

PA43)

복합 폴리머 애자표면에 부착된 오염물질의 분석

Analysis of Pollutants Adhered to The Surface of Composite Polymeric Insulator

천성남 · 이재봉 · 박철배 · 김주용 · 송일근  
한국전력공사 전력연구원 배전설비그룹

1. 서 론

발전소에서 만들어진 전기는 송전선로, 변전소를 거친 후 배전선로를 거쳐 산업장, 가정 등 수요처에 공급된다. 우리나라의 경우 송전선로에서는 주로 154, 345 kV의 전압으로 전기를 공급하며 이들은 변전소에서 강압되어 22,900V로 배전선로 전압을 유지하는 것이 일반적이다. 이처럼 송·배전 선로는 고압이 유지되기 때문에 철탑 및 전주와 같은 전력설비 지지물과 전선간의 절연을 유지하기 위해 절연물인 애자(礙子, insulator)가 사용되며 이는 역설적으로 지지물과 전선간의 애자고장으로 인한 절연파괴는 전력설비의 고장 및 각종 사고로 이어짐을 시사한다. 송전선로의 경우 애자가 가설 직접 초기비용에서 차지 비율은 5-8 %에 머물지만 애자 고장에 의한 선로 고장이 전체 고장의 70 % 이상을 점하며, 유지보수 비용의 50% 이상을 점하고 것으로 보고되고 있다. 애자의 고장은 표면 열화, 제작결함 및 작업자가 잘못 다루는데서 오는 damage 및 오염 등이 주 요인으로 알려져 있으며 최근 각종 대기오염 물질의 부착으로 인한 표면 오염이 큰 원인 중 하나로 부상하고 있다. 전력설비용으로 사용되는 애자는 자기재, 유리 및 폴리머재 애자가 대표적이다. 이중 자기재 애자는 1950년대 전까지 전력용 애자의 대부분을 차지했으며 1950년대 초반 강화유리 애자가 유럽에 소개되면서 전 세계적으로 사용이 급속히 확산되어 갔다. 유리아자는 1950년대와 1960년대 사이에 북미에 소개되어 1960년대에서 1980년대에 걸쳐 주요 고압 전력망에 사용되면서 사용이 급격히 보편화되었다. 이후 1970년대에 들어서면서 복합 폴리머 애자가 소개되었으며 1980년대에 폴리머 애자 시장의 급격한 성장과 함께 사용이 급격히 증가하였다. 우리나라에서도 1990년대에 들어서면서 폴리머 애자의 보급이 급격히 확대되어 배전선로에는 더 이상 자기재 애자를 사용하지 않고 폴리머 애자로 대부분 대체해 나가고 있다. 폴리머 애자는 사용 초기의 전기적 특성이 자기재 애자의 그것에 비해 우수하고 중량이 가벼워 작업성이 우수하며 가격이 싼 등 여러 가지 장점이 있기는 하지만 다른 애자에 비해 사용경험이 짧아 장기간의 신뢰성을 확보하지 못한 것이 실제 전력설비에의 적용에 있어 문제점으로 지적되고 있다. 따라서 폴리머 애자를 사용하는데 따른 문제점의 파악과 전력설비의 신뢰성 확보 연구의 일환으로 대기오염물질이 폴리머 애자의 열화 및 성능저하에 미치는 영향에 관한 연구를 진행 중에 있다. 본 고(稿)에서는 이와 같은 연구의 일부로 폴리머 애자 표면에 오염물질 부착특성을 조사하고 이들이 애자의 전기적 성능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 수행한 실험의 일부를 정리하여 보고하였다.

2. 연구 방법

일반적으로 애자에서의 오염물질 측정에는 애자표면을 일정기간 동안 사용 또는 옥외 노출한 후 철거하거나 현장에서 애자의 표면을 일정량의 증류수로 세척하고 세척액의 전도도를 측정하여 전도도로부터 등가 염분의 양으로 환산한다. 이렇게 구해진 염분의 총 양을 애자의 표면적으로 나누어 등가염분부착 밀도(ESDD, Equivalent Salt Deposit Density)를 다음 식을 이용하여 구한다.

$$ESDD(mg/cm^2) = \frac{\text{Total mounts of salt deposited for a certain period}}{\text{Surface area of the insulator}}$$

