

초고압 대용량 O.F 케이블의 개발

강성호 이갑중 김천석 최영훈
대한전선주식회사

Development of ultra high voltage-large capacity O.F cable

S.H.Kang , K.J.Lee , C.S.Kim , Y.H.Choi
Taihan Electric Wire Co., Ltd

Abstract ; In this paper, we describe the development of 345kv OF cables to contain also the cable employing new insulation paper, PPLP(Poly Propylene Laminated paper).

The cables all show very excellent properties, especially PPLP cable has less the dielectric loss and better the impulse & A.C strength than the one employing the conventional paper.

Therefore, according to use PPLP cable, it seems to be several advantages such as the compact of system, the increasing capacity, and the decreasing energy loss etc.

1. 서 론

산업경제의 발전, 도시의 대형화에 따른 도심지의 전력 수요의 증가는 도시내 변전소 및 연결 송전선로의 연속적인 증설과 초고압화/대용량화가 절실히 요구됨에 따라 한국에서도 345KV의 지중화가 검토되어 실현단계에 있으며, 당사에서도 이와같은 사회적 요구와 초고압 케이블의 레벨업(Voltage Level Up)을 위해 345KV O.F 케이블을 개발하게 되었다.

종래에 O.F 케이블의 절연체로 크라프트지가 사용되어 왔으나, 임펄스 및 A.C 내전압 강도의 한계와 유전체 손실이 345KV급 이상에서는 도체손실에 거의 접근하기 때문에 요구되는 절연성능 및 송전용량을 맞추기 위해서는 대도체화와 절연두께의 증대로 케이블의 대형화, 중량화 등으로 장거리 송전선로에 적용하는데 많은 문제점이 있다.

이와같은 문제점을 해결하기 위해서 절연내력이 우수하며 유전특성이 우수한 반합성 절연지인 PPLP(Poly-Propylene Laminated Paper) 절연 케이블도 개발하게 되었다.

본 논문에서는 당사에서 개발된 345KV 대용량 O.F 케이블의 종류, 설계 및 그 특성에 대해서 간략히

논하고자 한다.

2. 본 론

2-1. 개발 케이블의 종류, 설계 및 구조

개발된 케이블은 크라프트 절연 O.F 케이블은 대용량화를 위해 1*2000sqmm로 선정하였고, PPLP절연 O.F 케이블은 크라프트 절연 1*2000sqmm 와 동용용량인 1*1400sqmm, 1*1600sqmm와 현재 국내에서 최대사이즈인 1*2000sqmm를 개발하였다.

개발시 목표 특성은 현 한전 구대규격의 규격치에 안전을 고려하여 선정하였다.

표1. 개발 케이블의 목표 특성

항 목	단 위	크라프트절연	PPLP 절연
임 펄 스	KV * 회	-1740KV*3회0.K +1430KV*3회0.K	과 동 과 동
A.C장시간내전압	KV	600KV 비파괴	과 동
유 전 정 점 at 200 KV at 334 KV	%	0.23 이하 0.27 이하	0.12 이하 0.14 이하

크라프트지는 절연체의 기계적 특성을 고려하여 두께 0.1mm - 0.2mm의 절연지를 사용하여 그래딩(Grading) 하였으며, 유전체 손실을 줄이기 위해 저손실을 채택했다. PPLP지는 경제성과 유전장치의 목표특성과 부합되는 $\epsilon * \text{TAN}\delta = 2.8 * 0.1\%$ 인 것을 적용하였다.

금속피는 보트게이트 알루미늄피로 하였으며, 직용 유압에 견디도록 두께를 설정하였고, 방식층은 포설조건을 고려하여, 반경질 PVC로 압출했다.

표2에 적용된 절연지의 일반특성을 표3은 개발 케이블의 구조표이다.

표2. PPLP와 크라프트지의 일반특성

	CPC - 1	CPC - 2	저순실지
두께 (mm)	0.125	0.155	0.15
밀도 (g/cm ³)	0.88	0.88	0.75
기밀도(G.SEC)	-	-	1.400
유전율	2.8	2.8	3.4
Tan δ (%)	80℃	0.08	0.09
	100℃	0.09	0.09
at 20kv/mm			0.15
Impuls 강도 (KV/mm)	230	230	150
A.C 강도 (KV/mm)	120	135	90

표3. 케이블 구조표

	PPLP 절연 O.F 케이블			크라프트절연 O.F 케이블
공칭 단면적	1400 mm ²	1600 mm ²	2000 mm ²	2000 mm ²
유봉외경	19.5 mm	19.5 mm	19.5 mm	19.5 mm
절연 두께 (가온치포합)	19.5 mm	19.5 mm	19.5 mm	23.5 mm
절연 외경	약 91.0 mm	약 95.0 mm	약 98.5 mm	약 108 mm
케이블외경	약 121 mm	약 124 mm	약 130 mm	약 139 mm
케이블중량	약 24kg/M	약 27kg/M	약 31kg/M	약 36kg/M

2-2. 특성시험 및 결과

시제품에 대한 시험 및 방법은 한전 구매규격에 준하여 시행하였다. 초고압 케이블이므로 절취, 조립 등 취급시에 케이블 오염이 되지 않도록 주의 하였으며, 굴곡시 극부적인 굽도굴곡에 의한 절연체의 변형이 없도록 신경을 썼다. 또한 PPLP 케이블의 경우 운전중 평온에 의한 절연체의 변형을 알아보기 위해 모의도 평온후 절연체의 이상유무를 확인하였다.

