

## 열화상과 초음파진단 분석을 통한 배전기자재 진단방안

정병훈, 박철호  
한국전력공사, 설비진단처

### Research on diagnostic methods through results of IR thermography and ultrasonic diagnosis

Byoun-Hun Jung, Chul-Ho Park

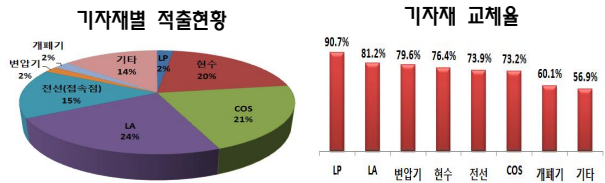
Korea Electric Power Corporation\*, Technical Diagnosis Department

**Abstract** - 배전기자재는 오래 사용하다 보면 열적, 전기적, 기계적, 환경적, 복합적 스트레스에 의해 절연능력이 떨어진다. 이때 발생하는 열화현상으로는 발열도 되고, 전자파, 빛, 균열, 침식, 진동음도 발생한다. 따라서 열화된 기자재를 검출하기 위하여 광학장비 또는 과학화 진단장비를 활용하여 고장예방을 하고 있다. 하지만 기자재가 열화되면서 발생하는 증상을 모르고 진단을 하면 투입된 인력과 예산에 비해 초라한 적출실적도 발생할 수 있다. 따라서 한해 동안 배전설비 진단에 가장 많이 활용하고 있는 열화상진단과 초음파 진단의 실적과 적출결과를 분석하여 기자재별 효과적인 진단방식을 제정하고자 한다.

또한 교체율은 LP 애자가 약 91%로 가장 높아 적출은 잘 되지는 않으나 적출 될 경우 즉각적인 교체가 필요한 것으로 분석되었다. 열화상 적출 시 평균 교체율은 평균 74% 수준으로 나타났다.

### 1. 서 론

국내 전력설비는 적외선 열화상 카메라, 초음파, 고주파, 휴대용 PD(Partial Discharge), VLF(Very Low Frequency), 자외선, 광학장비(광학카메라, 광학쌍안경), 무인항공진단장비 등 각종 과학화 진단 장비를 활용한 예방진단 활동을 하고 있다. 특히, 적외선 열화상 카메라와 초음파 진단장비는 비접촉 진단방식으로 원격 감지가 가능할 뿐 아니라 진단결과 시각적, 청각적 표현을 쉽게 보여주고 적출기자재에 대한 열화 상태판정을 실시간으로 할 수 있어 전력설비에 사용하고 있는 진단장비 중 가장 폭넓게 사용되고 있다. 따라서 국내 배전설비에 사용하고 있는 적외선 열화상 카메라와 초음파 진단 장비를 활용한 기자재별 적출사례와 효과분석을 통해 신뢰도 있는 설비별 진단방안을 확인하고자 한다.



<그림 1> 기자재별 적출현황 및 교체율

### 2. 본 론

최근 1년간 적외선 열화상 카메라와 초음파 진단 장비를 활용한 진단수량은 약 924만 개소로 열화상 진단으로 561만 개소, 초음파 진단으로 363만 개소를 진단하였다. 그 중 가공 배전설비가 약 99%를 점유하고 있으며 지중설비는 대부분 열화상 진단을 접속개소에 제한적으로 적용하고 있다. 진단결과 열화개소 약 43.6천개소를 적출하여 배전선로 고장예방에 기여한 것으로 분석되었으며 주요 적출설비는 현수애자>COS>LA 순으로 나타났다. 따라서 주요 적출설비를 열화상 진단과 초음파 진단으로 분류하여 세부분석을 하였다.

#### 2.1.2 지중 배전설비

또한 적외선 열화상을 활용한 지중 배전설비 진단결과 총 11만 6천 대를 진단하여 638개소의 열화개소를 적출하였다. 적출기자재를 보면 개폐기 엘보접속재가 311개소(48.7%)로 가장 많이 적출하였고 개폐기 15.4%, 변압기 11.8%로 전체 적출기자재의 약 76%를 점유하고 있으며 세부 적출 현황은 <표 2>와 <그림 2>와 같다.

