

OF 케이블 절연유의 환경친화적 자체 적용

김종원, 이기수, 하재철, 최봉남, 이승열
대한전선(주)

Biodegradable material application of insulation oil of OF CABLE

Jong-Won Kim, Kee-Soo Lee, Jae-Cheong Ha, Bong-Nam Choi, Seung-Yol Lee
TAIHAN ELECTRIC WIRE CO., LTD.

Abstract - Globally, movements for an environmental preservation have been further extended in all the areas of industries. In the manufacturing area, environment-friendly properties for all the manufactured products are increasingly required by many national standards. For EHV oil-filled cables, Hard Alkylbenzen has been applied as an impregnated insulating oil. But as it flows into the soil during failures, such as oil leakage, the oil is not dissolved by microbes and then causes an environmental pollution. Recently some countries are increasingly requiring Soft Alkylbenzen which is dissolved by microbes. This paper describes the electrical and environmental properties of Soft Alkylbenzen, applied for a 230kV oil-filled cables at a Singapore's project.

1. 서 론

최근 인류 문명의 급속한 발전과 함께 대도시 등을 중심으로 전력수요가 크게 증대하므로, 지중송전선에 의한 초고압 송전이 증가하고 있다.

원래 전력 케이블은 구성재료의 특성에 의해 기본적인 성능이 결정되어 지므로 O.F 전력케이블의 초고압화 및 장거리화를 위해서는 우수한 성능을 가진 절연유가 필요하게 되었으며, 이와 함께 종래의 광유계 절연유를 대신하여 현재 세계용의 원료로 국내에서 다량 제조되고 있는 알킬벤젠계 합성 절연유를 개발하여 사용하게 되었고, 이는 특성 및 경제적으로도 가장 적합한 것으로 판단되고 있다.

그러나, 최근에는 전세계적으로 환경에 대한 중요성을 인식하는 분위기가 점차 확산되어, 환경오염을 방지하는 활동이 전개되고 있으며, 모든 산업활동에서 사용되는 재료 및 제품에서 발생하는 물질에 대해 환경 친화적인 요구조건을 규정하여, 일부 국가에서는 이미 O.F 케이블에 사용되는 알킬벤젠계 절연유를 미생물에 의해 무해한 물질로 분해될 수 있는 소프트알킬 벤젠계 절연유로 적용하도록 요구하고 있으며, 이러한 추세에 따라 앞으로는 전세계적으로 하드알킬벤젠의 생산이 제한될 것으로 예상된다.

따라서, 본고에서는 O.F 케이블에 사용되는 소프트알킬 벤젠과 하드알킬 벤젠에 대한 특성을 비교하고, 이를 적용한 케이블 성능등을 중심으로 소개를 하고자 한다.

2. 본 론

2.1 O.F 케이블유의 구비특성

일반적으로 전기 절연유로서는 유동점이 낮고, 끓는점이 높고 화학적으로 안정된 액체로써, 급속에 대한 부식성이 없어야 하며, 초고압 O.F 케이블에 사용되는 케이블 유로서는

- ① 절연과파 전압이 높을 것

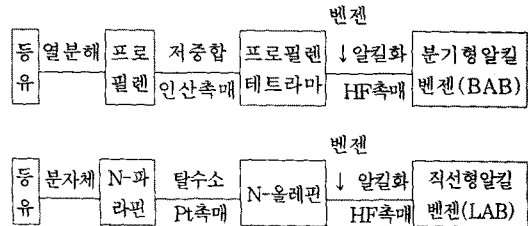
- ② 유전 정적이 크고, 체적저항이 높을 것
 - ③ 열팽창 계수가 적을 것
 - ④ 가스 흡수특성이 좋을 것
 - ⑤ 열 안정성이 좋을 것
 - ⑥ 점도가 낮을 것
- 등의 특성을 가져야 한다.

2.2 알킬벤젠 & 케이블유 제조과정

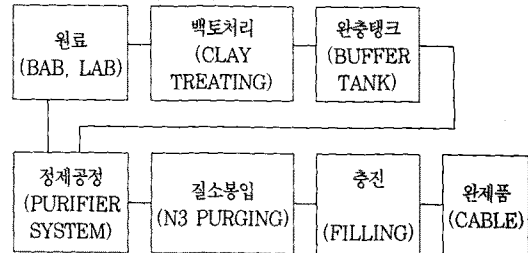
알킬벤젠의 공업화 역사를 살펴보면 1930년대 초기에 서독에서 등유(KEROSENE)유분을 염소화하는 것을 시초로 석유화학의 발전에 따라 미국에서 Hard Type(BAB)이 먼저 공업화되었다. 그 후 Hard Type 세계가 수중에서 비분해성이므로, 수중에 오랫동안 존재하여 배수시에 하천등의 오염문제가 발생하였고 각국에서는 이것이 문제화되어 서독에서는 1964년에 법률로 Hard Type의 사용을 전면 금지하고 미생물(박테리아)에 의해 분해되는 Soft Type(LAB)으로 전환하게 되었다.