표4는 그 시험 결과이다.

표4. 케이블의 주요특성 및 시험결과

시험 항목	단위	규격치	PPLP 절연케이블	크라프트케이블
굴곡 시험 20배 왕복*2회 (명운후)		절연체에 이상없을것	0. K	0. K
인펄스시험및파괴	KV * 회	-1560KV * 3회 50KV씩승압	1780KV 비파괴 (125KV/mm이상) 1700KV 비파괴 (120KV/mm)	파괴 (104KV/mm이상) 파괴 (101KV/mm)
A.C 장시간내전압 및 파괴	KV * h	530KV*6h후 20KV*3h씩 승압	780KV*2분파괴 (53.6KV/mm)	700KV*8분파괴 (42KV/mm)
TAN δ at 200 KV at 334 KV	at PPLP at 크라프트	0.12 ↓ 0.14 ↓ 0.28 ↓ 0.34 ↓	MAX. 0.10 MAX. 0.12	MAX. 0.2 MAX. 0.23
절연 저항	MΩ*KM		Ave. 70,000	Ave. 45,000

2-3. 시험결과 검토

시험결과 개발된 시제품은 모두 목표 요구 특성을 만족하였다.

인펄스는 공이 규격치의 약 15% 이상, A.C는 30% 이상으로 이는 실사용시를 고려할때 충분한 안전율이라 판단된다.

+인펄스에 대한 -인펄스 비율은 공이 약 90% 이상의 특성치를 보이고 있다.

또한 예상 하였던 대로 PPLP 케이블이 크라프트 절연 케이블에 비해 인펄스는 약 17%, A.C내전압은 약 30%의 높은 내스트레스 강도를 가지고 있음을 알 수 있다. 손실면에서 보면 유전체 손실의 척도가 되는 ε * TAN δ 는 PPLP 케이블은 0.25, 크라프트 케이블은 0.68(at 200KV, 95℃)로서 PPLP 케이블이 약 40% 정도 적으므로 동일 조건에서 전손실의 절감으로 허용전류의 상승이 예상된다.

표5는 그림 1과 같은 포설조건에서 각각의 허용전류를 계산한 것으로 동일 단면적에서 허용전류가 약 20% 상승함을 알 수 있다.

표6은 동등 허용전류를 갖는 케이블에 대한 외경 및 중량을 비교한 것으로 PPLP 절연 케이블은 크라프트 절연 케이블에 비해 볼륨 및 경량화가 가능하고 출하조장이 길어 지므로 급유 및 조인트 구간의 감소효과를 얻을 수 있다.

표5. 허용 전류 계산 예

항 목	단 위	PPLP 절연 케이블			크라프트 절연케이블
		1400	1600	2000	2000
도체 단면적	mm ²	1400	1600	2000	2000
정전용량	μF/KM	0.31	0.33	0.35	0.37
직류도체저항	Ω/KM	0.0131	0.0114	0.00915	0.00915
상시허용전류	A	1078	1130	1270	1070
비율		1.01	1.06	1.19	1.0

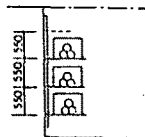


그림 1. 허용전류 계산에 포설조건

- 1) 전력구내 포설
- 2) 포설 열저항 : 100℃*CM/W
- 3) 기저 온도 : 40℃

표6. 케이블의 외경 및 중량 비교

항 목	단 위	PPLP 절연	KRAFT 절연	PPLP/KRAFT
도체 단면적	mm ²	1400	2000	
도체 외경	mm	50.3	58.8	0.86
절연 두께	mm	19.5	23.5	0.83
케이블 외경	mm	121	138	0.88
케이블 중량	Kg/M	24	35.5	0.68
출하드림중경	mm	2330	2640	0.88
최대출하장	M	650	330	1.9

주) 출하드림은 육고 높이 4500mm, 토폭 3000mm 기준

3. 결 론

지금까지 당사에서 개발된 345KV 케이블의 설계 및

제특성에 대해 논하였다.

시제품은 프락트 접연 케이블과 PPLP 접연 케이블을 같이 개발하였다.

시험 결과 공기 우수한 전기적 특성을 보였으며, 특히 PPLP케이블은 적은 유전체 손실과 높은 전기적 강도로 볼्ट트락, 경량화가 가능함을 보였다.

참 고 문 헌

1. 김세일 "송전 계통의 지중화 계획"; 전기학회지, 1988. VOL 37. NO.10
2. 久保 博의 4인, "275KV 폴리프로피렌라미네-트 紙絶縁 O.F케-블의 開發", 住友 電氣, 1979년 8월, 제115호
3. 武祐一郎의 1인 공저, 電氣 絶縁紙 コロナ 社
4. 박종근, 이응중, "초고압 지중송전선로(O.F케이블)의 개발현황 및 전망", 전기 학회지, 1988, VOL.37, NO.10
5. 한국전력공사 "345KV OF 케이블 구매사양"