<표 2> 지중 배전설비 적출 세부내역

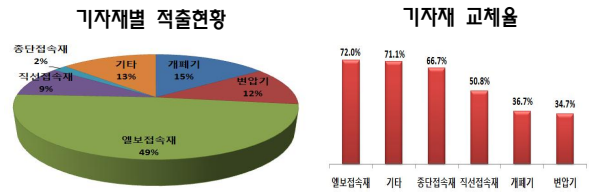
구 분	세 부 내 역						
	개폐기	변압기	접속재			기타	계
			엘보	직선	중단		
적 출	98	75	311	59	12	83	638
점유율	15.4	11.8	48.7	9.2	1.9	13.0	100.0

적출기자재 교체율은 엘보접속재가 72%로 가장 높은 것으로 분석되었으며 열화상 적출 시 평균 교체율은 평균 60% 수준으로 가공설비보다는 다소 낮은 것으로 확인되었다.

#### 2.1 열화상 진단분석

##### 2.1.1 가공 배전설비

적외선 열화상을 활용한 가공 배전설비 진단결과 총 562만 개소를 진단하여 30,302개소의 열화개소를 적출하였다. 적출기자재를 보면 LA를 7,094개소 적출하여 23.4%로 가장 많이 적출되었으며 COS가 21.1%, 현수애자가 20.4%로 전체 적출기자재의 약 65%를 점유하고 있다. 세부 적출현황은 <표 1>과 <그림 1>과 같다.



<그림 2> 기자재별 적출현황 및 교체율

<표 1> 가공 배전설비 적출 세부내역

구 분	세 부 내 역								
	LP	현수	COS	LA	전선(접속점)	변압기	개폐기	기타	계
적 출	690	6,176	6,406	7,094	4,639	550	670	4,077	30,302
점유율 (%)	2.3	20.4	21.1	23.4	15.3	1.8	2.2	13.5	100.0

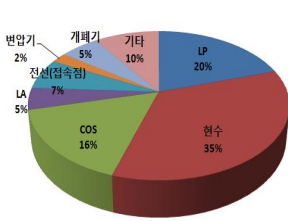
#### 2.2 초음파 진단분석

초음파를 활용한 가공 배전설비 진단은 총 362만 개소를 진단하여 12,625개소의 열화개소를 적출하였다. 적출기자재는 현수애자가 4,376개소를 적출하여 34.7%로 가장 많이 적출하였고 LP애자가 20.2%, COS가 16.3%로 전체 적출기자재의 약 72%를 점유하고 있다. 또한 적출기자재 대부분이 자기제 기자재로 나타났다. 반면에 지중 배전설비는 휴대용 PD 장비(Ultra+TEV)를 활용하여 초음파 진단을 시행하고 있으나 아직 적출분이 부족하여 분석대상에서 제외하였으며 가공 배전설비 세부 적출 현황은 <표 3>과 <그림 3>과 같다.

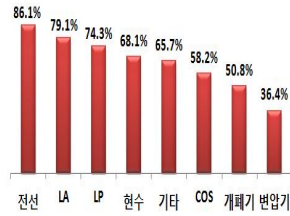
〈표 3〉 가공 배전설비 적출 세부내역

구 분	세부 내역								
	LP	현수	COS	LA	전선 (접속점)	변압기	개폐기	기타	계
적 출	2545	4376	2062	594	843	280	709	1216	12,625
점유율	20.2	34.7	16.3	4.7	6.7	2.2	5.6	9.6	100.0

기자재별 적출현황



기자재 교체율



또한 교체율은 전선(침식 포함)이 약 86%로 가장 높았으며 변압기가 36%로 가장 낮게 나타났다. 초음파 적출 시 평균 교체율은 68% 수준으로 가공설비 열화상 적출율보다 다소 낮은 것으로 확인되었다. 이는 설비이외에 현장 주변에서 발생한 고장이 상대적으로 많고 이물질 부착, 부식 등으로 인한 고장도 적출 시 작용한 것으로 확인되었다.

