

變電機器의 豫測保全

(2)

變壓器의 豫測保全技術

1. 머리말

高度情報化社會가 형성되어 가는 정보하에서 電力의 안정공급에 관한 요구는 한층더 그 중요도를 더해가고 있다. 이와 같은 상황하에서 變壓機器의 중추를 이루는 變壓器에 있어서도 보다 높은 高信賴度化가 요망되고 있는 것은 두말할 필요가 없다. 또 한편에서는 變電所의 設備增加와 無人化의 추진으로 질적으로도 고도의 대응이 요구되고 있다. 이 때문에 變壓器 운전중의 情報에 기초한 異常의 조기발견을 목적으로 하는 豫測保全技術의 확립과 그 技術을 기반으로 하는 豫測保全시스템의 구축이 급선무가 되고 있다.

미쯔비시電機에서는 이와 같은 정세에 일찍부터 대비하여 變壓器의 가스分析에 대한 異常診斷技術 및 豫測保全技術의 확립과 負荷時 탭 轉換器 診斷技術의 확립연구에 착수하여 왔다.

여기서는 이들 異常·壽命診斷技術에 대하여 기술함과 아울러 이들 技術을 기초로 한 監視技術에 대하여 소개한다.

2. 異常·壽命診斷 및 監視技術의 개발경위

표1은 미쯔비시電機의 變壓器 異常·壽命診斷

및 監視技術의 개발경위를 표시한 것이다.

變壓器 內部異常 검출기술은 원리적으로는 재료에서의 熱分解가스를 분석하는 화학적검출방법, 過電流나 接地電流 등을 측정하는 전기적 검출방법과 輻射·壓力 등을 측정하는 기계적 검출방법의 세가지로 분류할 수 있다.

이들 방법중 화학적 검출방법은 다른 방법보다 異常檢出감도가 높고 放電 및 過熱의 어떤 異常現象도 잡을 수가 있다. 이런 점에서 變壓器에서는 재료로부터의 分解가스를 분석하여 發生가스량이나 가스의 종류로부터 內部異常이라든가 壽命을 진단하는 방법이 금후에도 유효한 방법으로서 실용화될 것으로 생각된다.

2·1 油入變壓器의 異常診斷

油中溶解가스分析이 油入變壓器의 維持補修管理技術로서 실용화되기 시작한 것은 1960년대이다.

1970년대에 들어서면 500kV급의 大容量變壓器가 운전개시되고 그에 맞추어 變壓器상태를 필요하고도 충분한 빈도와 정도로 계속 監視할 수 있는 實器直結形 精密自動分析裝置나 油中可燃性가

<표 1> 異常·壽命診斷 및 監視技術의 開發經緯

項目	年	'60	'65	'70	'75	'80	'85	'90	'95
流入變壓器	診斷基礎技術		診斷技術의 ▲實器通用開始						
	診斷裝置				精密自動分析裝置開發完了	온라인 TCG裝置開發完了		아세틸렌 TCG裝置 開發完了	
	聯合診斷 診斷基礎技術							音響法에 의한 部分放電位置標定裝置 開發完了	6成分監視裝置開發完了
變壓器	異常診斷	診斷基礎技術				가스분석에 의한 ▲診斷法의 開發完了(스텝 1)			
		診斷基礎技術						診斷圖表의 構築(스텝 2)	診斷의 高感度·高精度化(스텝 3)
	異常診斷							裝置化(動作時間·電流監視)	裝置化(驅動軸토크 監視)
	異常診斷								트크波形 및 電動機電流에 의한 ▲診斷基礎技術

스總量 TCG)으로부터 異常을 검출하는 온라인 TCG裝置를 개발하였다.

1980년대에는 變壓器의 監視裝置로서 音響法에 의한 部分放電位置標定裝置를 개발하였다. 또 電動機 전류치나 동작시간의 측정을 기초로 한 負荷 탭 轉換器監視裝置를 개발하였다.

1990년대에 들어서던 가스센서를 사용한 온라인 TCG裝置의 有效性이 實證됨에 따라 可燃性가스 總量외에 가스의 종류도 식별하여 異常有無뿐만 아니라 異常의 종류도 진단할 수 있는 裝置를 개발하고 있다.

2·2 가스絕緣變壓器의 異常診斷

가스絕緣變壓器의 異常診斷技術의 개발은 77 kV, 40MVA의 蒸發冷却式가스絕緣變壓器의 개발에 맞추어 착수하였다.

1970년에는 SF₆ 가스중의 分解가스成分을 분석하여 진단하는 방법을 가스絕緣變壓器의 內部異常診斷技術로 실용화하였다.

1990년에 들어 275kV, 300MVA의 液冷却式

가스絕緣變壓器의 개발에 맞추어 圖表를 사용하여 放電이 과열인지를 식별하는 진단방법을 새로이 개발하였다. 또 이 가스絕緣變壓器에는 驅動軸토크의 크기를 측정하여 그 변화로부터 異常을 검출하는 負荷時 탭 轉換器監視裝置를 설치하고 있다.

2·3 變壓器의 壽命診斷

油入變壓器는 30년 정도의 壽命이 기대되고 있다. 최근에는 1950년대 후반부터 고도경제성장기에 제작된 30년을 경과하는 變壓器가 증가하고 있다. 그 數가 제법 많아 變壓器의 壽命診斷에의 관심이 높아지고 있다.

가스絕緣變壓器에 대하여는 異常診斷技術의 개발에 주력하고 있는 단계로 壽命診斷技術의 개발은 금후의 과제이다.

