

345KV CV케이블의 절연두께 산정

최봉남, 윤덕환
대한전선 (주)

Estimate of Insulation thickness for EHV XLPE power cable

Bong-Nam Choi, Duck-hwan Yun
Taihan Electric Wire Co., Ltd.

Abstract - At present the underground power transmission systems have installed until 154KV XLPE power cable in Korea. But, the large capacity underground power transmission systems have been required gradually with the increasing demand of electric power. Therefore, our company has developed 345KV XLPE cable. This paper describes the estimate details of the insulation thickness according to weibull plotting for 345KV XLPE power cable.

F(E) : 전계강도 E에서의 누적파괴 확률함수
EL : 누적파괴확률이 "0"이 되는 전계강도 (위치파라메타)
Eo : 누적파괴확률값이 63.2%로 되는 전계강도 (척도파라메타)
E : 피시품의 파괴전계강도
b : 전계강도 E에 대한 형상지수 (형상파라메타)

상기의 Weibull분포에서 구하여진 EL값에의해 절연두께는 아래의 산정식으로부터 구하여진다.

1. 서 론

1983년 시공성 및 유지보수가 용이하고 환경친화적인 초고압 154KV급 CV케이블이 국내에서 개발되어 사용 후 현재까지 우리나라의 대표적 초고압 지중송전Line으로 사용되고 있으나, 급속한 산업경제의 발달과 국민 복지의 향상으로 전력수요가 지속적으로 증가되면서 더한층 큰 송전용량의 증대가 요구되어 345KV CV케이블의 개발이 필요하게 되었다.

이에, 345KV CV케이블에 적용할 절연설계 파라메타를 구하고자 실제 XLPE 케이블을 모델로하여 A.C파괴시험, Impulse파괴시험 및 V-t특성시험을 통해 케이블 절연특성을 평가하여 345KV CV케이블을 개발하게 되었다.

본 논문에서는 모델케이블의 절연체 특성시험으로 구하여진 설계파라메타로 345KV CV케이블의 절연두께를 산정한 내용에 대하여 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 절연설계

XLPE 전력케이블의 절연설계는 케이블 소요내전압을 설계전계 즉, 파괴Data의 평균전계 Emean을 와이בל 분포로 정리하여 구한 최저파괴전계로 나눈것으로 구하여지며, 교류내전압으로부터 구한 절연두께와 임펄스내전압으로부터 구한 절연두께로 구분된다.

와이בל의 분포는 다음과 같이 표시된다.

$$F(E) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{E-EL}{Eo}\right)^b\right\}$$

1) 교류내전압으로부터 결정된 절연두께 tac

$$tac = \left(\frac{Vm}{\sqrt{3}} \times K1 \times K2 \times K3\right) \div EL(ac)$$

Vm : 최대사용전압 (선간전압*(1.15/1.1))
K1 : 열화계수 (v-t특성의 n승칙에의해 산출된 1시간 내전압에 대한 30년 내전압의비)
K2 : 온도계수 (1.1)
K3 : 안전계수 (1.1)
EL(ac) : 누적파괴확률이 "0"이 되는 AC평균전계 (KV/mm)

2) 임펄스내전압으로부터 결정된 절연두께 timp

$$timp = (LIWV \times K1' \times K2' \times K3') \div EL(imp)$$

LIWV : 뇌임펄스내전압
K1' : 열화계수 (1.1)
K2' : 온도계수 (1.25)
K3' : 안전계수 (1.1)
EL(imp) : 누적파괴확률이 "0"이 되는 임펄스평균 전계 (KV/mm)

상기의 식에서 절연두께를 결정하는 파라메타는 각각 EL(ac) 및 EL(imp)로서, 파괴시험에 의한 Weibull 분포로부터 구하여지는데, EL(ac) 및 EL(imp) Data가 커질수록 절연특성이 우수한 것으로 동일전압Grade에서 절연두께를 작게할 수 있다.