이에 대한 제조공정을 간략히 살펴보면 다음과 같다.

1) 알킬벤젠 원료공정



2) 케이블유 제조공정

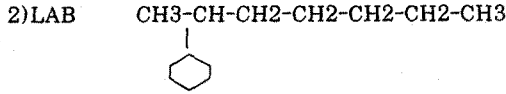
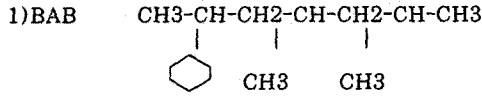


2.3 알킬벤젠의 특성

알킬벤젠이란 벤젠에 알킬그룹을 가지고 있는 화합물의 총칭하며, BAB(Hard Type)는 벤젠고리에 직선탄소수분포로 C9~C18에 분기형 탄소수를 갖는 동족열의 혼합물, LAB(Soft Type)는 벤젠고리에 직선탄소수분포로 C10~C13의 직선형탄소수를 갖는 동족열의 혼합

물이며, 화학구조는 아래와 같다.

< 알킬벤젠의 화학적 구조 >



일반성상은 모두 유황분이 거의없어 부식성 및 전기특성이 우수하며, 또한 비분산이 높기 때문에 수소가스 흡수성이 우수하다.

알킬벤젠은 합성세제의 원료로 사용되며, 그 중 분해가 쉬운 것이 직선형 알킬벤젠(LAB)이며, 분해가 어려운 것이 분기형 알킬벤젠(BAB)이다. 상기와 같은 이유로 환경보호를 위해 생분해도(Biodegradability)가 좋은 직선형알킬벤젠(LAB)을 사용하는 예가 늘어나는 추세이다.

한편, 소프트형 알킬벤젠은 동일한 평균분자량을 가지는 하드형알킬 벤젠과 비교하여 점도와 유동점이 낮게 나타나고 있으며, 인화점이 높고 증발감량이 적다. 그 이유는 이러한 종류의 화합물에 있어서 장쇄(長鎖) 알킬기에 분지가 없으면 분지가 있는 것보다 끓는점이 높게 되는 성질에서 유래한다.

알킬벤젠은 광유에 비해서 아래와 같은 장점을 지니고 있다.

- 분자량이 적다. (약 240~260)
- 점도가 낮다.
- 열 안정성이 좋다.
- 수소가스 흡수특성이 우수하다.
- 불평등 전계에서 임펄스 절연파괴 전압이 높다.

Hard Type과 Soft Type 알킬벤젠의 특성을 비교해 보면 아래(표1)과 같다.

<표 1>

항목\구분	단 위	H.A.B	S.A.B
동 점 도 (40 °C)	CST	6.16	4.72
유전점점 (80 °C)	%	0.003	0.003
절연파괴전압	KV	75	75
밀 도 (20 °C)	kg/l	0.870	0.860
인화점	°C	138	142
전산가	mgKOH/g	0.01	0.01
부식성	-	비부식	좌동
증발량 98°C×5H	-	0.21	0.18
유동점	°C	-55.5	-62.5
체적팽창 계수	1/°C	0.00082	0.00072

그림 1~4는 용해수분량과 교류파괴전압, 체적저항율, 유전점점 및 유전율과의 관계를 HAB와 SAB에 대해서 조사한 결과이다.

이와 같이 HAB와 SAB는 모두 전기적 특성이 동등한 수준을 나타내고 있으며, 이는 이미 광유에 비해 높은 수준으로 판명되어 초고압 O.F 케이블에 널리 사용하고 있다.

