

# 變電機器의 豫測保全

## (1)

### 變電設備 豫測保全의 전망

#### 1. 머리말

근년에 이르러 情報化가 더욱 진전되어 高信賴性이면서 良質의 電力供給이 요구되는 한편 電力系統의 대규모화에 수반하여 방대한 수에 이르는 變電設備의 保全業務量이 더욱 더 증대되어 가는 경향이 있어 효율적인 保全對策이 필요하게 되었다. 豫防保全도 異常이나 故障徵候를 측정하여 對策을 강구하는 소위 豫測保全技術의 확립이 필요하게 되었다.

이와 같은 상황에서 變壓器, 開閉器 등의 상태를 常時監視하는 센싱技術, 센서정보를 받아 주위의 環境情報과 종합하여 종합 판단하는 診斷技術, 변전소의 維持·補修·運轉中에 診斷結果를 넣는 시스템化 技術 등이 검토되어 그 적용이 본격화되고 있다. 여기서는 豫防保全의 실태를 살펴 보고 변압기 및 가스絶緣 開閉器의 豫測保全을 지탱하는 診斷技術과 센서技術에 관한 미쯔비시電機의 最新動向을 소개하고 次期變電所에의 적용에 대하여 전망해 보고자 한다.

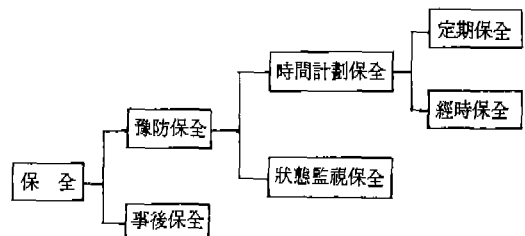
#### 2. 豫防保全의 실태

豫防保全에는 광범위한 의미가 있으며 信賴性

用語(JIS Z8115)에서의 管理上의 분류는 그림 1과 같다.

變電機器의 時間計劃保全은 機器 설치후 設備의 性能維持를 위하여 機器의 재조정, 점검·정비, 구성부품의 교환 등을 정기적으로 행하는 維持補修點檢이 이에 해당된다. 이들의 整備點檢基準은 개발단계에서 실시하는 電氣的·機械的의 壽命試驗이나 耐環境試驗 결과로부터 설정된다. 또한 중요부품에 대해서는 실제로 장기간 사용된 實機에서 샘플링하여 劣化程度를 조사하여 整備點檢基準의 적정화를 도모하고 있다.

미쯔비시電機의 豫防保全 시스템 “MELRAP-S”(Mitsubishi Electric Corporation Reliability and Availability Upgrading Program-



<그림 1> 信賴性 用語에서의 管理上 分類

Substation)는 상기한 定期點檢과 同調作業으로 기설 변전소 기기의 보다 높은 信賴性의 유지·향상을 목적으로 經年劣化對策, 最新設計 適用 등을 주요 골자로 하여 기설품의 信賴性 向上對策, 保守性 向上對策 등에 관한 推獎項目을 제안하고 이것들을 機器의 履歷 등과 함께 電算機를 사용하여 데이터베이스화한 豫防保全 시스템이다. 이 豫防保全 시스템은 각 변전소 납품기기를 機種分類하고 機種에 필요한 豫防保全項目을 정하여 변전소마다 納品 리스트를 기초로 변전소별·납품기기별 豫防保全項目을 出力함을 기본으로 하고 있으며 다음과 같은 특징이 있다.

- (1) 기본적 豫防保全項目이 기계적으로 電算機에서 처리되므로 多數의 변전소 납품기기에 대하여 橫斷的이며 누락없는 豫防保全項目을 謁覽할 수가 있다.
- (2) 기계적으로 謁覽된 豫防保全項目에 대하여 그 機器 고유의 조건을 감안하여 豫防保全項目의 査定과 점검시기 등의 情報를 제공할 수 있다.
- (3) 推獎項目에는 信賴性 向上·性能 向上·經年劣化對策 項目이 포함되어 있으므로 종합적인 변전소 개선자료로 活用할 수 있다.
- (4) 豫防保全 實施履歷을 出力하고 있기 때문에 機器의 經歷表로 利用할 수 있다. 또 필요한 豫防保全項目은 當該年度 뿐만 아니라 時期를 淸부하여 수년 앞까지 기입하고 있기 때문에 장기적인 豫防保全計劃에도 利用할 수가 있다.

이 "MELRAP-S"에 의한 豫防保全은 발족 이래 4년을 경과하였으며 착착 성과를 올리고 있다. 특히 初期 故障期間이 지난 旧形機種에서는 현재까지의 整備實績을 토대로 한 豫防保全은 효과적으로 지속되고 있다. 금후에도 豫測保全이라고도 불리는 狀態監視保全과 함께 수례의 두 바퀴와 같이 活用해 나갈 필요가 있겠다.

### 3. 豫防保全의 最新技術

미쯔비시電機에서의 豫測保全技術에 대한 연구는 1975년대 초에 변압기의 油中가스分析裝置라든지 GIS 内部異常診斷裝置를 개발하였고 1985년에 四國電力(株) 北松山變電所에 各種 센서를 구비한 본격적인 豫測保全 시스템을 納품하였다. 그후 각 電力會社의 지도하에 많은 納品실적을 올릴 수 있었고 현재 10수개소의 변전소에서 가동중에 있으며 豫測保全에 관한 노하우를 축적하고 있다.

