

초고압 XLPE 전력케이블에 대한 설치후 교류내전압시험 현장적용

김 영, 권병일, 성경규*, 한창석
 대한전선(주)

Field Application of AC High Voltage Test after Installation for EHV XLPE Power Cables

Y. Kim, B. I. Kwon, J. K. Seong, C. S. Han
 Taihan Electric Wire Co.

Abstract - EHV power cables can take any damage during shipping, transportation, handling, storage and installation. As the damage influences a reliability of the power cable system in the short and long periods, field tests have been required, for installers, to confirm the reliability of an installed system and, for utilities, to make sure the compatibility of an installed system. Of field tests, a HV withstand test for the cable insulation has been performed to check the soundness of the insulation. For EHV XLPE power cables, the test has been done by applying a specified d.c voltage till lately. But as some problems with the d.c test is emphasized and the equipment for the a.c test is improved, the a.c test is considered positively as an after-installation test.

This paper describes the recent trends of the a and its recent application in the field.

1. 서 론

초고압 전력케이블은 선적, 운송, 취급, 저장 및 설치 중에 항상 외상을 받을 가능성을 가지고 있다. 이러한 외상은 단기적으로 혹은 장기적으로 전력케이블의 신뢰성에 큰 영향을 줄 수 있으므로 설치자에게는 설치된 시스템에 대한 자기 확신을, 사용자에게는 그 시스템에 대한 신뢰성 확보를 위하여 현장시험은 요구되며 시행되고 있다.

현장시험들 중에 전력케이블이 설치된 후 절연체의 건전성 여부를 확인하기 위해 내전압시험이 시행되고 있다. 초고압 XLPE 전력케이블의 경우, 절연체내전압시험은 최근까지 직류전압을 인가하여 절연파괴의 여부로 건전성을 판정해 왔다. 그러나 최근에 직류전압시험이 갖고 있는 문제점들이 크게 강조되고 교류시험설비의 현장성이 개선됨에 따라 교류전압시험이 내전압시험으로서 긍정적으로 고려되고 있다.

본 고에서는 초고압 XLPE 전력케이블에 대한 교류내전압시험의 기술동향과 최근의 현장적용을 소개하고자 한다.

[표 2] 교류내전압시험의 종류 및 특징

시험종류	주파수 (Hz)	시험전압	시험장비		선로길이	선로등급
			가격	사이즈		
인덕턴스가변 공진형 시험	50~60	1.7U ₀ , U ₀	very high	very big	short	HV
주파수가변 공진형 시험	30~300	1.1~2U ₀	high	big	long	HV
초저주파 시험	0.1	3U ₀	normal	small	long	MV
진동파 시험	400~10kHz	2~5U ₀	normal	small	short	HV

(주) U₀ : Rated phase-to-earth system voltage

[표 1] EHV XLPE 전력케이블의 국내 현장시험

시험	목적	시기
절연체내전압시험	시스템 신뢰성 확인	준공후
방식층내전압시험	방식층 손상 확인	포설후
상확인시험	상의 정확한 연결	접속전
절연저항측정	절연상태 확인	내압시험전

2. 설치후 교류내전압시험 기술동향

2.1 교류내전압시험의 종류

교류내전압시험이 가지는 가장 중요한 특징은 케이블 시스템이 운전중에 받는 전기적 스트레스와 동일한 스트레스가 인가된다는 데 있다. 반면에 교류시험을 위한 시험설비가 매우 커서 현장 이동과 적용에 큰 문제점을 가지고 있었다. 그러나, 시험장비에 대한 기술이 발전하여 교류시험설비의 현장성이 크게 개선됨에 따라 다양한 시험방법들이 제시되고 있다.

2.1.1 인덕턴스가변 공진형 교류시험

인덕턴스가변 공진형 교류시험(Resonant test with variable inductance)은 전력케이블의 커패시턴스를 보상하기 위하여 직렬로 가변형 리액터를 구성하고 있으며 주로 공장이나 실험실에서 적용되고 있다. 시험주파수는 상용주파 즉 50~60Hz가 사용되며 시험전압은 1.7U₀/5분 혹은 U₀/24시간이 적용되고 있다.