油入變壓器의 壽命은 絕緣紙의 기계적 강도에 의존된다고 생각되고 있다. 이 때문에 絕緣紙의 기계적강도와 상관관계가 있는 絕緣紙의 劣化成分 증발량을 구하여 變壓器의 殘余壽命을 추정하

는 방법이 연구되고 있다.

1980년에 들어서 絶緣紙劣化成分인 CO₂ 및 CO의 증발량에 착안한 壽命診斷方法의 연구를 시작하였다. 그 후 油中の CO₂ 및 CO는 絶緣紙에 吸脫着하는 현상이 있는 것이 발견되었다. 이 현상을 고려하여 絶緣紙로부터의 CO₂ 및 CO 증발량을 강도 높게 구하는 방법을 연구하고 있다.

1990년에 들어와 絶緣紙劣化成分의 하나인 플프랄에 착안한 壽命診斷方法을 연구하기 시작하였다. 플프랄에 대하여는 IEC에서는 측정방법에 대한 規格化가 검토되고 있다.

3. 診斷技術

3·1 油入變壓器의 診斷技術

油入變壓器에 사용하고 있는 재료중 鈷소강판이나 銅 등의 금속재료는 經年的인 특성저하가 없다. 그리고 大型變壓器의 絶緣油에 대하여는 隔膜式, 素壺封入式 등의 劣化防止裝置에 의하여 劣化가 적으며, 또 劣化되더라도 쉽게 바꿀 수가 있다. 絶緣紙에 대하여는 抵抗率, 誘電正接, 破壊電壓 등의 전기적특성에 대한 經年的의 低下는 적으나 인장강도·신장·파열강도 등의 기계적 특성은 經年과 함께 저하되어 간다. 絶緣紙는 쉽게 바꿀 수가 없기 때문에 絶緣紙의 劣化정도가 變壓器의 壽命으로 되어 있다.

絶緣紙의 劣化度를 조사하기 위해서는 絶緣紙를 變壓器에서 채취하여 기계적 특성을 측정하는 것이 적절하다. 그러나 기계특성 시험에는 상당한 샘플량이 필요하므로 絶緣紙의 인장강도와 상관관계에 있는 絶緣紙 重合度가 劣化度를 측정하는 指標로 되어 있다. 重合度의 측정은 1g 정도면 충분하다.

絶緣紙의 重合度에 의한 壽命診斷은 直接 絶緣紙의 劣化度를 보기 때문에 信賴性이 높다. 絶緣紙의 重合度를 채취할 수 있는 것은 變壓器의 내부점검시에 한하게 된다. 그래서 운전중의 變壓器

에 대하여는 絶緣油를 채취하여 油中の CO₂, CO로부터 變壓器의 壽命을 診斷하는 방법이 검토되어 왔다. 이것은 CO₂ 및 CO가 絶緣紙에서부터의 生成가스로, 絶緣紙의 重合度와 상관성이 있음에 의한 것이다.

絶緣紙가 劣化되면 알코올, 알데히드, 카본酸 등의 成分이 生成된다. 이들 가운데 근년에는 플프랄과 絶緣紙의 劣化特性과의 관계가 검토되고 있다.

여기서는 CO₂, CO 또는 플프랄에 의한 壽命診斷에서 診斷程度의 向上을 도모함에 있어서 고려하여야 할 사항에 대하여 기술한다.

3·1·1 CO₂, CO에 의한 壽命診斷

稼動變壓器의 油中 CO₂ 濃度는 採油溫度가 낮은 겨울철에는 낮고, 溫度가 높은 여름철에는 높아지는 것을 경험한다. 이 현상은 油溫變化에 따라 CO₂가 油中の 絶緣紙에 吸脫着하는 것에 기인하고 있다.

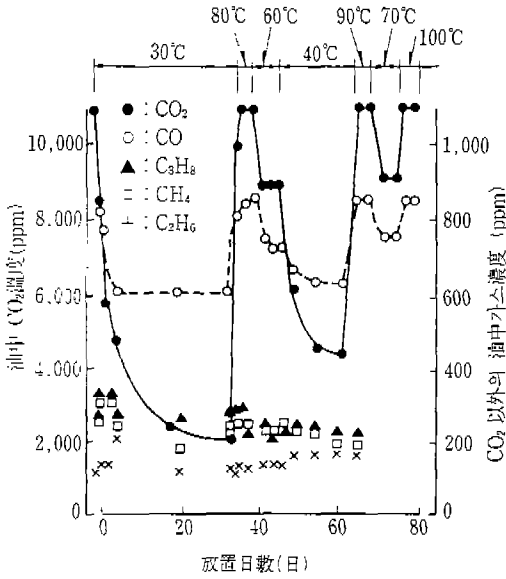
아래에 油中 CO₂와 CO의 絶緣紙에의 吸脫着現象에 대하여 기술한다.

그림 1은 충분히 脫氣한 絶緣油와 絶緣紙를 실제의 變壓器에 상당하는 비율로 金屬容器에 充填한 후 여기에 일정량의 CO₂, CO, CH₄, C₂H₆, C₃H₈을 注入하고 그 다음 油溫을 변화시키면서 油中가스濃度를 經時的으로 조사한 결과를 표시한 것이다.

各 가스의 法入量을 실제의 變壓器에서 일반적으로 관측되는 濃度比率이 되도록 조정하고 油溫은 30℃→80℃→60℃→40℃→90℃→70℃→100℃의 順으로 변화시켰다.

