

# 電氣設備의 故障診斷

(5)



## 〔活線溫度 測定器와 使用方法〕

### 1. 活線溫度 測定の 필요성과 活線溫度計

전기사고의 발생원인 중에서 絶緣物の 熱的劣化 등 열적 원인으로 인한 사고가 적지 않다. 또한 기타 원인의 사고도 그 異常이 溫度變化를 수반하는 것이 많다. 따라서 電力機器의 운전, 보수에서 그 온도를 충분히 파악하는 것은 매우 중요한 것이다.

그러나 이 過熱이라는 현상은 물론 停電時에는 나타나지 않기 때문에 운전시에 발견하게 되는데 종래의 5感에 의존한 방법만으로는 상당히 過熱이 진행되어 變形, 異臭가 나타나지 않으면 발견이 곤란하며 사후처리적인 조치가 되어 버린다.

여기서 異常過熱이 되지 않도록 정전시에 각 부를 죄이는 작업을 해왔는데 다음의 사고 예를 보면 이 방법이 단전을 기할 수 있는 방법이 아니라는 것을 알 수 있다.

### (事故例 1)

어떤 石油 플랜트의 메타크라 盤에서 지락사고가 발생했다. 원인은 CT 고압단자가 過熱되어 부틸고무 몰드材가 용해되어 1차와 2차가 混觸되었기 때문이었다. 과열의 원인은 母線이 알루미늄부스였고 CT 端子가 銅製였기 때문에 이온化경향의 차이로 접촉면이 부식되어 접촉 저항이 커졌기 때문이라는 것이 판명되었다. 접촉 볼트는 이완시키기가 곤란할 정도로 강력하게 죄어져 있었다.

### (事故例 2)

어떤 공장의 서브 變電所를 순회중 異臭를 感知하여 조사한 결과 ZCT의 貫通線과 모선의 접속부가 과열하여 관통 절연전선의 피복이 녹아 ZCT의 앞에서 10cm 정도까지 裸線의 상태로 되어 있었다. 발견이 약간만 늦었어도 큰 사고를 피할 수가 없었을 것이다. 이 부분은 먼저 점검시에 이완되어 있어서 죄어 준 곳이었다고 한다.

이와 같이 酸化被膜이 생성되어 버린 장소에는 죄이는 작업은 너무 무력한 것이다. 여기

서 최근에 더머라벨, 더머케인트 등이 사용되게 되었는데

- (i) 周圍溫度와의 차이를 알 수 없다.
- (ii) 通電電流와의 비교를 할 수 없다.
- (iii) 장기간의 사용으로 變色하여 外觀이 나빠진다.
- (iv) 초기의 작은 과열, 작은 溫度差는 발견할 수 없다.

등의 결점도 있어 그것을 보완하여 더욱 정확한 온도감시를 하기 위해 자부의 溫度 또는 온도차를 직접 측정하는 방법을 채택하게 되었다.

이 온도를 직접 측정하는 器具가 活線溫度計이다. 이것을 사용함으로써 異常發生場所를 미리 알게 되면 停電時에 이 부분을 중점적으로 보수, 점검할 수도 있고 電力設備의 증대, 또는 생산성 향상을 위해서도 제한된 停電時間을 보다 효과적으로 사용함으로써 정전시간을 단축시키고 많은 사고를 미연에 방지할 수도 있을 것이다.

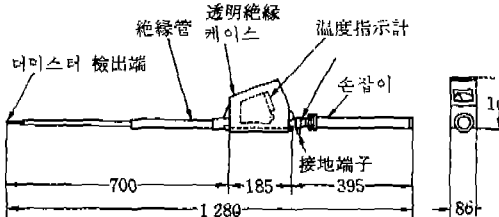
## 2. 活線溫度計의 構造

다음에 活線온도계의 구조를 간단히 설명한다. 外觀은 그림 1과 같으며 定格은 다음과 같다.