2.1.2 주파수 가변 공진형 교류시험

주파수가변 공진형 교류시험(Resonant test with variable frequency)은 전력케이블의 커패시턴스를 보상하기 위하여 주파수 변환기를 구성하고 있으며 현장적용이 가능하다. 시험주파수는 일반적으로 30~300Hz가 사용되며 시험전압은 1.1~2.0U₀/1시간이 적용되고 있다.

2.1.3 초저주파 교류시험

초저주파 교류시험(Very low frequency test)은 시험설비의 컴팩트화하고 교류시험의 장점을 살리기 위하여 적용되고 있다. 시험주파수는 0.1Hz의 정현파 혹은 여현 사각파가 사용되며 시험전압은 $3U_0/30$ 분이 적용되고 있다.

2.1.4 진동파 교류시험

진동파 교류시험(Oscillating voltage test)은 시험설비의 컴팩트화하고 교류시험의 장점을 살리기 위하여 적용되고 있다. 시험주파수는 400Hz~10kHz가 사용되고 시험전압은 $2\sim 5U_0/50$ 회(감쇄율: 20~30%)로 1~2분 간격으로 인가된다.

2.2 교류내전압시험의 규격 현황

XLPE 전력케이블의 설치후 내전압시험은 IEC 60840에서 공칭전압 150kV까지 교류시험으로 규정하고, 대체시험으로 직류시험도 함께 규정하고 있으며, IEC draft 62067에서는 공칭전압 150~500kV까지 교류시험만을 규정하고 있지만 아직까지는 확정되지 않았다. CIGRE's Recommendation은 공칭전압 50~500kV까지 교류시험을 권고하고 있으며, 일부 해외 전력회사들도 직류시험에서 교류시험으로 규격을 변경하고 있다.

[표 3] 교류내전압시험의 국제규격

공칭전압 (kV)	IEC60840		IEC62067 (Draft)	CIGRE Recommen- -dation
	교류	직류		
up to 161	$\sqrt{3}U_0$ /5min (49~61Hz)	$3U_0$ /15min (-)	-	$1.7\sim 2U_0$ /1hr (30~300Hz)
up to 500	-	-	$1.1\sim 1.4U_0$ /1hr (30~300Hz)	$1.1\sim 1.4U_0$ /1hr (30~300Hz)

3. 교류내전압시험 현장적용

3.1 프로젝트 개요

사우디의 132kV 프로젝트에서 여러 가지 시험방법 중에 주파수가변 공진형 시험이 설치후 교류내전압시험으로서 적용되었다. 이 프로젝트의 개요는 다음과 같다.

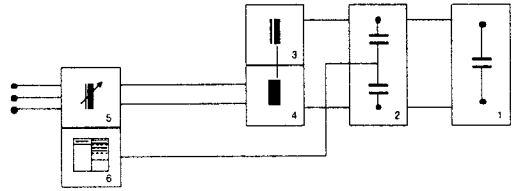
- ▷ Project : SCECO-C Contract 504/19/3
- ▷ Commissioner : Taihan Electric Wire Co.
- ▷ Cable type : 132kV 1C*1000mm² XLPE Cable
- ▷ Circuits : S/S 8066 ~ S/S 8007(550m)
S/S 8066 ~ S/S 8008(596m)
- ▷ Test & Commission : May, 2000

3.2 시험설비의 구성

주파수가변 공진형 내전압 시험설비는 제어장치(Control and feeding unit), 여자변압기(Exciter transformer), 고압 리액터(HV reactor), 분압기(Voltage divider), 연결케이블(Cable sets) 등으로 구성된다([그림 1] 참조). 이 시험설비의 주요 사양은 다음과 같다.

