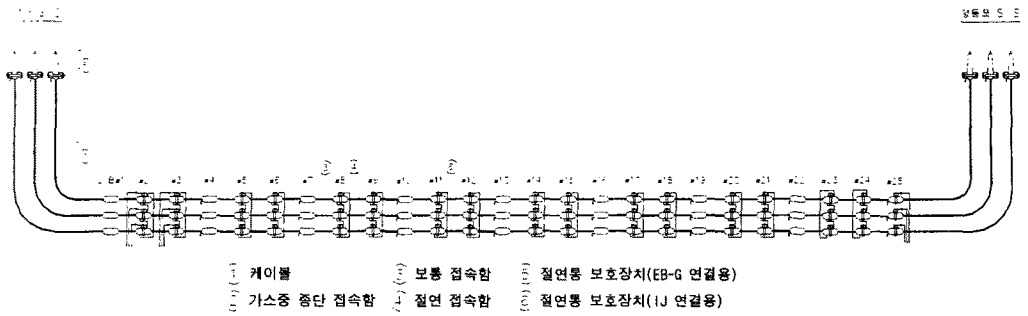
No	항 목	설계조건
1	공칭전압(U)	345kV
2	정격전압(Uo)	200kV
3	최대사용전압(Um)	362kV
4	주파수	60Hz
5	기준충격절연강도(BIL)	1300kV
6	접지방식	중성점 직접접지
7	단락전류	40kA/1.7sec
8	상시 도체최고허용온도	90℃
9	고장순시 도체최고허용온도	250℃
10	단시간 도체최고허용온도	105℃

2.2.1 도체

도체는 나연동선을 소선으로 연합하고 분할, 압축하여 표피효과를 감소시키고 케이블의 외경을 작게 하였다. 도체의 단면적은 송전용량에 따라 2000㎟로 선정하였다.

2.2.2 절연체

XLPE 절연 케이블의 제조는 1960년대의 절연설계 파라메타에서 출발하여 현재는 향상된 제조기술 및 절연재료의 품질향상으로 절연성능이 월등히 향상하여, 새로운 절연설계 파라메타의 적용이 가능하다. 이는 절연두께의 저감이 가능하여 케이블의 외경 축소로 전력구의 효율적 사용이 가능하다. 본 케이블의 경우 154kV XLPE 케이블에 이미 적용된 절연두께 저감설계를 적용하여 27mm로 설계되었다. 또한 내부 반도전층, 절연체 및 외부 반도전층의 제조는 동심원 형태로 동시에 압출성형되는 삼중 동시 압출공정(Triple Extrusion)방식과 가교가 건조상태에서 이루어지는 건조가교(Dry Curing)방식이 적용되었다.



[그림 1] 선로계통도

2.2.3 금속시스

금속시스는 절연체를 보호하고 수분의 침투를 방지, 고장전류의 귀로 및 전기적 차폐의 목적으로 기계적 특성 및 전기적 특성이 고루 우수한 알루미늄 시스로 설계되었으며 금속시스의 열신축, 케이블 설치시의 곡률반경 등에 의한 금속시스의 왜(歪)를 경감시키는 파부형(Corrugated) 구조로 설계되었다. 또한, 금속시스의 두께는 기계적 강도의 요건과 고장전류(40kA/1.7sec)의 요건을 만족하기 위하여 공칭두께 3.0㎜로 설계되었다.

2.2.4 방식층

방식층은 금속시스의 외상과 부식의 방지를 목적으로 전기적 특성, 내약품성, 난연성, 내마모성 등이 우수한 PVC(Polyvinl chloride)를 사용하였으며, 두께는 전기적 특성과 기계적 특성을 고려하여 공칭두께 6.0㎜로 설계되었다.

[표 3] 345kV XLPE 케이블의 구조 및 특성

항목		단위	치수
도체	재질	-	나연동선
	형상	-	분할압축원형
	외경	㎜	55.0
내부반도전층	재질	-	반도전 PE
	두께	㎜	2.0
절연체	재질	-	XLPE
	두께	㎜	27.0
외부반도전층	재질	-	반도전 PE
	두께	㎜	1.3
Tape 외부 반도전층	재질	-	반도전 EPR 동선직입포
	두께	㎜	1.0
금속시스	형상	-	Corrugated
	재질	-	Aluminum
	두께	㎜	3.0
방식층	재질	-	PVC
	두께	㎜	6.0
케이블 최대외경		㎜	157
직류 최대 도체저항		Ω/km	0.0090
공칭정전용량		㎌/km	0.24
최소절연저항		MΩ.km	3,000
계산중량		kg/km	36,000

2.3 345kV XLPE 케이블 부속재 설계

케이블의 부속재는 종단의 전기기기와 연결되는 종단접속함, 케이블간에 연결되는 중간접속재로 분류된다. 본 프로젝트에서는 가스절연개폐기(GIS)와 연결되는 가스중 종단접속함(EB-G) 및 케이블간의 접속을 위한 보통접속함(NJ)과 절연접속함(IJ)으로 구성되었다.

2.3.1 가스중 종단 접속함

가스중 종단접속함은 가스절연개폐기와 지중선을 연결하기 위하여 적용된다. 가스중 종단접속함의 보강절연은 Epoxy재질의 Bushing과 Rubber재질의 Stress-relief Cone으로 구성되었다.