2.3 효과 분석(종합)

지난 한 해 동안 열화 적출된 배전기자재에 대한 열화상 진단과 초음파 진단에 대한 효과를 비교분석하였다. 분석결과 LP애자와 현수애자는 열화상 진단보다 초음파 진단이 적출효과가 더 좋은 것으로 나타났다. 특히 LP애자는 누설거리가 커서 현수애자에 비해 절연 특성이 우수하여 건조 시에는 정상과 불량애자의 누설전류의 변화가 적어 열화상 효과가 적은 것으로 분석되었다. 애자의 구조와 절연특성은 <그림 3>과 같다.

LP애자		현수애자	
절연거리 김 (애자 높이 304mm)		절연거리 짧음 (절연체 두께 약 14mm)	

〈그림 3〉 애자의 절연특성 비교

반면에 열화상 진단장비로는 COS, LA, 전선 등의 적출효과가 높은 것으로 나타났다. 일부기자재인 현수애자와 COS는 열화상 및 초음파진단 모두에 효과가 좋아 기자재 고장예방을 위해서는 두가지 진단방식을 혼용할 필요가 있다. 그러나 변압기, 개폐기 등 밀폐된 기자재의 적출율은 극히 미약하여 기자재 내부 설비를 진단하는 신뢰도 높은 진단기술이 추가로 개발할 필요가 있는 것으로 나타났다. 진단장비와 설비별 적출율을 분석한 결과는 <표 4>와 같다.

〈표 4〉 가공 배전설비 적출 세부내역

구분	설비별 적출율(%)								
	LP	현수	COS	LA	전선	변압기	개폐기	기타	계
열화상	2.3	20.4	21.1	23.4	15.3	1.8	2.2	13.5	100
초음파	20.2	34.7	16.3	4.7	6.7	2.2	5.6	9.6	100

이러한 진단효과의 영향으로 최근 10년간 배전기자재 고장을 보면 진단 적출이 잘 되는 기자재의 고장이 급감한 것을 확인할 수 있었으며 변압기는 오히려 고장이 증가한 것을 확인할 수 있었다. 설비별 기자재 고장을 비교한 결과는 <표 5>와 같다.

〈표 5〉 최근 10년간 가공 기자재 고장 추이

구 분	애자	COS	LA	전선	변압기	개폐기	기타	계
2004년	160	8	70	82	10	61	9	400
2014년	30	4	8	22	16	43	1	124
증감(건)	-130	-4	-62	-60	6	-18	-8	-276
증감(%)	-81.3	-50.0	-88.6	-73.2	60	-29.5	-88.9	-69.0

3. 결 론

본 논문에서는 최근 가공 배전선로에서 사용하는 열화상 진단과 초음파 진단을 통해 적출한 배전기자재에 대한 분석을 하였다. 특히 배전기자재에 많이 설치되어 있는 애자류, COS, LA, 전선 등의 불량설비를 검출하는 데에 초음파 진단과 열화상 진단이 효과가 있다. 또한 LP애자는 열화상보다 초음파진단 효과가 우수하여 고장이 많이 발생하는 설비에 따라 최적의 진단방식을 적용한다면 고장예방에 도움이 되리라 사료된다. 또한 향후에는 이러한 진단방식을 통합하여 진단할 수 있는 복합진단장비도 개발 중에 있어 곧 상용화될 예정이다. 하지만 변압기, 개폐기 등은 기기연결부에서 발생하는 신호만 적출되어 기기내부 결함이나 열화에 의한 고장은 적출에 한계가 있다. 따라서 기기내부의 부분방전 신호를 검출하는 신뢰도 높은 진단기술 개발도 시급한 실정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 설비진단처, “진단실적 분석보고서”, 2014년
- [2] 배전운영처, “고장분석자료”, 2004년, 2014년