

275kV XLPE절연 전력케이블의 해외프로젝트 적용

권병일, 성장규*, 한창석
 대한전선(주) 시스템엔지니어링팀

Application of 275kV XLPE Power Cables for Overseas Project

B. I Kwon, J. K Seong, C. S Han
 Taihan Electric Wire Co., Ltd. System Engineering Team

Abstract - Oil-filled power cables and XLPE power cables have been globally applied for extra-high-voltage underground power transmission lines. The application of XLPE cables for the transmission lines have been largely increased at the domestic and overseas projects because of some issues. O.F cables have some week points, related with the issues of the environmental pollution and the needed maintenance work, even though they have been applied for several ten years and their reliability has been proven. Meanwhile, the demands on XLPE power cables increase as their manufacturing technologies have been improved and their simplicity of installations has been focused on.

In Korea, for the first time, the 275kV XLPE cable is to be applied at an overseas power plant project. This paper introduces the project profile, the design of the XLPE cable and its accessories, the cable system design and the installation design

1. 서 론

초고압 지중선로를 위해 유입(Oil-filled, O.F) 케이블과 가교폴리에틸렌(XLPE)절연 케이블이 세계적으로 적용되고 있다. 국내 및 해외에서 초고압 전력케이블은 여러 가지 이유로 XLPE 케이블화 추세에 있다. OF 케이블은 수십년 동안 적용되어 그 신뢰성이 입증되었지만, 환경적인 문제와 유지보수의 필요라는 단점으로 인해 점차 그 수요가 줄고 있다. 반면에 XLPE절연 전력케이블은 제조기술의 진보와 설치의 편리성으로 인해 그 수요가 증대되고 있다.

이러한 시점에서 275kV급 송전선로에 XLPE 전력케이블이 국내 최초로 해외프로젝트에 적용되었다. 본고에서는 275kV 프로젝트의 개요, 케이블 및 부속제의 설계, 케이블 시스템 설계 및 공사 설계에 대해 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 프로젝트 개요

Ballylumford 발전소는 북아일랜드의 북동부에 위치한 Islandmagee 반도 끝단에 건설 중에 있다. 이 발전소는 Combined Cycle Gas Turbine(CCGT)을 사용한 복합사이클 화력발전소이다. 전력케이블은 발전기로부터의 승압변압기(Step-up Transformer)와 275kV 및 110kV Substation Bay를 연결하기 위하여 사용된다. 본 프로젝트에 필요한 XLPE 케이블의 도체사이즈는 110kV급 및 275kV급 각각 단심 500mm가 적용되었으며, 중단접속함은 변압기에 연결되는 유중 중

단접속함과 가공선에 연결되는 기중 중단접속함이 적용되었다(표1 참조).

[표 1] XLPE 케이블 시스템 개요

구분	공칭전압		비고
	275kV	110kV	
회선	3회선	1회선	
상	3상	3상	
루트길이	430/600/370m	275m	
선종	1C*500mm ² XLPE절연	1C*500mm ² XLPE절연	
단말	변압기연결 가공선연결	변압기연결 가공선연결	

2.2 275kV XLPE 케이블의 설계

XLPE 케이블의 기본 설계는 도체 설계, 절연체 설계, 금속시스 설계 및 방식층 설계 등으로 구성된다. XLPE 케이블은 폴리에틸렌을 가교(Cross-linking)하여 생성되는 가교폴리에틸렌(Cross-linked Polyethylene, XLPE)을 절연체로 한 케이블이다. [표 2]는 케이블 설계를 위한 설계 조건을 보여 주고 있으며, [표 3]은 주어진 설계 조건에 따라 설계한 케이블의 구조를 보여 주고 있다.

[표 2] 275kV 케이블시스템 설계조건

No	항 목	설계조건
1	공칭전압(U)	275kV
2	최고사용전압(U _m)	302.5kV
3	주파수	50Hz
4	기준충격절연강도(BIL)	1050kV
5	상용주파내전압(1분, 건조)	395kV
6	상시허용전류	583A
7	단락전류	31.5kA/1sec
8	상시도체허용온도	90℃
9	단락시도체허용온도	250℃

2.2.1 도체

도체는 전기용 연동선을 소선으로 연합하고 케이블의 외경을 작게 하기 위하여 압축하였다. 도체의 단면적은 주어진 설치조건에 따라 송전용량을 충족시키기 위하여 500mm로 선정하였다. 또한, 도체에서 길이방향으로 수분의 전파를 막기 위하여 Swelling Powder 및 반도전 Water-swelling Tape를 적용하였다.