- ▷ 정격전압 : 160kV
- ▷ 정격전류 : 50A

- ▷ 정격출력 : 8000kVA
- ▷ 인덕턴스 : 17H
- ▷ 주파수 범위 : 30 ~ 300Hz
- ▷ 차랑크기 : W3m*L19m



- ① Tested power cable
- ② Voltage divider/coupling capacitor
- ③ HV reactor
- ④ Exciter transformer
- ⑤ Frequency converter/power regulator
- ⑥ Control and feeding unit

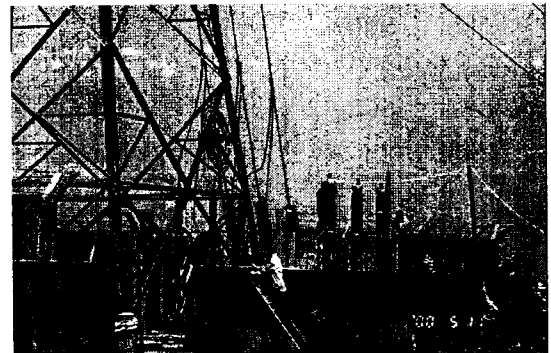
[그림 1] 시험설비의 구성

3.3 현장시험의 결과

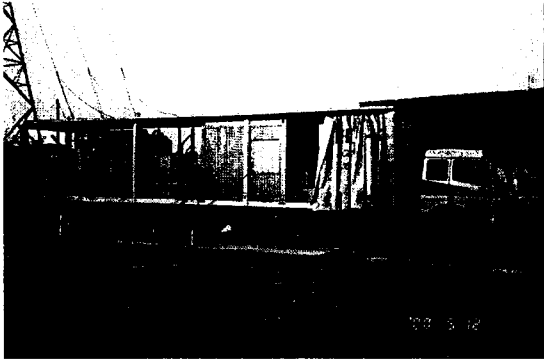
교류내전압시험은 시험된 2개 선로에 대해 모두 만족스러운 결과가 나왔다. 시험전압 및 시험시간은 Utility의 요구에 따라 $2U_0/1hr$ 즉 152kV/hr를 채용하였다. [표 4]와 [표 5]는 2개선로에 대한 주요 시험결과를 보여주고 있다. 아래의 사진들은 시험현장 전경과, 시험설비 연결, 시험설비 차랑을 보여주고 있다.



[사진 1] 시험진행 전경



[사진 2] 시험설비 연결



[사진 3] 시험설비 차량

[5] Karasaki T. 외, "Recommended after laying test methods for HV XLPE cable line", Jicable 95, p162~167, 1995

[6] W. Hauschild 외2, "Alternating voltage on-site testing of XLPE cables : The parameter selection of frequency-tuned resonant test systems", HIGHVOLT, [7] Catalogue, "Resonant AC dielectric test systems", Hipotronics

[7] Catalogue, "Resonant AC dielectric test systems", Hipotronics

[표 4] 시험결과(1) : 선로 S/S 8066~S/S 8007

NO	항목	단위	측정치
1	시험시간	-	01:01:12
2	시험전압	kV	152.7
3	주파수	Hz	69.45
4	출력전류	A	80.5
5	리액터 온도	℃	41

[표 5] 시험결과(2) : 선로 S/S 8066~S/S 8008

NO	항목	단위	측정치
1	시험시간	-	01:01:15
2	시험전압	kV	152.6
3	주파수	Hz	67.36
4	출력전류	A	83.5
5	리액터 온도	℃	42

3. 결 론

전력케이블 분야에서 설치후 내전압시험은 기존의 직류시험에서 교류시험으로 변경되고 있다. 여러 가지의 교류시험 중에 전압등급과 선로길이의 관점에서 주파수가변 공진형 교류시험이 선호되고 있다. 그러나 이 시험설비는 현장적용은 가능하나 설비가격이 고가이고 크기 및 중량 면에서 개선될 필요성이 있다. 그럼에도 불구하고 XLPE 전력케이블의 경우, 교류시험의 장점이 크게 중요시됨에 따라 교류시험을 채용하는 전력회사들이 늘어날 전망이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한국전력공사, "송변전설치 품질관리절차서", p118~124, 1994
- [2] 구자윤, 김정태, "고전압 케이블 시스템 진단방법", 전기학술지, 제45권 3호, p3~15, 1996
- [3] 구자윤, "지중배전선로 준공검사 신기술", 1996
- [4] Working Group 21.09, "After laying tests on high voltage extruded insulation cable systems", Electra, No 173, p33~41, August 1997