油溫變化에 수반하여 油中가스濃度에 변화가 있는 것은 CO₂, CO뿐이고 變化水素가스의 변화는 그리 나타나지 않는다. CO₂와 CO는 油溫이 높을수록 油中가스濃度가 증가하는 경향을 나타냈다.

그림 1의 결과에서는 80℃, 90℃ 및 100℃의

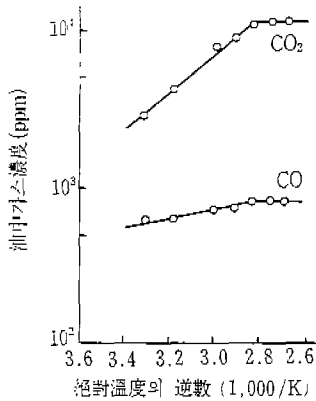


<그림 1> 油中가스濃도의 經時變化

油中가스량이 初期濃도와 거의 같은 치로 되어 있는 것으로 보아 80°C 이상의 高溫에서는 絕緣紙에의 吸着은 없음을 알 수 있다.

그림 1을 기초로 하여 그림 2에 CO₂ 濃도와 CO 濃도의 溫度存在性을 나타낸다. 油中가스濃도의 溫度存在性의 直線部는 다음의 Arrheniss式으로 나타낼 수 있다.

$$M = M_0 \exp -E/RT \quad \dots\dots\dots(1)$$



<그림 2> CO₂濃도와 CO濃도의 溫度依存性

여기서 M 은 絕對溫度 T 의 油溫가스量 (ppm), R 은 $8.318\text{J/mol}\cdot\text{K}$ ($1.987\text{cal/mol}\cdot\text{deg}$)이다.

80°C 및 採油溫度 T 의 油中가스量은 다 같이 式(1)로 나타낼 수 있다. 따라서 각각의 溫度의 式(1)을 만들고 兩者의 差로부터 採油溫度 T 의 가스량을 80°C의 가스량으로 환산하는 다음 式을 얻을 수 있다.

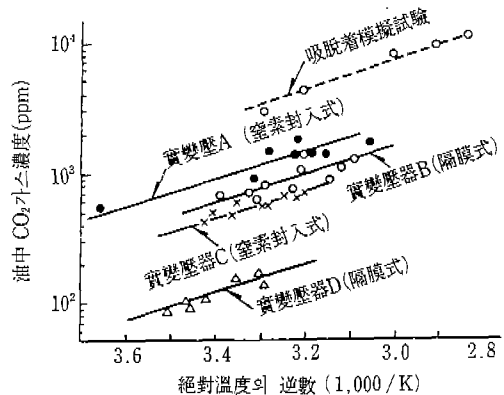
$$M = (\text{CO}_2) M_1 \exp\{2.260(1/T - 0.0028)\} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$M = (\text{CO}) M_2 \exp\{560(1/T - 0.0028)\} \quad (3)$$

여기서 $T=273+t$, t 는 油溫(°C)이고 0.0028은 80°C의 絕對溫도의 逆數이다. 式(2)는 油溫 t °C에서 채취하였을 때의 油中 CO₂量 M_1 이 80°C에서는 $M(\text{CO}_2)$ 로 된다. 式(3)도 같은 방법으로 油溫 t °C에서 채취하였을 때의 油中CO量 M_2 가 80°C에서는 $M(\text{CO})$ 로 된다.

油中の CO₂ 濃도가 採油溫度에 따라 변화하는 현상은 실제의 變壓器에서도 관측이 된다. 그 예를 그림 3에 표시한다. 그림은 1955~1979년에 제작되고 運轉經歷 및 酸化劣化防止方式이 다른 4臺의 정상 變壓器에 대하여 油中CO₂를 2년간 추적조사한 결과이다.

CO₂나 CO는 정상 變壓器라도 서서히 증가하므로 조사시에는 이 영향을 고려하여 負荷가 적은 變壓器를 대상으로 선택하였다. 그 결과 처음 채



<그림 3> 實變壓器油中 CO₂量과 溫度와의 關係

유하였을 때의 濃度에 비하여 약 2년후에 채유한 거의 같은 溫度의 濃度는 약간 늘어난 정도였다. 어느 變壓器에 대해서도 CO₂ 濃度에 溫度依存性을 볼 수 있다. 그림 3은 CO₂에 대하여 플롯하였지만 CO에 대하여도 같은 결과를 얻고 있다.

또 그림 3에는 그림 2의 결과도 플롯하여 표시하였다. 吸脫着模擬試驗데이터와 實變壓器데이터와는 油中CO₂濃度の 溫度依存性의 기울기가 거의一致하고 있다. 吸着모의시험결과는 吸着의 活性化 에너지를 나타내는 것으로 兩者는 같은 현상이라고 생각된다.

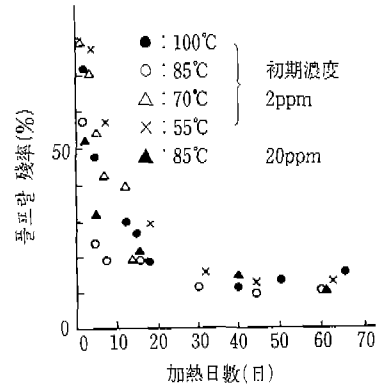
종래부터 油中の CO₂ 및 CO의 분석을 기초로 한 變壓器壽命診斷은 精度가 낮은 것으로 인식되어 왔다. 여기에는 絶緣紙에 대한 油中 CO₂ 및 CO의 吸脫着現象이 하나의 원인이 되었다고 생각할 수 있다. 油溫이 80℃ 이하의 變壓器 정상운전 온도 범위에서는 CO₂ 및 CO가 絶緣紙에 相當量 吸着되므로 吸着現象을 고려하지 않는 종래의 방법에서는 이것이 (CO₂+CO) 全發生量算出上の 誤差로 되어 있었다.