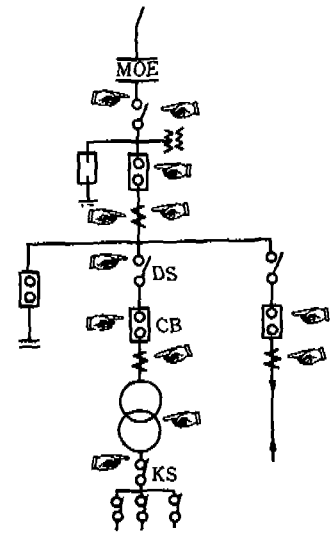
定格線路電壓 AC 6號 綫

測定對象 물체표면온도, 活線선로 도체온도  
檢出端 더미스터 表面溫度檢出器(着脫式)  
溫度指示 0~100℃

耐 壓 檢出端, 미터部와 외함, 절연관  
접지단자와의 사이 AC 1500V 10  
분간



(그림 1)



표를 한 箇所에 더미스터 溫度計의 感溫部를 直接 대고 溫度計로 直讀한다.

(그림 2)

電 源 單 3 乾電池 2개 3V

원리는 더미스터 檢出端의 온도에 의한 저항 변화를 브리지 회로로 확대하여 미터를 움직이는 것이다.

측정은 검출단을 직접 충전부에 접촉시켜 미터를 보게 되어 있다. 이때 미터部도 검출단과 같은 전압이 充電되므로 주의를 요한다.

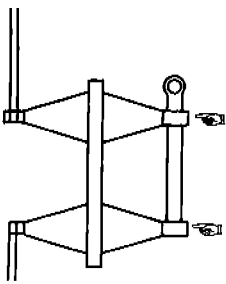
## 3. 測定方法

측정은 그림 2의 손가락으로 표시한 장소에 더미스터 感溫部를 접촉시켜 실시하는데 실제의 측정에 있어서의 着眼點을 각 기기에 대하여 설명한다.

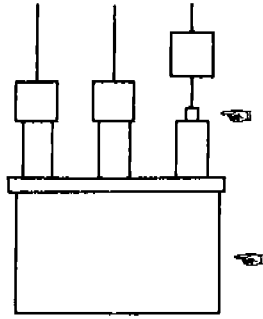
### (1) 断路器, 電力 퓨즈, 低壓 KS

이 기기는 노출부가 보이므로 직접 測定器를 접속장소, 접촉장소에 접촉시킴으로써 측정이 가능하다. 이런 경우에 不良으로 보이는 대부분의 원인은 發鏽에 의한 접촉불량과 接觸壓力不足인데 發鏽에 의한 경우에는 비교적 전류가 작

은 경우에는 온도상승이 커진다. 低壓 KS에는 發熱으로 인한 원인과 함께 電流值가 고압에 비하여 크기 때문에 發熱의 정도가 허용치를 초과하면 酸化皮膜이 발생하거나 또는 재질 그 자체의 변질을 가져오는 鉛現象이 발생하는 수가 있다. 酸化皮膜 발생시점에서 발견하여 접촉면의 청소, 압력강화를 도모함으로써 復舊하는 수도 있는데 이미 鉛現象이 발생한 것은 固有抵抗의 변화에 따라 교체할 필요가 있다.



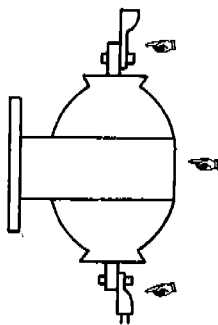
〈그림 3〉



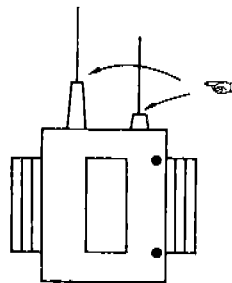
〈그림 4〉

(2) 遮斷器, 開閉器

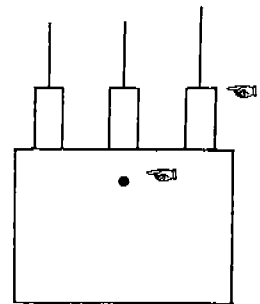
차단기, 개폐기의 發熱部는 주로 接觸子 또는 단자부이다. 단자부는 노출되어 있으므로 직접 측정기를 대고 측정할 수가 있는데 接觸子는 외부에서 직접 측정하는 것은 불가능하며 油入의 경우에는 탱크 및 接續端子의 온도로 추정해야 된다. 전원측 단자 및 부하측 단자의 온도상승이 각 상에 따라 차이가 있으며, 전원측 부하측



〈그림 5〉



〈그림 6〉



〈그림 7〉

同相으로 온도가 상승되고 탱크에 약간의 온도 상승이 있을 경우에는 내부의 접속부 또는 接觸子를 發熱要因으로 보면 틀림없다.