기존의 초고압 XLPE 전력케이블은 20~35(KV/mm) 및 50~75(KV/mm)로하여 구하여진 것으로 tac 및 timp, 중 큰값을 취한 것이다.

표1. 기존 케이블의 절연두께

케이블	A.C		Impulse		절연두께 (mm)
	EL(ac) (KV/mm)	tac (mm)	EL(imp. (KV/mm)	timp (mm)	
66KV	20	9.6	50	10.6	11
154KV	35	13	75	16	17

2.2 모델케이블에 의한 절연특성 평가

2.2.1 모델케이블

일반적으로 XLPE 전력케이블에서의 절연특성 및 신뢰성은 케이블 제조기술에 의해 크게 좌우된다는 점을 고려할때, 절연특성 평가를 위해서는 실제 케이블을 적용하여 파괴시험을 실시하는 것이 가장 정확한 Data를 얻을 수 있으나, 초고압케이블의 경우는 케이블을 파괴시키기 위해서는 상당히 높은 전압을 필요로 하기 때문에 경제적, 기술적으로 상당히 어렵다.

그러한 이유로 기존에는 시험이 간편하고 손쉬운 XLPE Sheet를 이용한 시뮬레이션시험이 주로 사용되어 왔으나 Data의 정확성 및 신뢰성이 떨어지는 단점이 있었다.

이에 당사는 상기의 단점을 보완하여 초고압케이블의 실제 제조기술 및 제조공정을 그대로 적용하여 표2.의 모델케이블을 제조하여 XLPE 케이블 절연체특성 시험을 실시하였다.

모델케이블의 구조 및 규격은 표2.과 같다.

표2. 모델케이블의 구조 및 규격

구 분		규격 및 구조
도체	공칭단면적 (mm ²)	400
	재질 및 형상	전기용연동선, 압축원형연선
	외경 (mm)	24
내부반도전층 두께 (mm)	약 1	
절연체 두께 (mm)	약 4	
외부 반도전층 두께 (mm)	약 1	
차폐(연동테프) 두께 (mm)	약 0.1	
시스(PVC) 두께 (mm)	약 2	
완성외경 (mm)	약 41	

2.2.2 절연특성평가 시험방법 (Weibull 분포시험)

1) A.C 파괴시험에 의한 Weibull 분포시험

파괴시험의 최소길이는 단말을 제외하고 약 10m로 하고, 수량은 30개로 하였다. 시험방법은 초기전압을 140KV(35KV/mm)를 인가한 후, 전압을 15 KV/10분씩 step up하여 파괴시 까지 승압하였다.

2) Impulse 파괴시험에 의한 Weibull 분포시험

파괴시험은 A.C파괴시험과 동일하게 준비하였으며, 시험방법은 초기전압을 -300KV(-75KV/mm)를 인가한 후, 전압을 -20KV/3회씩 step up하여 파괴시 까지 승압하였다.

2.3 시험결과

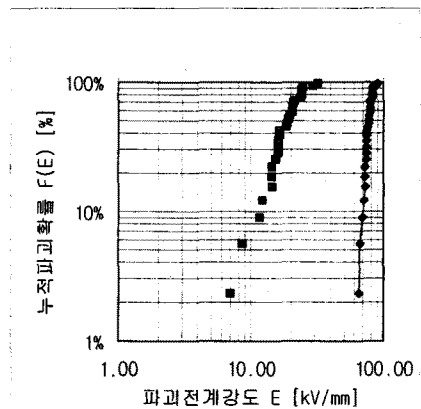
상기의 Weibull분포시험에서 얻어진 결과를 표3. 및 그림1, 그림2에 나타내었다.

A.C 및 Imp. 파괴시험으로부터 구한 Data에서 최소 좌승법을 이용하여 Eo (최도파라메타) 및 b (형상파라메타)를 산출하였으며, 케이블 품질의 안정도를 나타내는 b (형상파라메타)가 상당히 높게 나타나 당사 케이블의 품질이 안정되어 있음을 알 수 있으며, EL (위치파라메타) Data 또한 기존Data 보다 상당히 개선되었음을 알 수 있다.

