

적외선 열화상 장비를 이용한 전력 설비 진단

진문광, 고만석, 이진호, 신용학
LG산전

DIAGNOSIS OF POWER APPARATUS BY INFRARED IMAGE

Mun-Gwang Jin, Man-Suk Ko, Jin-Ho Lee, Yong-Hark Shin
LGIS

Abstract - 최근 전력수용의 증가와 산업설비의 첨단화로 안정적인 전력공급을 위한 예방진단의 필요성이 커지고 있다. 이 논문은 기존 전력설비 진단 방법과는 다른 적외선 열화상을 이용한 방법을 설명하고 전력설비 중 변압기의 진단에 대한 판단 기준을 설명한다.

1. 서 론

최근 전력설비는 전력수요의 증가와 계통이 확대됨에 따라 설비들이 대용량화, 초고압화되고 있다. 대용량 전력설비의 사고는 그 영향이 광범위하게 수용가에게 미치며 복구에 장시간이 소요되어 많은 피해를 주게 된다. 이러한 이유로 대용량 전력설비의 사고를 예방하기 위한 예방진단의 필요성이 증가하고 있다. 최근에는 산업설비들의 첨단화로 무정전 상태를 강하게 요구하기 때문에 변압기의 이상 징후를 운전상태(On-line)에서 점검하여 변압기가 치명적인 이상을 일으키기 전에 처리하는 예측보전기술 중심으로 변화하고 있다[1]. 특히 대용량 변압기는 안정적인 전력공급에 있어서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 변압기의 이상을 진단하는 기존의 방법으로는 부분방전, 절연유 특성시험 및 가스분석법, 역률 측정법, 전압서어지 시험법 등이 있다[2]. 기존의 진단 방법은 변압기를 계통에서 분리하여 정전상태에서 정밀검사를 하거나, 운전상태에의 점검에서는 감전과 같은 위험을 갖고 있다. 이 논문에서는 변압기의 열화요인을 이용해서 운전상태의 변압기 점검에 적외선 열화상 카메라를 진단방법을 소개한다.

2. 본 론

2.1 전력용 변압기의 열화요인

일반적으로 전기기기의 정격용량 및 수명은 전기기기에 사용되는 절연물질에 따라 정해진다. 절연재료들은 열적(Thermal), 전기적(Electrical), 환경적(Environmental), 기계적(Mechanical) 요인에 의해 열화 된다[3]. 절연재료에서의 절연 열화(Insulation Degradation)는 열적요인 및 기계적요인 등이 복합적으로 작용되어 전기적 성질의 변화를 가져온다[4]. 그림 1.에서와 같이 절연의 일차 변화인 열이 주어졌을 때 화학조성의 농도변화 및 생성물 등이 발생되고 물리적 성질 즉 절연 파괴강도의 변화를 가져오게 됨을 알 수 있다.



그림 1. 열적영향요인에 의한 열화과정

변압기의 경년열화로 인해 변압기 수명에 영향을 미치는 것들의 원인을 종합적으로 살펴보면 다음과 같다.

- 열(Thermal)에 의한 열화
- 흡수에 의한 열화
- 산소의 흡수에 의한 열화
- 부분방전에 의한 열화
- 기계적응력

이 중에서 가장 큰 영향을 미치는 것은 열에 의한 열화(Aging)이고 절연물이 흡수되거나 산소가 존재하면 열열화가 촉진된다[5].

2.2 변압기의 이상 검출

변압기는 여러 종류의 절연물과 기기들을 사용하여 만들어진다. 이러한 이유로 변압기에 사용된 절연재료 중 허용온도가 낮은 것을 기준으로 하게 된다. 표 1은 각 규격별 허용온도를 정리한 것이다.

구분	항목	JEC-20	ANSIC	IEC 726	
		4	57,12	BS 171	
변압기 의 온도 상승 한 도(°C)	권선 (저항법)	A	55	-	60
		E	70	-	75
		B	75	80	80
		F	95	115	110
		H	120	150	125
	C	-	-	150	
냉각매 체의 기준 온 도(°C)	공기	최고값	40	40	40
		일일평균	35	30	30
		연간평균	20	-	20
물	최저값	-	-20	-25(육 내) -5(육외)	
	최고값	25	30	25	
절연물 의 허용 최고 온 도(°C)	C	A	105	105	105
		E	120	-	120
		B	130	150	130
		F	155	185	155
		H	180	220	180
		180초과	220초 과	180초과	

표 1. 규격별 기준온도

적외선 열화상 장비로 검출할 수 있는 변압기의 이상은 냉각 불량, 조임 불량, 절연 파괴에 의한 과열지점 등

이 있다. 이러한 이상을 검출하기 위한 주요 점검 부위는 변압기의 종류에 따라 다르다. 몰드 변압기의 경우 상·하부 철심부위, 에폭시 수지 절연체인 외함, 모선과의 연결부위, 저·고압 연결부위 등이다.

