PPLP 를 이용한 345KV O.F Cable 의 제특성

박종근 김종원 이용종 강성호 유인기
대 한 전 선 주 식 회 사

Characteristics of 345KV O.F Cable employing PPLP(Polypropylene Laminated Paper)

J.G. Park J.W. Kim E.J. Lee S.H. Kang I.K. Yu
Taihan Electric Wire Co., Ltd.

Abstract: In this paper we introduce electrical and mechanical properties of PPLP, an insulation system of Cellulose/Extruded Polypropylene/Cellulose Paper, and characteristics of 345KV O.F cable employing the PPLP.
This cable shows dielectric loss less than 50% and has excellent impulse breakdown strength higher than 17%, respectively, compared with those of the conventional cables. Accordingly, a more compact cable with reduced thickness of the insulation layer, which has remarkable profits in economics, has been developed.

1. 서 론

산업경제의 발전, 2000년대 복지국가의 건설, 도시의 대형화에 따른 전력수요의 증가로 인해 송전계통의 고전압화, 대용량화가 요구되고 있다.
특히 도시의 대형화에 따른 도심지의 전력수요의 증가는 도시내 변전소 및 연결 송전선로의 연속적인 증설을 필요로 하고 있으며, 이 경우 인축(人畜)에 대한 안정성, 전기공급의 신뢰성향상, 지역환경과의 조화문제 때문에 선로의 지중화가 요구되며 이런 경향은 국민생활 및 의식수준의 향상, 도시건물의 고층화.밀집화에 따라 점차 증가하고 있다. 1929년 서울의 아현동과 순화동 사이에 최초로 22KV 지중송전선이 건설된 이래 현재는 154KV급까지 지중화가 이루어졌고 1990년대에는 345 KV급 송전을 대도시 주변에 이끌어오기 위해 지중화가 이루어질 계획이며,[1] 이런 국내적인 계획과 초고압 케이블의 레벨 업(Voltage Level Up)을 위해 당사에서는 345 KV 크라프트절연 케이블을 자체 개발 완료하였다. 종래의 크라프트지는 임펄스 및 AC내전압 강도, 유전체 손실의 척도인 $\varepsilon * \tan\delta = 3.2 * 0.2\%$ 로 한계가 있어 요구되는 절연성능 및 송전용량을 맞추기 위해서는 도체 사이즈가 커지고 절연두께가 증대되어 케이블의 대형화, 중량화 및 이에따른 출하 수송조장이 짧아져 급유 및 조인트 구간이 증대되고 유전체 손실에 따른 송전손실의 문제 뿐만아니라 도체 부근에 두께가 얇은 절연지를 사용함으로 인한 기계적 특성 문제로 제조에 많은 어려운 점이 있다.[2]
이와 같은 문제점을 보완하기 위해 종래 크라프트지에 비해 전기적, 기계적 특성, 특히 유전체 손실이 적어 현재 세계적으로 초고압 케이블에 사용되고 있는 신종 절연 재질인 저손실 반합성 절연지인 PPLP (Poly Propylene Laminated Paper)[3],[4],[5]를 사용하여 케이블을 개발하였다.
본 논문에서는 당사에서 개발한 저손실 PPLP 절연 OF 345KV 케이블의 제특성을 크라프트절연 케이블과 비교하여 그 우수성을 논하고자 한다.

2. 본 론

2-1. PPLP 의 구성 및 시트(Sheet)상 특성

당사에서 사용한 PPLP 는 셀룰로우즈를 용융압출한 폴리프로필렌(이하 PP 라함)에 양면접착시킨 셀룰로우즈/압출된 PP /셀룰로우즈의 3층 구조로 되어있으며 첨두문자를 따서 통칭 명명을 CPC 라 하며, 그 구성도는 그림1에, 시트상 특성은 표1에 보였다.[3]
표1에서 알 수 있듯이 PPLP 는 케이블로서 사용가능한 초저손실 크라프트지에 비해 임펄스 강도는 80 - 90 KV/mm , AC 내전압강도는 40KV/mm 정도로 높고 특히 유전체 손실의 척도인 $\varepsilon * \tan\delta$ 가 1/2 이하이고 기계적 특성도 크라프트지에 비해 우수한 특성을 지닌 절연지이다.