吸脫着現象을 고려하여 進술한 환산식으로 油中 (CO₂+CO) 量을 補正하면 絶緣紙에 吸着되지 않는 조건하에서의 油中 (CO₂+CO) 量을 구할 수가 있다. 이와 같은 방식을 사용하여 絶緣紙로부터의 (CO₂+CO) 全發生량을 산출함으로써 壽命診斷의 精度向上을 기할 수가 있다.

3.1.2 플프탈에 의한 壽命診斷

근년에 플프탈과 絶緣紙의 變化特性과의 관계가 검토되기 시작하였다. 여기서는 플프탈의 絶緣紙에의 吸着, 絶緣紙의 重合도와 플프탈量과의 상관 등 變壓器의 壽命診斷을 하기 위한 基礎檢討에 관하여 기술한다.

進술한 CO₂와 CO는 絶緣紙에 잘 吸着되는 성질이 있다. 絶緣紙가 분해되어 生成되는 플프탈도 絶緣紙에 吸着될 가능성이 있다. 이 점에 대하여는 다음의 실험에 의하여 플프탈의 絶緣紙에의



<그림 4> 플프탈 殘率의 經時變化

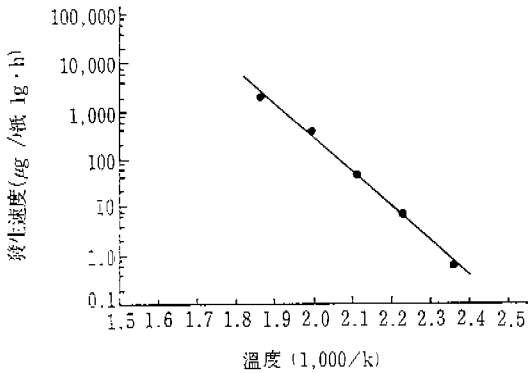
吸着現象을 조사하였다.

乾燥한 신품의 絶緣紙에 脫氣한 절연유를 주입하고 密封容器에 넣었다. 절연유는 2ppm과 20ppm이 되도록 플프탈을 첨가하였다. 絶緣紙와 絶緣油의 비율은 實變壓器에 상당하도록 하였다. 그리하여 55~100℃에서 방치하여 平衡吸着濃度を 구하였다.

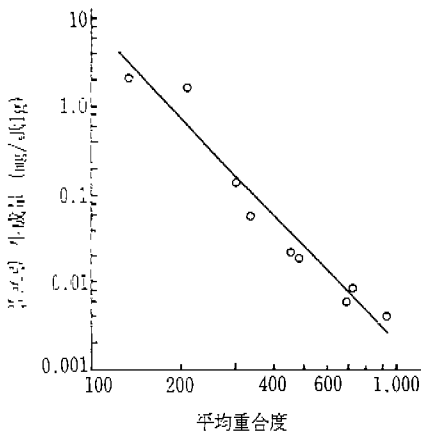
결과를 그림4에 표시한다. 그림에서 油中플프탈은 시간이 경과할수록 감소하여 絶緣紙에 吸着되는 것을 알 수 있다. 平衡濃度로 되는 油中플프탈 殘率은 온도에 의하지 않으며 또 初期濃度에도 의하지 않고 약 15%에 수렴하고 있다. 이것은 100℃ 이하의 油溫에서는 絶緣油에 15%, 絶緣紙에는 85%의 플프탈이 존재하고 있음을 나타내고 있다. 이 性質은 壽命診斷에 있어서 대단히 편리한 것으로, 분석하여 얻은 油中플프탈濃도를 100/15배하면 플프탈의 全發生량을 구할 수 있다.

그림 5에 絶緣紙의 加熱溫도와 플프탈의 發生溫도를, 그림 6에 絶緣紙의 重合도와 플프탈生成量과의 관계를 표시한다. 絶緣紙의 重合도는 銅에 珉煉지아민法(日本電氣工業會 規格 JEM1455)으로 측정하였다.

그림 5에서 絶緣紙 加熱溫도가 높아짐에 따라 플프탈의 發生溫도는 빨라지고 있다. 또 플프탈이 증가함과 동시에 重合도는 직선적으로 저하하고



<그림 5> 絶緣紙의 加熱溫度와 폴프랄량의 發生 速度



<그림 6> 絶緣紙의 重合度와 폴프랄의 量

있다. 이 관계들 이용하면 絶緣紙에서 발생하는 폴프랄량을 알게 되어 絶緣紙의 重合度를 추정할 수 있게 된다.

이상 기술한 바와 같이 油中폴프랄量으로 絶緣紙의 劣化度를 추정할 수 있다. 또 전술한 방법으로 油中폴프랄 濃度를 환산하면 絶緣紙로부터의 폴프랄 全發生量을 정확하게 구할 수 있다.

따라서 폴프랄에 착안한 變壓器의 壽命診斷方法은 CO₂ 및 CO를 기초로 한 종래법과 함께 유효한 壽命診斷方法으로서 조기 실용화가 기대된다.

3·2 가스絶緣變壓器의 診斷技術

가스絶緣變壓器는 우수한 防災性이 있어 都市部에서 需要가 伸張되고 있다. 가스絶緣變壓器에는 純가스式과 液冷却式이 있다. 純가스式은 絶緣妹體 및 冷却妹體로서 SF₆ 가스를 사용한다.