(3) 計電用 變壓器

鐵心の 온도를 측정함으로써 2次負擔 오버 및 内部 部分放電을 검출할 수가 있다.

(4) 計器用 變流器

고압측 접속단자와 동시에 철심 및 外壁溫度를 측정하고 2차회로의 개방 및 부담 오버를 검출한다.

2次回路가 개방으로 되어 있을 경우에는 철심이 磁氣飽和되어 鐵損이 증가되기 때문에 정상상태의 것과 비교하여 15℃ 전후의 온도차가 있다.

(5) 變壓器

일반적으로 변압기는 無負荷損과 負荷損의 영향에 따라 온도가 상승한다. 보통 무부하손은 부하손에 비하여 작으므로 溫度上昇은 負荷電流의 크기에 좌우되는 바가 크다. 따라서 측정시의 부하의 상태를 충분히 고려하여 측정해야 된다. 輕負荷임에도 불구하고 온도상승이 큰 경우에는 수전전압과 사용 탭이 맞는지, Δ 결선이나 V결선의 경우에는 다른 變壓器와의 비교 등도 중요한 포인트이다. 100kVA 정도의 용량은 라더에 이터를 부착하여 탱크 밖에서 對流에 의하여 自

냉시키고 있다. 絶緣油가 라디에이터 上部의 管보다도 低下되어 있으면 라디에이터 外部로 순환되지 않고 本体 内에서만 對流하여 방열효과가 매우 나빠져서 온도상승과 연결되는 수가 있다. 따라서 本体의 온도는 라디에이터 上部와 下部를 측정하는 것이 효과적이다.

(6) 콘덴서

콘덴서의 本体 온도는 内部 誘電體 損失에 의하여 상승하는 것은 주지하는 바와 같다. 그러나 실제로 내부온도를 측정하는 것은 구조상 곤란하므로 器壁의 온도를 측정하여 내부 온도를 추정하는 편이적 방법을 취한다.

다만, 이 방법은 용량, 메이커에 의한 구조상의 차이, 주위환경에 의한 영향에 따라 좌우되며 精密한 방법이라고 하기는 곤란한데 정기적인 측정에 의한 온도변화 등을 고려하면 심한 變化나 異常의 사전 발견에 도움이 되며 보수의 일반적 방법의 하나라고 할 수 있다.

내부온도의 추정에 있어서는 다음과 같이 생각한다.

일반적으로 器壁과 내부온도의 比는 1.5 이하이며, 가령 室温 20℃ 인 때 器壁溫度가 55℃ 라면 内部誘電體의 최고부의 온도상승은

$$\text{器壁의 온도상승} (55 - 20) \times 1.5 = 52.5 \text{ deg}$$

이므로 誘電體 内部 최고 온도부는 20℃ + 52.5 deg = 72.5℃로 추정된다. 따라서 콘덴서 내부 최고 허용온도는 100℃로 되어 있으므로 이 경우에는 良好한 것이다.

(7) 母線 등

모선 등은 각 접속부를 중심으로 측정한다.

이상 각 기기의 溫度測定에서의 착안점에 대해서 설명했는데 온도측정을 할 때에는 반드시 그 通電電流도 측정해 두어야 된다. 과열의 원인의 대부분은 부하전류에 의한 주열熱인데 이 주열熱은 통전전류의 2乘에 비례한다는 것은 주지하는 바와 같다.

즉 측정시의 조건으로서 뿐만 아니라 측정시

〈표 1〉 活線溫度 測定記錄表

전기실명 \_\_\_\_\_ 회로전압 \_\_\_\_\_ V  
추정결과 \_\_\_\_\_ 주위온도 \_\_\_\_\_ ℃

회로명						
측정기기						
斷 路 器 電力퓨우즈	온도 (℃)					
	전류 (A)					
	관점	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협
遮 斷 器	온도 (℃)					
	전류 (A)					
	관점	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협
計 器 用 變 成 器	온도 (℃)	본체 단자	본체 단자	본체 단자	본체 단자	본체 단자
	전류 (A)					
	관점	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협
母 線 接 續 部	온도 (℃)					
	전류 (A)					
	관점	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협	양주위 호의협

註: 측정방법: 가령 차단기의 경우 各相 1차, 2차(6개소) 모두 측정하는데 그 중의 최고치만 記錄한다. (단, 각 상의 차이가 심한 경우에는 원인을 규명하여 적절한 판단을 한다.)