2.2.2 절연체

XLPE 절연은 전기적 특성이 우수한 반면에 이물, 돌기 및 불순물에 취약하다. 그러나 원자재에 대한 관리기술과 제조기술이 발전함에 따라 그러한 XLPE 절연체의 단점이 크게 개선되었다. 본 케이블의 경우, Super-clean compound가 원자재로서 적용되었으며 압출공정까지 대

기와 접착이 철저히 차단되었다. 또한 제조방법은 내도층, 절연체 및 외도층이 동시에 압출되는 연속삼중압출(Continuous Triple Extrusion) 방식과 가교·냉각이 건조상태에서 이루어지는 완전건조가교(Completely Dry Curing and Cooling, CDC) 방식이 적용되었다. 절연체 두께는 임펄스 내전압 강도와 교류 내전압 강도를 고려하여 공칭두께 25mm로 선정되었다.

2.2.3 금속시스

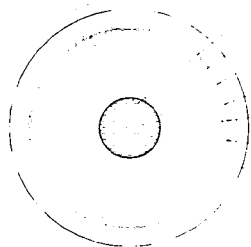
금속시스는 전기적 특성 및 기계적 특성이 고무 우수한 파부형 알루미늄 시스로 선정되었다. 길이방향의 차수를 위하여 외부 반도전층 위에 차수테이프로서 Water-swelling Tape가 적용되었으며, 금속시스도 Annular type으로 적용하여 차수 특성을 향상시켰다. 또한, 금속시스의 두께는 기계적 강도의 요건과 고장전류(62.9 kA/1sec)의 요건을 만족하기 위하여 공칭두께 2.4mm로 설계되었다.

2.2.4 방식층

방식층의 재질은 직매 환경에 우수한 특성을 가지는 폴리에틸렌이 선정되었다. 방식층의 두께는 전기적 특성과 기계적 특성을 고려하여 공칭두께 5.0mm로 설계되었다.

[표 3] 275kV XLPE 케이블의 구조 및 특성

항목		단위	치수
도체	재질	-	연동선
	형상	-	원형압축
	외경	mm	Nom. 26.9
	수밀	-	Swelling Powder
내부반도전층	재질	-	반도전 XLPE
	두께	mm	Nom. 1.5
절연체	재질	-	XLPE
	두께	mm	Nom. 25.0
외부반도전층	재질	-	반도전 XLPE
	두께	mm	Nom. 1.5
길이방향 차수층	재질	-	Swelling Tape
	두께	mm	Approx. 1.5
금속시스	형상	-	Corrugated, Annular
	재질	-	Aluminum
	두께	mm	Nom. 2.4
방식층	재질	-	Black PE
	두께	mm	Nom. 5.0
케이블 외경		mm	Approx. 121.0
직류도체저항(20℃)		Ω/km	0.0366
최대 정전용량		μF/km	0.1422
케이블 중량		kg/km	15.0



[그림 1] 케이블 구조도

2.3 275kV XLPE 케이블 부속재의 설계

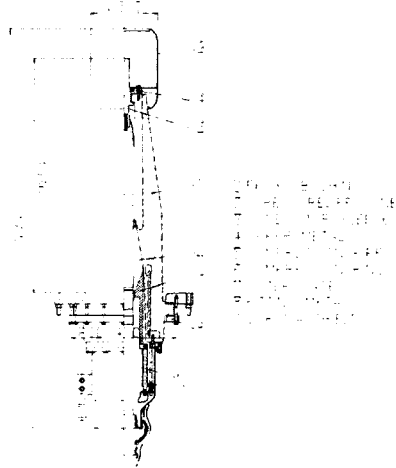
XLPE 케이블의 부속재는 종단의 전기기기와 연결되는 종단접속함, 케이블간에 연결되는 중간접속함 그리고 금속시스의 접지를 위한 부속재로 분류된다. 본 프로젝트에서는 종단접속함과 접지관련 부속재가 적용되었다.

2.3.1 유중 종단접속함

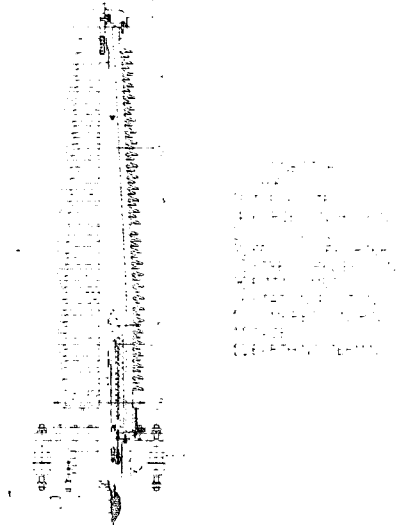
유중 종단접속함은 발전기와 연결된 승압변압기와 지중선을 연결하기 위하여 적용된다. 유중 종단접속함의 보강절연은 Epoxy Insulator와 Rubber Stress-relief Cone으로 구성되었다.