2.3.2 중간 접속함

중간접속함은 케이블간의 연결을 위하여 사용되며, 단순히 케이블간 접속을 위한 보통 접속함(NJ), 좌우측의 금속시스를 전기적으로 분리하여 금속시스의 유기전압과 금속시스의 손실을 저감하는 절연 접속함으로 구분된다. 접속함이 설치되는 현장에서의 작업공정과 작업시간이 단축되고 사전 품질관리가 가능하여 접속함의 신뢰성이 매우 큰 조립식 중간 접속함(Pre- fabricated Joint, PJ)을 적용하였으며 이는 현재 세계적인 추세이다.

2.3 케이블 시스템 설계 및 공사 설계

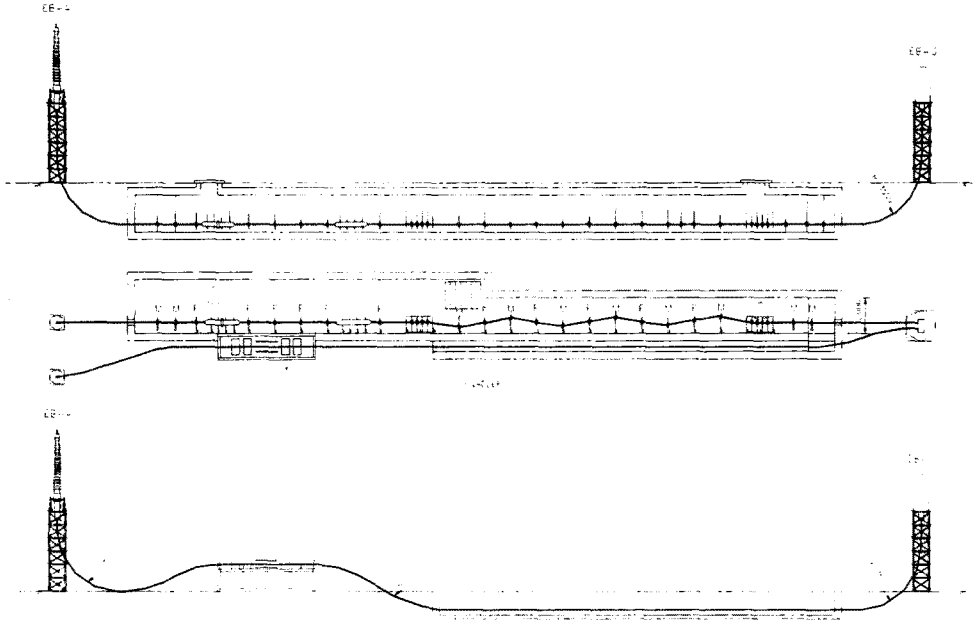
케이블 시스템 설계는 선로의 구성에 필요한 각 종 기술계산 및 기술검토로 이루어지며, 핵심 내용으로는 케이블 송전용량, 케이블 시스접지방식의 선정, 부속재 종류 및 수량의 결정 등이 있다. 공사설계는 선로의 설치에 필요한 각종 기술계산 및 기술검토로 이루어지며, 핵심 내용으로 포설 방안 검토, 케이블 지지 및 고정 방식의 선정, 공사 부자재 종류 및 수량의 결정, 그리고 케이블 열신축 대책의 수립 등이 있다. 현재 345kV XLPE 케이블의 설치는 실증시험을 거쳐 9m 피치(Pitch)의 스네이크(Snake) 포설로 설계되었다.

2.4 장기 과통전시험

345kV XLPE 케이블 개발시 부속재를 포함한 전체 시스템의 장기 신뢰성 확보를 목적으로 적용하는 장기과통전시험(Prequalification Test, PQ Test)은 케이블과 접소함으로 시험선로를 구성하여 8760시간에 걸쳐 진행된다.

[표 4] 장기 과통전시험 개요

항 목	내 용
시험선로 구성	케이블 및 접속함
	최소 100m 이상 (모의전력구:40m이상)
열싸이클 전압시험	1 Cycle:싸이클:도체가열(90℃~9. 8시간 후 자연냉각 16시간
	시험기간 : 8,760시간(180회 이상
	인가전압 : 1.7Uo
	시험기간 도중 또는 완료 후 절연파괴가 없을 것.



[그림 2] 장기 과통전 시험선로 구성도

3. 결 론

345kV XLPE 케이블에 대한 한국전력공사의 인정시험이 성공적으로 완료되었고, 현재 장기과통전시험이 성공적으로 진행되고 있다. 345kV XLPE 케이블 설계 및 시스템 설계가 성공적으로 진행되어 국내 최초의 장거리345kV 지중송전선로 SYSTEM의 실제 선로적용이 눈앞에 다가옴에 따라 전세계적으로 수요가 증가세에 있는 330kV~345kV급 XLPE 케이블에 대한 국제경쟁력을 한층 더 높일 수 있으며, 지속적인 기술개발 노력과 발전으로 현재 500kV급 XLPE 케이블을 개발, 운전중인 해외 선진기술에 대한 격차 또한 점차 줄여나가 급속히 변화하는 국제사회에서 보다 큰 부가가치를 창출하고 세계적인 기술국가로 발전하는 계기될 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사 송변전건설처, "345kV/154kV 가교폴리에틸렌절연전력케이블 및 부속재 구매시방서"(2001)