그림 2는 몰드 변압기의 탭 볼트를 측정하여 분석한 것이다. 몰드 변압기의 탭 볼트는 변압기의 진동 및 열팽창 등에 의해서 이상이 발생할 수 있는 곳이다. 탭 볼트의 접촉이 잘못되어 있으면 저항의 증가로 그 지점의 온도가 증가 하게 된다. 진단 방법은 각 탭 볼트의 온도값을 비교하여 탭 볼트의 이상을 확인 한다. 탭 볼트의 이상 진단은 같은 상의 탭 볼트의 온도차를 확인하는 방법과 다른 상의 탭 볼트와의 온도차를 확인방법 모두를 이용하여 탭 볼트의 온도차가 10℃ 이상이면 탭 볼트 이상으로 진단한다.

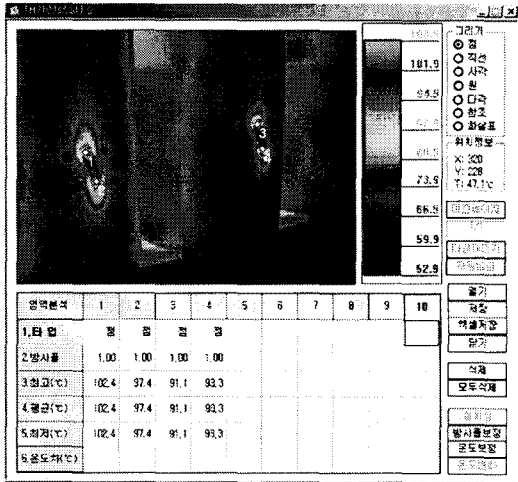


그림 2. 탭 볼트의 온도값 분석

변압기의 점검시 각 부위의 점검뿐만 아니라 각 상간 균열 또한 점검해야 한다. 상간의 불균형은 변압기의 이상을 의미하기 때문이다. 적외선 열화상 장비를 이용할 경우 변압기의 모든 상을 한번에 측정함으로써 각상의 온도 비교가 용이하다. 그림 3은 몰드 변압기 각상의 온도를 분석한 것이다.

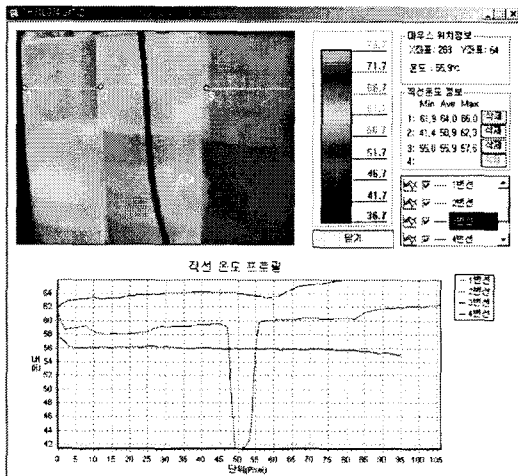


그림 3. 변압기 상별 온도 분석

그림 3과 같이 몰드 변압기의 각 상별 온도를 분석했을 때 각 상간의 온도차가 10℃ 이상이 되면 상간 불균형으로 판단한다. 상간 불균형으로 판단되었을 경우 다른 점검 방법으로 정밀점검을 해서 변압기에 이상이 발생하기 전에 필요한 조치를 취해야 한다.



그림 4. 몰드 변압기 외함 균열

변압기는 과부하 등에 의해서 열이 발생하게 되고 발생한 열은 절연물과 금속을 팽창 시킨다. 금속과 절연물의 열팽창 정도가 달라 절연물의 균열이 발생할 수 있으며 변압기의 진동에 의한 기계적 요인에 의해서 절연물에 균열이 발생할 수 있다. 몰드 변압기에서는 에폭시 수지 절연체인 외함에 열적요인과 기계적 요인에 의해 절연물의 균열이 발생할 수 있다. 그림 4는 몰드 변압기 탭 볼트 부분에서 에폭시 수지 외함에 균열이 발생한 것을 측정 한 것이다.

유입 변압기에서 적외선 열화상장비를 이용해 검출할 수 있는 이상으로는 냉각불량, 조임 불량 등이다. 유입 변압기의 주요 이상 점검부분은 방열판, Busing, 2차 접속부, 케이블헤드, 피뢰기 등이다. 그림 5와 6은 유입 변압기의 방열판을 측정 한 열화상과 분석한 그래프이다.

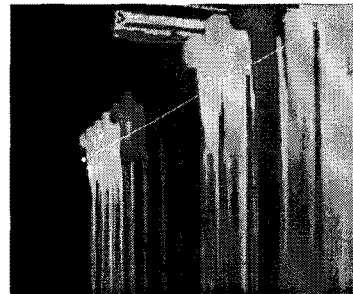


그림 5. 유입 변압기 방열판

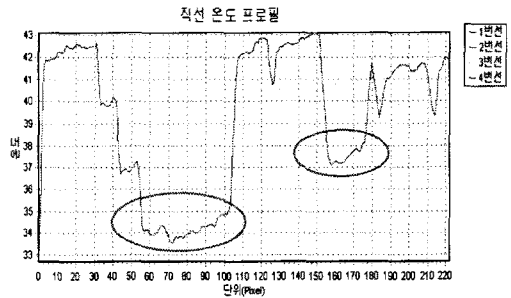


그림 6. 직선상의 온도그래프

그림 6의 그래프는 그림 5의 직선상의 온도를 그래프로 나타낸 것이다. 그림 6의 원안의 지점들의 온도 값이 다른 부분의 온도에 비해 최대 10℃의 온도차가 발생한다. 큰 온도차에 의해 방열판의 일부에 이상이 있음을 알 수 있다.