液冷却式은 絶緣妹體로 SF₆ 가스를 사용하고 冷却妹體로서는 六플루오로카본液을 사용하는 것으로 大容量가스 絶緣變壓器에 적용된다.

가스絶緣變壓器의 豫測保全에 關係되는 異常檢出法은 가스 分析, 電磁波計測 및 音響計測方式을 고려하고 있다. 이 가운데 가스 分析에 의한 異常檢出法은 部分放電, 아크放電, 過熱 등 광범위한 異常現象을 잡을 수가 있다. 또한 異常의 種類를 判別할 수 있는 가능성도 있어서 가스 分析에 의한 異常檢出 및 診斷은 유망한 수법이라고 생각된다.

여기서는 가스 分析에 의한 液冷却式 가스 絶緣變壓器의 최신 異常診斷技術에 대하여 기술한다.

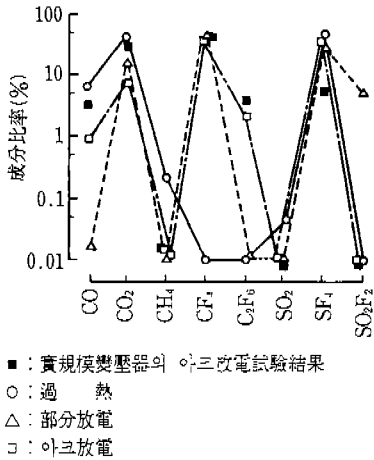
3·2·1 異常樣相의 識別

가스 分析에 의한 가스 絶緣變壓器의 異常診斷方法은 內部異常이 생기면 재료로부터 熱分解物이 生成되는 것에 기초를 두고 있다.

絶緣冷媒로 코일을 직접 冷却하는 液冷却式 가스 絶緣變壓器에서는 SF₆ 가스와 불소化合物인 絶緣冷媒와의 分解成分이 生成된다. 이와 같은 타입의 가스 絶緣變壓器에서의 分解成分의 檢査방법으로서는 絶緣冷媒溶解成分을 抽出하여 分析하는 방법, 絶緣冷媒上空間가스(SF₆ 가스 외에 絶緣冷媒에 關係되는 蒸氣成分도 포함함)을 分析하는 방법 등을 생각할 수 있다.

異常診斷技術을 確立하는데는 異常의 지표가 되는 成分을 명확히 함과 동시에 異常有無뿐만 아니라 異常樣相을 判別할 수 있는 診斷방법이 要망된다.

다음에 絶緣冷媒上空間가스의 分析결과로부터



<그림 7> 가스 패턴

異常을 진단하는 몇 가지 예를 기술한다. 이들 진단방법은 여러가지 條件으로 過熱이라든가 放電의 異常모의 시험에서 얻어진 分解가스를 베이스로 구축하여 實規模變壓器의 模擬異常을 적용하여 이 診斷方法을 확정한 것이다.

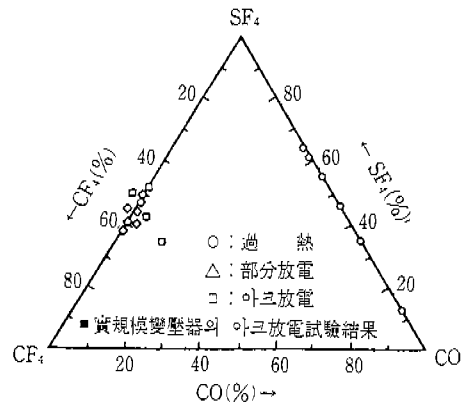
診斷에 사용하는 성분은 CO, CO₂, CH₄, C₂F₆, SO₂, SF₄ 및 SO₂F₂이며 이것들은 가스크로맷 그래프로 분석하였다.

(1) 가스패턴圖法에 의한 診斷

그림 7은 가스패턴圖에 의한 診斷法을 보여준다. 過熱, 아크放電, 部分放電은 각각 다른 패턴으로 되어 있다. 발생이 적은 가스의 상황을 알기 쉽도록 하기 위하여 縱軸은 對數눈금으로 하였다. 縱軸은 橫軸의 全가스總量에 대한 비율을 나타내고 있다. 그림중의 0.01% 라인 위의 플롯은 成分比率 0.01% 이하를 표시하고 있다. 아크放電에서는 C₂F₆, 部分放電에서는 SO₂F₂의 比率이 높고 過熱에서는 SF₄의 比率이 높지만 CF₄의 比率이 낮다는 등의 특징을 알 수 있다.

(2) 三角圖法에 의한 診斷

그림 8은 三角圖를 사용하여 고찰한 것이다. 데이터베이스에 여러 가지 계산식을 등록하여 계산한 결과 三角圖上에서 過熱과 放電에 의한 異



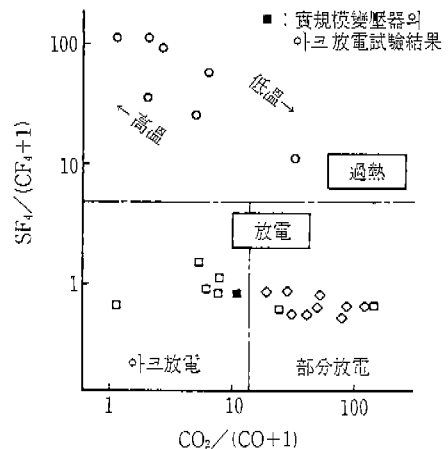
<그림 8> 三角圖法에 의한 診斷圖

常의 判별을 가장 顕저하게 나타낼 수 있는 成分으로서 CF₄, SF₄ 및 CO를 선택하였다.