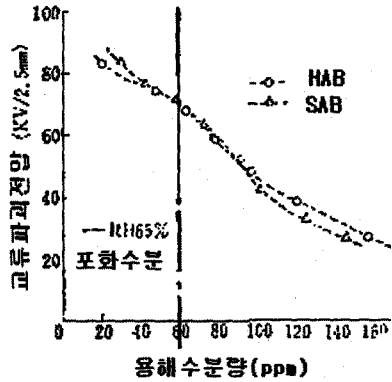


그림 1. OF 케이블 무의 교류파괴 전압과 용해수분의 영향

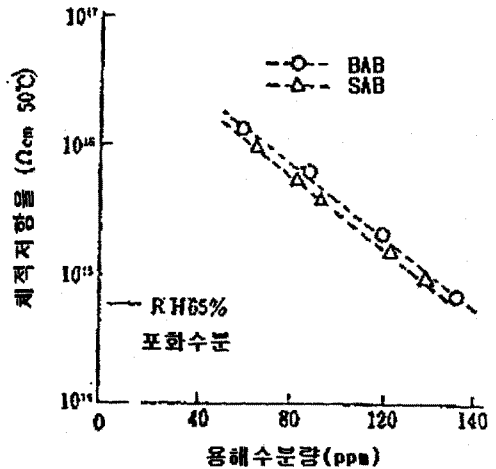


그림 2. OF 케이블 무의 체적저항율과 용해수분의 영향

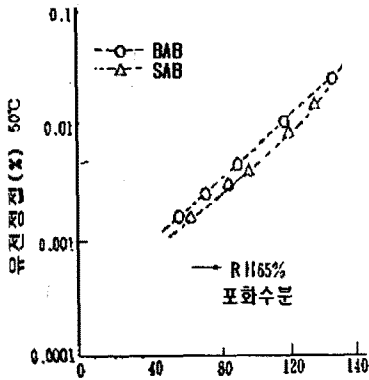


그림3. OF 케이블 유의 유전손실과 용해수분의 영향

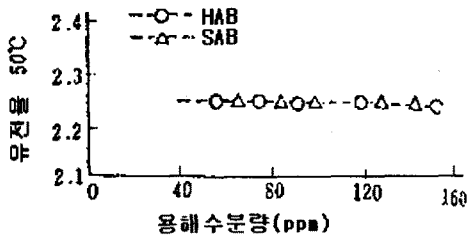


그림4. OF 케이블 유의 유전손실과 용해수분의 영향

2.4 소프트알킬 벤젠 적용실적

당사는 1999년 싱가포르 수출 230KV 1000sqmm. O.F 케이블에 SAB를 적용하여 생산하였으며, 그 특성 시험 결과는 <표2>와 같다. 또한, HAB를 적용한 다른 품종의 케이블 특성을 보면 <표3>과 같은 결과를 보여 주고 있다. 이 결과는 양쪽 모두 사양을 충분히 만족하고 있으며, 품질 역시 양호한 수준으로, O.F 케이블 절연유로써 SAB를 사용하여도 품질에는 전혀 문제가 없음을 알 수 있다.

<표 2. SAB 적용 케이블의 특성>

- 품종 : 230kV OFAZE 1000SQMM [Al]

항 목	사 양	시험 결과	
도체 저항	0.0291Ω/km 이하(20℃)	0.02811	
정전 용량	0.32μF/km 이하	0.283	
절연 저항	참고치	166832	
유전 정접	142KV	0.30%이하	0.151
	237KV	0.36%이하	0.163
	△		0.012
교류 내전압	절연체	247KV 15분	양 호
	방식층	DC 40KV 1분	양 호
가스방출 계수	0.04 이하	방식후	0.0387
		진공후	0.0388

<표 3. HAB 적용 케이블의 특성>

- 품종 : 275kV OFAZE 2000SQMM [Cu]

항 목	사 양	시험 결과	
도체 저항	0.0090Ω/km 이하(20℃)	0.008990	
정전 용량	0.396 μF/km 이하	0.361	
절연 저항	24,000 이상	72,551	
유전 정접	167KV	0.30%이하	0.149
	267KV	0.36%이하	0.175
	△		0.026
교류 내전압	절연체	275KV 15분	양 호
	방식층	DC 25KV 1분	양 호
가스방출 계수	0.04 이하	방식후	0.0259
		진공후	0.0259

3. 결 론

본 논문에서는 첫째, OF케이블 자재로서 SAB와 HAB의 특성을 비교하여 동등한 수준으로서 판단 되어 졌고, 둘째, 케이블에 실적용하여 그 특성을 확인한 결과 수요자의 요구를 만족시킴으로서 케이블 油로서 적합한 것으로 판명되었다.

그러므로, 전세계적으로 환경에 대한 중요성이 점차 강조되어 가고 있는 상황에서 앞으로는 전력 케이블도 환경친화적 재료를 사용한 고품질의 케이블을 요구하게 될 것이다. 따라서, 하드알킬 벤젠의 제한과 환경친화적인 소프트알킬 벤젠 사용 추세에 따라, O.F 케이블에 소프트알킬 벤젠의 사용은 필연적이라 생각된다. 그러나, 국내에서는 아직 하드알킬 벤젠을 사용하고 있으며, 환경 보존 차원뿐만이 아니라 향후 자재 수급 차원에서도 소프트알킬 벤젠 사용으로의 전환이 필요하리라 본다.

(참 고 문 헌)

- (1) 黒田年哉, 兒島 健, 井内利明, "초고압케이블용 합성절연 유의 제특성", 昭和電線電纜 Review Vol15, No2,
- (2) 星井 清, 一色節也, 根本英邦, 岡本敬治, "초고압 OF케이블용 합성절연유", 藤倉電線技報, 제34호,
- (3) 이수화학(주), "OF CABLE OIL BAB & LAB 물리화학적 특성비교", 970621/TS,