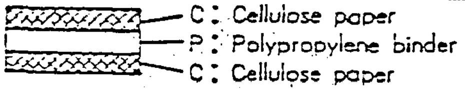


그림 1. PPLP 구성도

표1. PPLP와 크라프트지의 일반특성

		CPC - 1	CPC - 2	초저손실 크라프트지
두 께 (mm)		0.125	0.155	0.15
밀 도 (g/cm³)		0.88	0.88	0.62
기 밀 도 (G.SEC)		-	-	1.400
인장강도 (kg/mm²)	M.D	6.0	5.9	5.1
	C.D	3.3	3.9	2.4
신 율 (%)	M.D	2.6	2.5	3.2
	C.D	7.5	8.1	8.4
유 전 율		2.8	2.8	3.2
tan δ (%) (at 20KV/mm)	80 ℃	0.08	0.09	0.15
	100 ℃	0.09	0.09	0.19
임펄스파괴강도(KV/mm)		230	240	150
AC파괴강도 (KV/mm)		120	135	90

주) 임펄스 및 AC 파괴강도는 유침지 1매에 대한 파괴강도임.

2-2. 개발시제품의 구조 및 특성

도체는 크라프트절연 케이블은 2000sqmm로 했고 PPLP는 동등용량을 추정하여 1600sqmm로 선정하였다. 절연두께는 케이블에 요구되는 임펄스전압과 AC 내전압에 견디도록 선정했으며 시험전압은 임펄스의 경우 - 1560 KV * 3회, AC 장시간 내전압은 520KV * 6시간으로 하였다.[6]

PPLP 의 경우는 연공작업시 고온에 의한 PP의 용융을 막기위해 절연최외층에 크라프트지를 수mm 감았으며 표2는 각 케이블에 대한 구조표이다.

표2 PPLP 및 크래프트절연 케이블 구조표

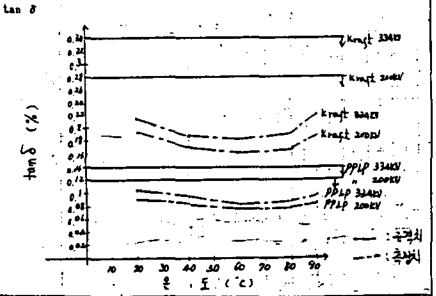
항 목	PPLP 절연 케이블	KRAFT 절연케이블
공 칭 전 압 (KV)	345	345
공 칭 단 면 적 (mm²)	1600	2000
유 통 로 외 경 (mm)	19.6	19.6
절 연 두 께 (mm) (카본지 포함)	19.5	23.5
절 연 외 경 (mm)	약 95	약 108
금속 쉬스 외경 (mm)	약 111	약 126
케 이 블 외 경 (mm)	약 124	약 138
케 이 블 중 량 (Kg/M)	약 28	약 36

각 케이블에 대한 주요 특성시험은 345KV 한전구매사양안에 기준을 두어 시험하였고 표3은 그 시험결과이다.

표3 각 케이블의 주요 특성 시험 결과

		규 격 치	시험결과 PPLP 절연	시험결과 KRAFT 절연
굴 곡 시 험 (20배 이하 왕복 2회 굴곡)		절연체에 이상이 없을것	O . K	O . k
tan δ (%)	200 KV	PPLP:0.12 KRAFT:0.28	0.09	0.2
	334 KV	PPLP:0.14 KRAFT:0.34	0.11	0.23
임펄스 시험 및 파괴 (파괴 Stress 강도KV/mm)		-1560 KV * 3회 O.K후 50 KV 씩 승압	-1780KV 비 파 괴 (122 이상)	- 1780 KV 비 파 괴 (104 이상)
A.C 장시간 내전압 및 파괴 (파괴 Stress 강도KV/mm)		520 KV * 6시간O.K 후 20 KV*3시간씩 승압	780 KV/2분 파괴 (53.6)	700 KV/8분 파괴 (41)