특히, EL Data는 현재 외국에서 일반적으로 적용하고 있는 값 35(KV/mm) 및 75(KV/mm)를 훨씬 넘는 Data가 산출되어 당사 제조 케이블의 특성이 상당히 향상되어 있음을 확인할 수 있었다.

표3. Weibull 분포시험 결과

항 목	위치 파라메타 EL(KV/mm)	형상 파라메타 b	최도 파라메타 Eo(KV/mm)
A.C 파괴시험	58	15.9	79
Impulse 파괴시험	139	18.3	166



■ : E - EL(ac)
◆ : A.C 파괴 Data

그림1. A.C파괴시의 Weibull 분포곡선

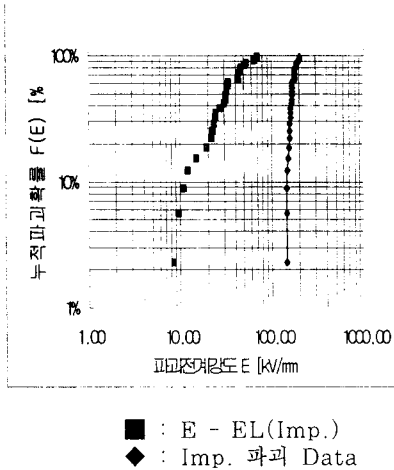


그림2. Impuse파괴시의 Weibull 분포곡선

2.4 초고압 XLPE 전력케이블의 절연두께 저감검토

Weibull 분포시험에서 구한 EL(ac) 및 EL(imp)의 실 data가 각각 58(KV/mm)와 139(KV/mm)가 산출되었지만, 외국에서 일반적으로 적용하고있는 EL Data를 기준으로 절연설계시 기존의 절연두께 (표1. 참조)와 비교시 상당히 저감됨을 알수 있다.

표4. 저감 절연두께

케이블	A.C		Impulse		설계 절연두께 (mm)
	EL(ac) (KV/mm)	tac (mm)	EL(imp) (KV/mm)	timp. (mm)	
66KV	35	5.5	75	7.1	9~10
154KV	35	13	75	15.1	17
345KV	35	16.6	75	26.2	27

그러나, 케이블의 절연설계보다는 케이블 접속부의 절연성능이 설계적으로 보다 엄격하여 접속부의 스트레스콘입상부의 전기성능으로부터 제약되므로 실제 필요절연두께는 접속부의 내전압특성으로부터 결정된다.

3. 결 론

당사는 그동안 초고압 XLPE 전력케이블을 생산하면서 지속적인 제조기술의 개발을 추진하여 왔으며, 초고압 XLPE 전력케이블의 신뢰성을 꾸준히 향상시켜왔다.

그러한 향상된 제조기술을 바탕으로 현재의 당사 케이블 제조수준 및 절연특성을 평가하고자 한전의 절연특성 시험규격서에 준한 Weibull 분포시험을 실시하였다.

시험결과, 당사의 제품이 기존의 초고압 XLPE 전력케이블에 적용된 설계 파라메타보다 훨씬 높은 수준에 있

음을 새삼 확인할수 있었다.

금번 시험을 통해 얻은 설계 파라메타를 적용하여 345KV CV케이블을 개발하여 한전의 인정시험을 통과하였으며, 현재는 장기신뢰성 시험인 Pre-qualification test를 진행중에 있으며, 좋은결과를 얻을수 있을 것으로 기대된다.

(참 고 문 헌)

- [1] "架橋ポリエチレン 絶縁電力ケーブルの壽命特性", 電氣學會 技術報告 第514号, 1994.
- [2] "CV케이블および接續部の高電壓試驗法", 電氣協同研究 第51卷 第1号, 1995.
- [3] 速水敏幸 著, "CV케이블" コロナ社, 1986.