그림 7은 유입 변압기의 부상 부분을 측정한 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 확인한 온도차를 보이는 부분을 확인 할 수 있다. 이렇게 주위의 온도와 큰 온도차를 보이는 경우 빠른 조치가 있어야 사고를 방지 할 수 있다.

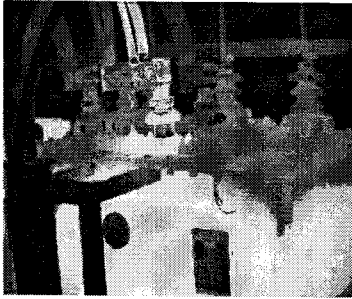


그림 7. 유입 변압기 부상

2.3 적외선 열화상 판독 방법

일반적으로 적외선 카메라를 이용한 열화상은 높은 온도를 밝은 색으로 표시하여 측정된 물체의 온도분포를 눈으로 쉽게 판단할 수 있다. 이렇게 측정된 열화상에서 이상 여부를 판단하기 위해서는 측정 지점과 비교할 수 있는 지점을 한 화면에 촬영하는 것이 바람직하다. 그림 7과 같이 동일한 종류의 부상을 함께 측정함으로써 이상 지점을 눈으로 쉽게 찾을 수 있다. 이상 지점은 비교 대상과의 온도차에 따라 표 2와 같이 구분하여 판정한다.

유사설비 대비 온도차	판정
5 ~ 10℃ 미만	주의
10℃ 이상	이상

표 2. 유사설비 온도차 기준

동일한 종류의 온도비교뿐 아니라 각 부분의 온도가 규격에 정해진 허용 온도를 넘지 않았는지 확인해야 한다. 측정된 대상이 전반적으로 온도가 높고 온도값의 분포가 좁은 대역이라면 눈으로 이상을 판단하기는 어렵다. 표 3은 전기기기 절연체의 허용온도를 도표화한 것이다.

절연 종류	최고허용온도(℃)	허용온도(℃)
Y 종	90	40
A 종	105	55
E 종	120	70
B 종	130	80
F 종	155	100
II 종	180	120
C 종	180 이상	120 이상

표 3. 전기기기 절연체의 허용온도(KSC-4004-80)

물드 변압기와 유입 변압기진단에 사용하고 있는 판단 기준을 정리하면 표 4와 같다. 표 4는 각 규격에서 정한 절연체의 허용온도와 현장에서의 진단 데이터를 이용하여 정리한 것이다.

전력기기		기준	판정
유입 변압기 표면온도		80~95℃ 이하	주의
		95 이상	이상
물드 변압기	철심부	100~120℃ 이하	주의
		120℃ 이상	이상
	에폭시표면(B종)	70~80℃ 이하	주의
		80℃ 이상	이상

표 4. 변압기 발열 온도기준

3. 결 론

전력설비의 열화에 의한 이상발열은 적외선 열화상 장비를 이용하여 이상발열 부분의 온도를 시각적으로 표시하여 사용자가 용이하게 설비의 이상을 진단할 수 있다. 변압기의 진단에서 보듯이 적외선 열화상 장비에 의한 진단은 쉽게 측정이 가능하지만 이상을 판단하기 위해서는 각 규격에서 정하는 허용온도를 알고 있어야 하는 어려움이 있다. 열화상을 이용한 진단은 열화상의 분석 및 해석에 많은 어려움이 있다. 앞으로 열화상을 분석하여 보다 정확한 진단을 할 수 있는 시스템적인 연구가 계속 되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 광희로, "변압기의 절연진단 기술", 전기학회지, 제 45권 4호, p. 5 - 12, 1996. 4.
- [2] 광희로, 임기조, 구자윤, 강성화 "전기설비의 절연열화 진단 기법", 전기학회지, 제 46권 8호, p. 34 - 40, 1997. 8.
- [3] IEC 505 "Guide for the evaluation and identification of insulation system of electrical equipment", 1975.
- [4] IEC 792-1 "The multifactor functional testing of electrical insulation systems," 1985.
- [5] 전영갑, 선종호, "전력용 변압기의 열화진단 시험기술", 전기학회지, 제 38권 11호, p. 21 - 33, 1989. 11.
- [6] 이은석, "부분방전 검출에 의한 물드 변압기 무정전 진단기법 연구," 한국전기안전공사, <http://kesco.or.kr/korean/tech/>