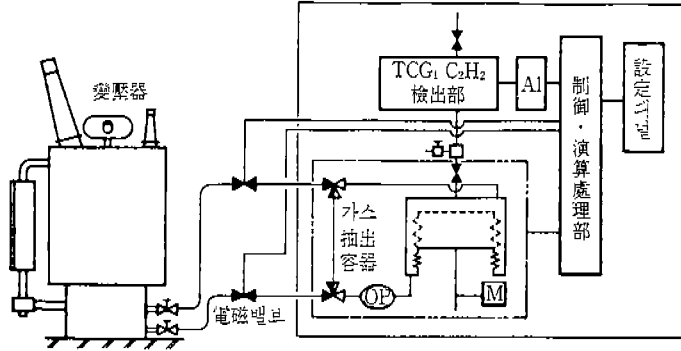
CF₄와 CO는 絶緣冷媒인 C₈F₁₆O의 分解成分, SF₄는 SF₆의 分解成分이다. 그림에서 알 수 있듯이 아크放電과 部分放電은 구별하기 힘들으나 放電과 過熱은 분명히 식별할 수 있는 점이 큰 특징이다.

(3) 成分比率圖法에 의한 診斷

그림 9에 成分의 比率로 나타낸 다른 診斷圖를 표시한다. 이 診斷圖도 三角度法과 같이 데이터베



<그림 9> 成分比率에 의한 診斷圖



<그림 10> 油中가스監視裝置의 構成

이스의 각종 계산식을 넣어 아크放電, 部分放電, 過熱現象이 식별될 수 있는 조건을 검색하여 고안할 것이다.

$SF_4/(CF_4-1)$ 은 過熱과 放電, $CO_2/(CO+1)$ 에서는 溫度的 高低·아크放電·部分放電의 식별을 할 수 있다. 이 진단에서는 放電과 過熱이 명확하게 식별되는 이외에 아크放電과 部分放電도 어느 정도 식별되고 있다.

그림 7~그림 9에 나타낸 ■표시는 진단 예로서 77kV, 30MVA 實規模變壓器로 紙·폐놀을 통하여 아크放電에 의한 絕緣破壞試驗의 가스에 적용한 경우를 표시하고 있다. 어느 진단방법에 있어서도 異常標相이 거의 적증하고 있다.

실제의 診斷에서는 각종 진단법을 병용함으로써 아크放電, 部分放電 및 過熱의 식별을 보다 높은 정확도로 진단할 수 있다고 생각된다.

4. 監視技術

變壓器의 監視技術은 豫測保全의 유효한 수단으로 이상징후를 초기단계에서 검출함과 동시에 이상내용을 확실하게 파악하여 대책을 세우는 것을 목적으로 개발이 추진되고 있으며 각종 監視裝置가 실용화되어 가고 있다.

여기서는 油入變壓器를 중심으로 가스絕緣變壓器, 負荷時髦 轉換期 등에 있어서의 內部異常檢出

에 효과적인 최신 監視技術에 대하여 기술한다.

4·1 油入變壓器 監視

變壓器本體의 監視項目은 異常의 조기발견에 효과가 있는 항목과 巡視·點檢의 효율화의 관점에서 선택된다.

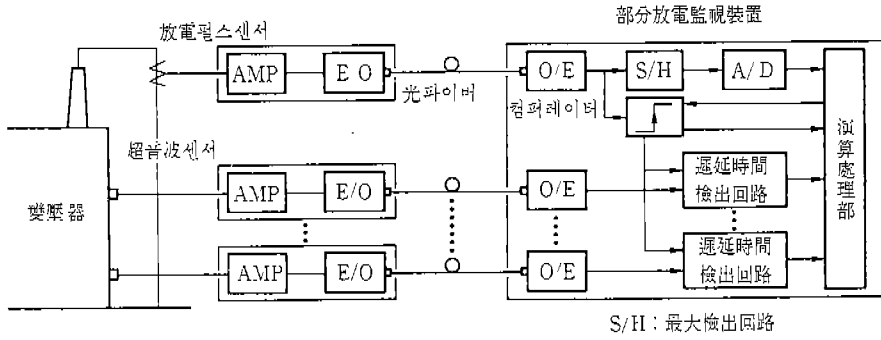
(1) 油中 가스監視

油中可燃性가스의 總量(TCG)과 아세틸렌(C_2H_2) 등 內部放電檢出의 키 가스의 검출기능을 갖는 監視裝置가 실용화되어 있으며 異常檢出能力이 비약적으로 향상되었다. 최근에는 多成分分析타입의 監視裝置도 제품화되기 시작하였고 온라인으로 異常의 조기검출뿐만 아니라 異常의 종류(異常部位)의 추정이 가능하게 되리라고 생각된다. 그림 10에 油中가스(TCG, C_2H_2) 監視裝置의 구성예를 표시하였다.