의 상태와 최대부하시의 電流를 비교함으로써 최고온도 上昇値를 추정하는 등 결과의 분석에 중요한 역할을 한다. 測定値는 앞으로의 經年變化를 보기 위해서도 기록한다. 기록법의 예를 표 1, 표 2에 들었다.

4. 判定基準

각종 고압기기의 最高許容溫度를 표 3에 들었다.

〈표 2〉 活線溫度 測定記錄表

전기실명 \_\_\_\_\_ 회로전압 \_\_\_\_\_ V

측정결과

본번서

주위온도 \_\_\_\_\_ ℃

측정지	기기명	kVA				
		kVA	kVA	kVA	kVA	kVA
온도 (℃)	단자			/		
	본체					
통전전류 (A)						
판정	양주위	양주위	양주위	양주위	양주위	
	호의험	호의험	호의험	호의험	호의험	

변압기

측정지	기기명	P kVA				
		P kVA	P kVA	P kVA	P kVA	P kVA
정격전류 (A)	1차					
	2차					
통전전류	1차					
	2차					
온도 (℃)	1차측단자					
	2차측단자					
	본체					
측정시부하율 (%)						
판정	양주위	양주위	양주위	양주위	양주위	
	호의험	호의험	호의험	호의험	호의험	

註: 1차, 2차 전류에 대해서는 현장상황에 따라 측정이 용이한 한쪽만을 기록하는 경우가 있다.  
 本体溫度에 대해서는 溫度計를 삼고르 하는 경우도 있다.

備考

그러나 실제 운전에서 이 최고 허용온도에 도달하기 이전에 異常을 가급적 빨리 발견하여 대처해야 된다. 따라서 표 4의 판정기준을 근거로 하여 測定時의 부하상태를 파악하고 經年變化라든지 같은 조건의 다른 기기와의 비교를 하는 등 종합적으로 판단할 필요가 있다.

〈표 3〉

測定機器 (측정장소)		最高許容溫度
斷路器 電力 퓨즈	접촉부	65
	접속부	75
	기계적구조부	90
遮斷器	단자	75
	기계적구조부	110
計器用變成器	단자	75
	본체	90
油入變壓器	단자	75
	본체(유온)	90
乾式變壓器	단자	75
	본체(권선)	각종 절연술 종류에 따름
본번서	단자	75
	본체	70
母線 接統部	경동선	70
	경동연선	90
	경알루미늄	90
	내열알루미늄	150
低壓盤	접촉부	65
	접속부	75

※측정시의 부하상황을 파악하여, 正常負荷로 생각될 경우에는 표 4와 같이 判定한다(부하가 증가될 가능성이 있는 경우에는 그것을 추가하여 판정한다).

〈표 4〉 判定基準

良好	○ 온도상승, 각 상의 차이가 거의 없을 경우
注意	○ 약간의 온도상승이 있고 또한 각 상에 차이가 있는 경우
危險	○ 최고 온도상승한도를 초과한 경우
	○ 최고 온도상승한도를 초과하지 않아도 各相의 차이가 극단적인 경우

5. 事例

(i) 變壓器의 2차단자의 온도를 측정할 결과 거의 80℃를 표시했다. 측정시의 負荷電流는 全負荷時의 50% 정도밖에 없으므로 不良으로 판정했다. 그 후 정전하에서 그 변압기의 점검을 실시했다.