폴리머 애자의 경우에는 습기가 높거나 강수가 있는 환경에서도 애자표면의 절연성이 유지될 수 있도

록 하는 수단의 하나로 발수성을 확보하기 위하여 애자 표면에 실리콘 오일이 몸체로부터 묻어나오도록 제작된다. 그러나 실리콘 오일은 애자 표면에 부착된 오염물질과 혼합되어 강수 시 오염물질이 씻겨져 나가는 것을 방해하여 애자의 장기간 사용에 따라 오염물질의 누적이 계속되게 한다. 본 연구에서는 이와 같은 오염물질의 부착 현상을 감안하여 폴리머 애자의 표면에 부착된 오염물질을 분석하기 위해 일반적으로 제안된 등가염분 농도측정 절차와는 다른 측정방법을 강구하였다. 먼저 폴리머 애자의 표면에 부착된 탈리가 어려운 오염물질을 포집·세척하기 위하여 애자 표면을 비 금속성 수세미를 사용하여 세척하고 세척액의 전기전도도를 측정하고 ESDD 평가식을 사용하여 염분 농도를 평가하였다. 본 연구에서 분석대상으로 한 폴리머 애자는 실제 배전선로에서 100여 개월까지 사용한 것으로 세척액은 각종 오염물질의 혼합물로 생각되어 이들을 정량적으로 분석할 목적으로 추가적인 분석을 실시하였다. 전기전도도가 측정된 세척액은 0.45 $\mu\text{m}$  직경의 유리섬유 여과지를 사용하여 여과하고 여과지에 남은 고형물은 건조·칭량하여 총고형물의 양을 구하였다. 또한, 고형물은 유기물과 무기물로 구성된 것으로 가정하여 고형물을 550 $^{\circ}\text{C}$ 로 강열감량 한 후 잔류물의 양을 무기물로 하고 총고형물과 무기물의 차이로부터 유기물량을 계산하였다. 마지막으로 ICP-AES 및 IC를 이용하여 여과액 중에 존재하는 각종 용해성 물질의 양을 확인하였다.

### 3. 결과 및 고찰

표 1에는 각 지역에서 발체된 폴리머 애자의 표면에 부착된 오염물질량을 분석한 결과를 정리하여 나타내었다.

Table 1. Summary of analysis results of pollutants adhered to polymer insulator surface.

Sample ID	Conductivity( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )			등가염분 총량(mg)	고형물량 (mg)	무기물량 (mg)	유기물량 (mg)	ESDD ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )
	여과 전	여과 후	전도도 변화					
ICN 1(인천)	62	71	9	32.79	829	540	289	0.029
ICN 2(인천)	59	67	8	31.21	1035	686	349	0.028
ICN 3(인천)	55	62	7	29.09	858	560	298	0.026
ICN 4(인천)	57	60	3	30.15	779	515	265	0.027
ICN 5(인천)	64	73	9	33.85	1047	708	339	0.030
ICN 6(인천)	53	63	10	28.03	990	658	332	0.024
ICN 7(인천)	52	63	11	27.50	975	450	525	0.032
ICN 8(인천)	69	95	25	36.50	1328	638	691	0.028
ICN 9(인천)	60	71	11	31.74	925	425	500	0.031
ICN 10(인천)	67	89	22	35.44	1044	499	545	0.028
ICN 11(인천)	60	74	14	31.74	1048	474	574	0.023
ICN 12(인천)	50	61	11	26.45	863	383	480	0.019
MP 1(목포)	25	29	4	13.22	330	187	143	0.012
MP 2(목포)	59	85	26	31.21	1773	950	823	0.022
MP 3(목포)	34	44	10	17.98	726	397	329	0.016
CJ 1(제주)	23	30	7	12.17	151	130	22	0.011
CJ 2(제주)	48	60	12	25.39	823	398	425	0.022
CJ 3(제주)	29	38	9	15.34	375	211	164	0.014
CJ 4(제주)	38	48	10	20.10	708	387	320	0.018
CJ 5(제주)	33	42	9	17.45	394	63	331	0.015
CJ 6(제주)	34	44	10	17.98	744	411	333	0.013
KJ 1(거제)	19	21	2	10.05	513	319	194	0.009
KJ 2(거제)	27	32	5	14.28	579	331	248	0.013
KJ 3(거제)	23	24	1	12.17	554	350	204	0.011
PH 1(포항)	28	35	7	14.81	442	243	199	0.013
PH 2(포항)	43	51	8	22.74	322	175	146	0.020
PH 3(포항)	22	27	5	11.64	332	190	142	0.010
PH 4(포항)	24	31	7	12.69	263	154	109	0.011

본 고에서는 이외에도 액중 유기물이 전도도에 미치는 영향을 고찰하고 여과액 중에 들어있는 이온 성분에 대한 분석결과를 보고하였다.

#### 참 고 문 헌

전력연구원 (2005) 「폴리머애자 경년열화 실증연구」, 전력연구원 3차년도 중간보고서

Gorur, R.S, D. Shaffner, W. Clark, R. Vinson, and D. Ruff(2005), Utilities share their insulator field experience, Transmission and Distribution World, April 2005, pp.17-27.