(2) 部分放電 監視

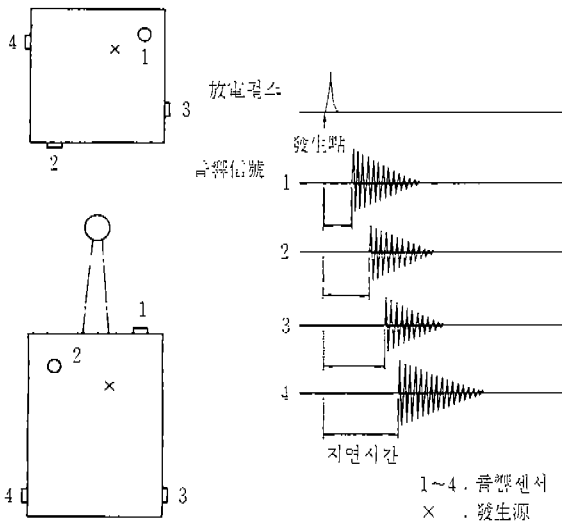
變壓器의 중대사고의 요인이 되는 絕緣上 異常의 前現象으로서 국부적인 絕緣異常 즉 部分放電이 있다. 部分放電 檢出은 變壓器의 課電狀態에서의 絕緣異常檢出이 가능하므로 공장시험에서도 채용되고 있다.

그 放電電荷量이 작기 때문에 頻度가 낮은 領域에서 검출하던 異常을 최소한으로 억제할 수가

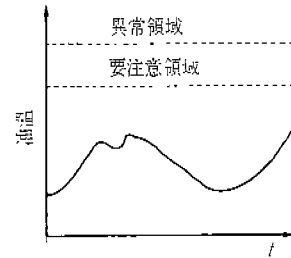


<그림 11> 部分放電監視裝置의 構成

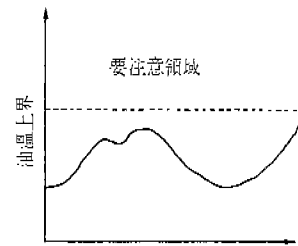
있다. 그림 11에서 部分放電 발생시에 생기는 放電펄스를 高周波 CT 등으로 검출하고, 油中을 통과하여 오는 超音波를 變壓器 탭크壁上에 설치된 複



<그림 12> 音響信號의 檢出波形例

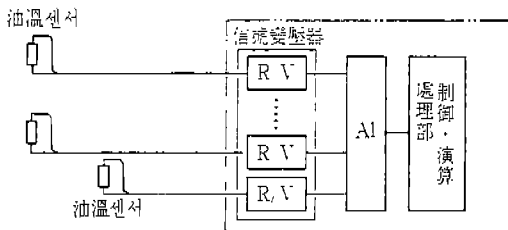


a) 油溫異常判定

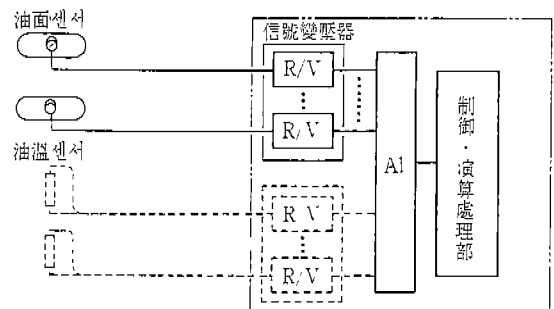


b) 油溫上昇異常判定

<그림 14> 油溫監視裝置의 異常判定



<그림 13> 油溫監視裝置의 構成



<그림 15> 油面監視裝置의 構成

數個의 超音波선서에 의하여 검출하여 그림 12와 같이 放電펄스信號檢出時를 기준으로 한 超音波信號의 지연시간을 측정한다. 이 지연시간에서 放電發生裝置가 變壓器內인지 外部인지를 판별하여 內部에서 발생하였다고 판정하였을 경우에는 複數의 지연시간으로부터 發生位置를 標定한다.

또 電流펄스의 레벨이나 放電頻度を 검출하여 二經時變化를 감시함으로써 異常의 진전 狀況을 진단한다.

(3) 油溫監視

變壓器油溫度 및 周圍溫度를 短時間周期로 측정하여 油溫레벨이라든가 油溫레벨 各相間의 비교, 또는 周圍溫度를 기준으로 한 온도상승치를 판정기준치와 비교판정함으로써 變壓器內部的 異常 또는 液冷却裝置의 異常을 효과적으로 검출한다. 또 종래 사람에 의하여 수시점검하고 있던 것을 自動化, 省力化하는 효과도 있다.

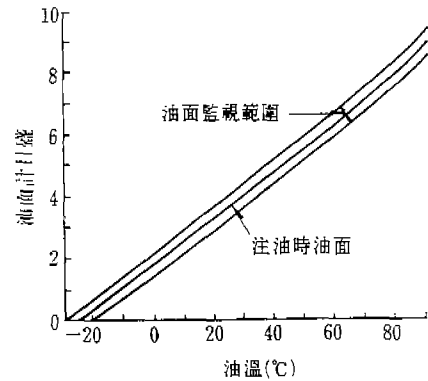
그림 13, 그림 14에 裝置의 구성과 異常判定例를 표시한다.