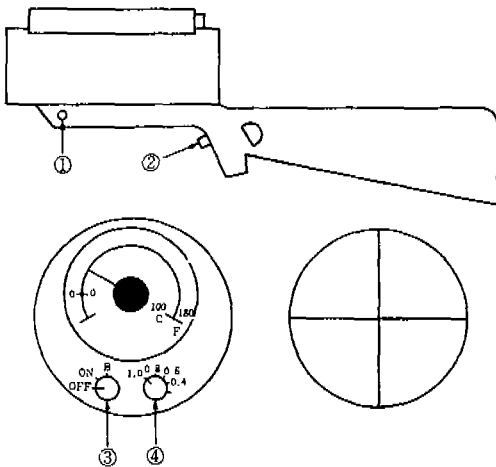
당초에 2차단자부의 接觸不良으로 판정하고

2차단자와 2차모선을 절단하고 연마하여 다시 죄어 주었다. 확인을 위해 點檢口를 열고 내부를 들여다 보고 놀랐다.

變圧器 내부의 부싱에서 油中에 걸쳐 걸게 되어 있었다. 점검을 한 결과 코일과 2차 피드線的 접속부(알루미늄과 銅 바)의 용접 상태가 나빠 이 부분에서 과열되었다는 것이 판명되어 급거 수리를 했다.

(ii) 變圧器 2차측에서 單心 케이블을 6線, 2線씩 더블로 된 단자의 온도를 측정한 결과 더블로 된 2선 중 1선의 단자가 다른 1선의 단자에 비하여 높아져 있었다. 電流를 측정해 본 결과는 한쪽이 2/3, 다른 한쪽이 1/3의 전류가 흐르고 있다는 것이 판명되었다. 단자의 接觸不良 등 여러가지 경우의 처치를 했는데 아무래도 그 異常現象은 해소되지 않았다. 다시 확인하기 위해 각각의 電線의 피트내의 배치를 바꾸어 보았더니 거짓말처럼 이 이상현상이 없어졌다. 다른 전선의 전류에 의하여 磁束에 영향을 미친 것으로 판단된다.

(iii) DS의 온도를 측정한 결과 주위온도가 18℃, 2상이 21℃였는데 나머지 1상은 26℃였다.



① 홀드버튼      ② 트리거 SW      ③ 電源SW  
④ 輻射率컨트롤 SW

〈그림 8〉 히트스파이 HSA-201의 外形

온도 상승치로서는 특별한 문제가 없지만 다른 相과 電流는 변화하지 않아도 5℃의 차이가 있으므로 일단 주의를 요하는 것으로 판정하여 주위온도가 상승하여 負荷電流의 증가가 예상되는 3개월 후에 다시 측정하기로 했다. 3개월 후에 측정한 결과 주위온도 28℃, 2相은 33℃였는데, 먼저번에 異常現象이 있던 相은 65℃를 지시했다. 그 후 1개월 후에 停電時에 改修를 했는데 이 때에는 약간의 變色이 나타날 정도로 진행되고 있었다.

(iv) 온도측정과 함께 전류측정에 의하여 뜻하지 않은 이상현상을 발견하는 수도 있다. 100 kVA인 콘덴서 3臺의 相 電流를 측정된 결과 2相은 28A였는데 1相은 18A를 지시했다. 音叉形 電流計에 의하여 1대마다 전류를 측정된 결과 1대의 콘덴서의 1相에만 전류가 흐르고 있지 않는 것이 판명되었다. 内部斷線 등의 이상이 예상되므로 그 콘덴서를 相에서 切離시켰다.

## 6. 맺음말

주로 高壓回路用 活線溫度計에 대하여 설명했는데 이밖에 특별고압회로의 온도측정에는 赤外線 放射溫度計(히이트스파이)가 사용된다. 이것은 被測定物에서 放射되는 적외선을 高感度の 더미스터 보호미터로 검출하여 測溫하는 것이다(그림 8 참조).

모두 充電部의 온도를 측정하여 사고를 미연에 방지하기 위해 사용된다.

측정할 때에는 活線狀態에서의 작업이므로 주위는 모두 充電되어 있는 것으로 생각하면 틀림이 없으며 안전에 만전을 기하도록 한다.

測定에만 주의력을 집중시킨 나머지 무의식중에 충전부에 너무 접근하는 위험성을 방지하기 위해서도 2명 이상이 작업을 하도록 하며, 1명이 측정을 할 때에는 다른 한 사람은 이것을 감시하는 등의 방법을 취해야 된다.

(다음 號에 계속)