2.3.2 기중 종단접속함

기중 종단접속함은 가공선로와 지중선로를 연결하기 위하여 적용된다. 기중 종단접속함의 주절연은 Silicone Oil이 채워진 Porcelain Insulator와 Rubber Stress-relief Cone으로 구성되었다.



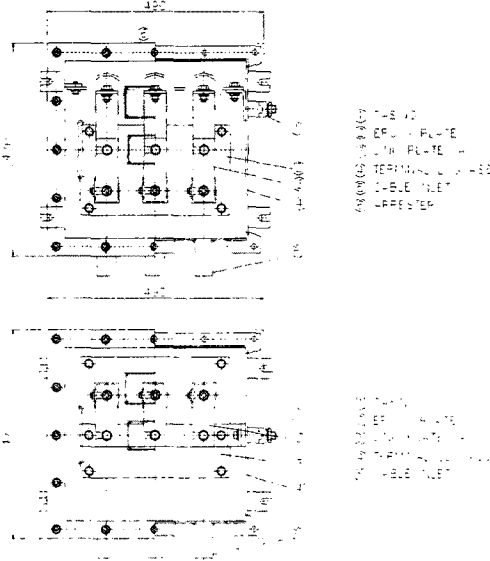
[그림 2] 유중 종단접속함



[그림 3] 기중 종단접속함

2.3.3 접지관련 부속재

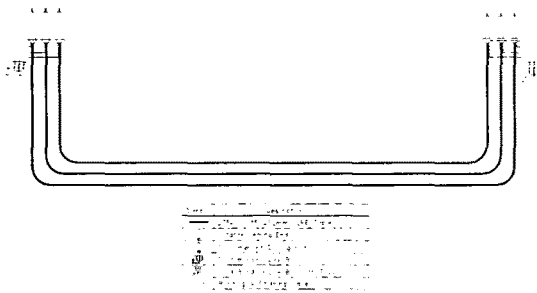
금속시스템의 접지방식은 시스템 손실의 감소와 유기전압의 감소의 관점에서 선정되고 있다. 접지관련 부속재에는 직접접지를 위한 Solid-bonding Link Box, 크로스본딩 접지를 위한 Cross-bonding Link Box 그리고 Bonding Cable로 구성된다. 각 Link Box는 Surge Voltage Limiter(SVL)의 유무에 따라 두 종류로 분류된다. 본 프로젝트에서는 시스템접지방식으로 편단접지방식이 채용되었으며, 두 종류의 Solid bonding Link Box가 적용되었다. Bonding Cable은 단락용량(31.5kA/1sec)의 요건을 맞추기 위해 200mm의 도체 단면적으로 선정되었다.



[그림 4] Solid-bonding Link Boxes

2.4 275kV 케이블 시스템 설계 및 공사 설계

시스템 설계는 선로의 구성에 필요한 각종 기계계산 및 기술검토로 이루어지며, 핵심 내용으로는 케이블 루트 선정, 케이블 종류 및 수량의 결정, 시스템접지방식의 선정, 부속재 종류 및 수량의 결정, 그리고 토목조건에의 결정 등이 있다. 공사설계는 선로의 설치에 필요한 각종 기계계산 및 기술검토로 이루어지며, 핵심 내용으로 포설 방안 검토, 케이블 지지 및 고정 방식의 선정, 공사 부자재 종류 및 수량의 결정, 그리고 케이블 일신축 대책의 수립 등이 있다.



[그림 5] 275kV 케이블시스템의 선로계통도

3. 결 론

수십 년 동안의 역사를 가지고 있는 OF 케이블은 XLPE 케이블에 그 자리를 양보하고 있다. 200kV급 미만의 경우, 지중 케이블은 대부분의 국가에서 XLPE 케이블로 채용되고 있다. 230kV급의 경우, 최근 몇 년 동안 XLPE 케이블의 해외입찰이 급증하고 있다. 해외의 경우, 500kV 장거리 송전선로에 XLPE 케이블이 최근 몇 년 전에 적용된 바가 있으며, 국내의 경우에도 345kV XLPE 케이블이 실용화 단계에 있으며 금년 하반기에는 실선로에 적용될 계획이다. 한편, 전압수준이 상승함에 따라 XLPE 케이블 사이즈의 대형화와 케이블 고장의 조기 진단이라는 여러 가지 문제들이 대두되고 있다. 그렇지만 원자재의 관리기술과 케이블의 제조기술에 대한 보다 깊은 연구가 진행되고 있으며, 케이블 고장의 조기 진단을 위한 감시시스템의 적용이 진행되고 있어, 지중케이블의 XLPE화 추세는 지속될 전망이다. 이렇게 XLPE화 추세에서 275kV XLPE 케이블의 실선로 적용은 해외시장에서의 경쟁력 확보라는 점에서 그 의미가 크다할 수 있다.

(참 고 문 헌)