(4) 油面監視

變壓器油面 및 油溫度를 短時間周期로 측정하여 정상시의 油面-油溫特性으로부터 관리치의 초과유무, 油面레벨의 各相間의 비교 등에 의하여 漏油를 조기에 검출한다. 또 종래 사람에 의하여 수시점검되던 것을 自動化, 省力化한다는 효과도

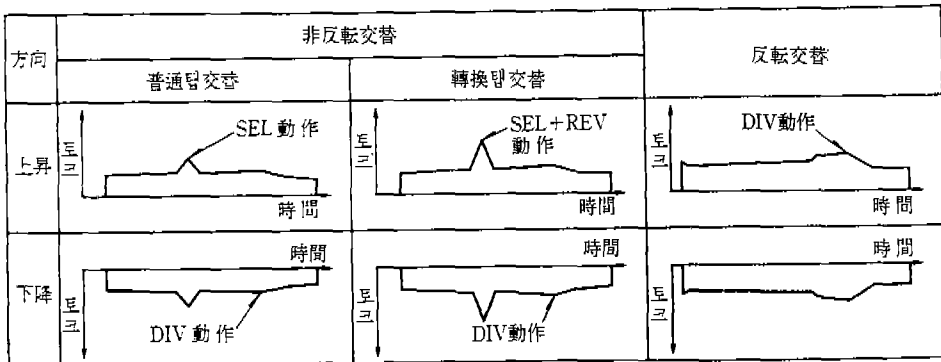
<표 2> 가스絕緣變壓器의 監視項目

項目	內容
負荷狀況	電壓, 電流, 電位置
溫度	周圍溫度, 防音壁內溫度, 가스溫度, 冷媒溫度, 鐵心溫度
가스壓力	各 가스 區分따라 壓力
탭轉換期 動作狀況	驅動모트電流 迴轉給 電
補機運轉狀況	冷却機 運轉臺數 送液機 配受 狀態
가스分析	各 가스 區分따라 自動分析

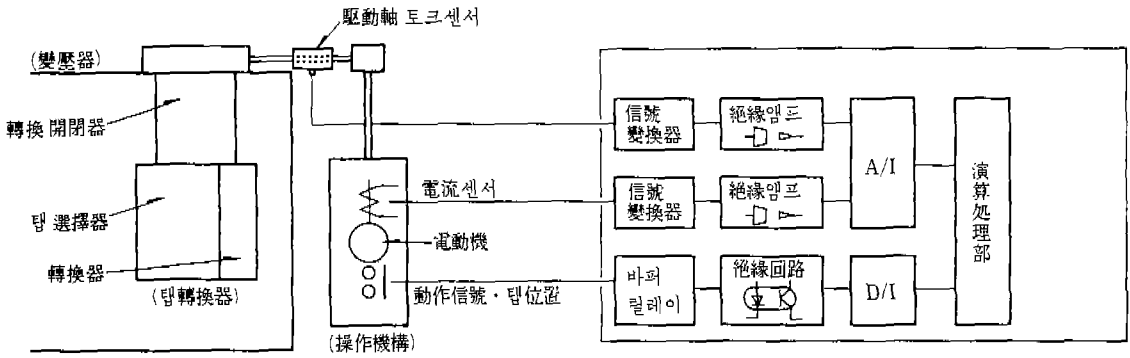


<그림 16> 油面監視裝置의 異常判定

있다. 그림 15, 그림 16에 裝置의 구성과 異常判定例를 표시한다.



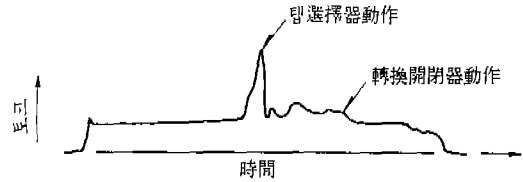
<그림 17> LTC 動作 패턴



<그림 18> LTC 監視裝置의 構成

4.2 가스絶緣變壓器 監視

가스絶緣變壓器의 監視는 현재 實運用데이터를 취득할 목적으로 표 2에 표시하는 項目에 대하여 실시되고 있다. 今후에는 監視의 최적화를 도모하고 監視項目을 축소할 필요가 있다.



<그림 19> 駆動軸 토크 檢出波形例

4.3 負荷時 토프 轉換器(LTC) 監視

LTC는 靜止器인 變壓器에 있어서 主回路의 일부분을 구성하는 유일한 可動機器이며 LTC의 신뢰성이 變壓器의 신뢰성을 좌우한다고 하여도 과언은 아니다. 이 LTC의 신뢰성은 종래에는 運用과 維持補修에 의하여 유지되고 있었다. 近年에 運轉中の LTC를 監視하여 異常을 早期에 檢출하는 監視裝置가 제품화되고 있다.

그림 17과 같이 LTC動作에는 6개의 패턴이 있으며 이 6개의 패턴에 대하여 각각 토크管理値를 설정하여 그림 18과 같은 LTC의 駆動軸에 설치한 토크センサー에 의하여 計測한 軸토크値를 管理値와 비교하여 異常을 진단한다. 최근에는 그림 19의 토크波形例에서 표시하는 것과 같이 토프轉換時에 動作시퀀스의 토크値가 변화하는 것에 주목하여 토크波形에서 이상 유무뿐만 아니라 異常發生部位의 標定을 행하는 診斷機能이 있는 裝置가 제품화되어 있다.

또 종래부터 토프轉換時의 電動機 전류치라든가

동작시간을 檢출하여 操作機構部·傳達機構部の 異常有無를 判定하는 監視方法이 실시되고 있다.

5. 맺음말

여기에 油入·가스絶緣變壓器 및 負荷時토프轉換期에 있어서의 최신 豫測保全技術에 대하여 소개하였다. 이들 技術은 變壓器 保全業務의 省力化와 異常의 조기발견에 더욱더 그 역할이 클 것으로 생각된다.

今후에도 이들 豫測保全技術의 연구개발과 적용화에 노력을 경주하고자 한다.

本稿는 日本 三菱電氣(株)의 諒解下 에 번역한 것으로서 著作權은 上記社에 있고 翻譯責任은 大韓電氣協會에 있습니다.

☞ 다음 호에 계속