온도 - tan δ



정 전 용 량 (μF/KM)	PPLP:0.33 KRAFT:0.37	0.3	0.34
절 연 저 항 (MΩ.KM)	PPLP:27.000 이상 KRAFT:30.000 이상	65.300	45.040

2-3. 시험결과에 대한 검토

시제품 시험결과 PPLP 절연 케이블은 크라프트절연 케이블에 비해 임펄스 및 AC 내스트레스 강도가 그림2에서 보듯이 AC는 약 30%, 임펄스는 약 17% 정도 높고, 특히 유전체 손실이 크라프트지에 비해 50% 이하로 동일 부하전류에서 전체손실에서 약 12% 정도의 손실절감을 가져오게 되어 허용전류가 약 4 - 5% 정도 상승될 수 있으며, 년간 12%의 에너지 절감효과를 얻을 수 있다. 또한 표4에서 알 수 있듯이 위와 같은 특성으로 인하여 케이블이 콤팩트, 경량화가 가능하고, 따라서 출하수송조장이 길어져 급유구간 및 조인트구간의 감소효과를 얻을 수 있다.

표4 각 케이블의 외경 및 중량비교

항 목	PPLP 절연	KRAFT 절연	PPLP/KRAFT
도체 외경(mm)	53.3	58.8	0.9
절연 두께(mm)	19.5	23.5	0.83
AL-피외경(mm)	111	126	0.89
케이블외경(mm)	124	138	0.89
케이블중량	28 Kg/M	35.5 Kg/M	0.8
출하드럼 동경	2330 mm	2640 mm	0.88
최대수송가능 출하장(M)	650	330	1.9

주) 출하드럼은 악경 3600mm, 외폭 3000mm 기준

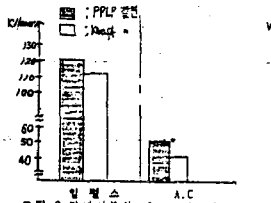


그림 2. 각케이블의 내스트레스강도 비교

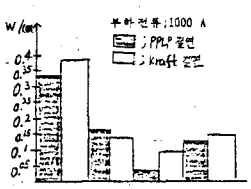


그림 3. 각케이블의 손실비교

3. 결 론

지금까지 당사에서 개발한 PPLP 절연 345 KV OF 케이블의 재특성을 크라프트 절연 케이블과 비교 논하였다. 시험결과 PPLP 절연 케이블은 크라프트절연 케이블에 비해

1) 유전체손실이 매우 적고
2) 임펄스 및 AC 내스트레스강도가 높아
3) 케이블이 콤팩트, 경량화되며
4) 슬하조장이 길어져 급유 및 조인트구간이 줄어들고
5) 송전손실이 줄어들어 년간 약 12%의 에너지 절감효과가 있는 매우 경제적인 케이블임을 알 수 있었다.

당사는 이번 저손실 PPLP OF 케이블의 개발에 만족하지 않고 더욱 연구 노력하여 다른 전압등급 및 품종의 개발에 계속 매진의 정성을 기울여 국가 기간산업의 선진화에 기여할 것이다.

* 참 고 문 헌 *

1. 김세일, "송전계통의 지중화계획", 전기학회지, 1988, VOL.37, NO.10

2.久保 博 외 4인,"275KV ポリプロピレンラミネート紙絶縁OFケーブルの開發",住友電氣 1979년 8월,第 115號

3.武若一朗외 1인 共著,電氣 絶緣紙,コ ロ ナ 社

4.飯塚喜八郎 監,新版 電力 ケーブル技術ハンドブック,1989

5. 박종근, 이응종, "초고압 지중송전선로(O.F 케이블)의 개발현황 및 전망", 전기학회지, 1988, VOL.37, NO.10

6. 한국전력공사, "345KV OF 케이블 구매사양"