아래에 변압기, 개폐기기에 관한 最新의 監視·診斷技術을 絶緣, 通電, 閉閉性能 등으로 분류하여 소개한다.

#### 3.1 絶緣性能 豫測

(1) 油入變壓器에 있어서의 油中가스分析이 劣化診斷에 유효함은 주지하는 바와 같고 運用에 있어서도 電協研 第36卷 第1號에 정리되어 있어 가스成分의 分布패턴分析에 의해, 劣化原因을 接觸不良加熱, 아크放電, 絶緣物劣化 등으로 분류하는 방법도 제안되어 있다. 또 온라인의 自動監視用으로서는 事故의 早期發見과 故障進展의 파악을 목적으로 可燃性 가스의 總量을 測定하는 TCG(Total Combustible Gas) 裝置를 벌써부터 실용화하고 있지만, 최근에는 可燃性 가스의 總量에 더하여 内部放電의 키가스인 아세틸렌( $C_2H_2$ )도 검출가능한 自動監視裝置가 개발되어 劣化豫測能力이 더욱 향상되었다.

그밖에 劣化程度를 추정하기 위하여 내부점검에 의해 絶緣物의 일부를 샘플링하여 重合度測定을 하거나 油中の  $CO$ ,  $CO_2$  가스량으로 絶緣紙의 劣化診斷이 가능하다. 특히 최근에는  $CO$ ,  $CO_2$  이외에 油中 플르탈 등의 프랜類 分析에 의하여 脫氣處理한 經驗이 있는 변압기에 있어서도 壽命診斷을 할 수 있는 방법을 연구중에 있으며 유망

시되고 있다. 또한 油中部分放電試驗이 有力한 內部異常診斷試驗으로 慣用적으로 行하여지고 있으나 온라인의 自動監視用으로서도 전기신호 및 음향신호의 異種 센서 사이의 同期를 취한 검출방식의 部分放電監視裝置를 사용하고 있다.

(2) 가스絶緣變壓器에 있어서도 內部異常時에 발생하는 分解가스의 分析이 유효하며 油入變壓器와 같이 가스成分의 分布패턴分析에 의하여 劣化原因을 지정하는 방법의 연구가 進行되고 있다. 가스絶緣變壓器의 경우에는 SF<sub>6</sub> 가스, 冷却媒體의 六플루오로카본(C<sub>6</sub>F<sub>16</sub>O), 絶緣用 PET(폴리에틸렌 테레프탈레이트), PPS(폴리페닐렌설파이드) 필름 등의 사용에 의하여 油入變壓器와는 다른 가스 成分의 分布가 되지만 過熱, 部分放電, 아크放電 등을 식별할 수 있는 가능성이 보인다.

(3) GIS인 경우에는 內部에 部分放電이 생기면 活性의 酸性分解가스가 발생하기 때문에 이 分解가스에 의한 呈色反應試藥(色變化)을 응용한 檢出裝置(가스체키)가 있으며 오프라인이긴 하지만 內部異常의 확인용으로 많이 사용되고 있다.

또 내부에서 발생되고 있는 部分放電을 직접 檢出하는 방식으로는 다음의 두 종류가 있으며 自動監視裝置 또는 포터블形으로 사용되고 있다.

(a) 電壓差動形: 部分放電 필스가 進行波로 전파되어 탱크의 접속부에서 발생하는 電位差를 검출하는 것으로 광범위에 이르는 검출이 가능하다.

(b) 加速度形: 部分放電에 의한 振動을 탱크壁에 설치한 스트레인 게이지方式의 加速度 센서로 검출하는 것으로서 국부적인 검출이 가능하다.

또한 加速度形 部分放電 檢出裝置의 出力 데이터를 습득한 뉴럴 네트워크에 入力시킴으로써 異常과 正常의 判別이 가능하며 또한 異物이 高壓導體에 부착되어 있는지, 탱크 內壁에 부착되어 있는지, 接觸不良에 의한 部分放電인지 등의 식별

가능성을 연구하고 있다.

### 3·2 通電性能 豫測

(1) 변압기에서 接觸不良에 의한 過熱이나 部分放電이 발생하였을 경우에는 3·1項에 기재한 것과 같이 가스成分의 分布패턴分析에 의하여 豫測이 가능하다. 물론 오프라인이면 捲線抵抗, 接觸抵抗의 測定에 의한 검출도 가능하게 된다.

(2) GIS에 있어서도 이와 같이 接觸不良에 의한 部分放電의 발생은 3·1項의 檢出裝置로 豫測이 가능하다. 또 접촉불량·접속불량으로 기인하는 主回路抵抗이 증대하는 경우에는 탱크 外面의 局部溫度上昇을 熱電對 센서 또는 赤外線 카메라로 검출하는 것도 가능하며 오프라인이면 主回路抵抗의 측정도 효과적이다.

### 3·3 開閉性能 豫測

(1) 負荷時 탭 轉換器에 대하여 온라인으로 驅動軸 토크와 電動機電流 및 驅動時間을 검출하여 그 出力 패턴을 분석함으로써 轉換開閉器, 탭 選擇器, 操作機構 등의 部位마다의 異常을 식별하는 방법이 구축되어 있다.

(2) GCB의 開閉性能 自動監視裝置로서는 다음의 두 종류가 있으며 실용화되어 있다.

(a) 動作時間 檢出形: 制御回路에 설치한 電流 센서로 트립코일·투입코일의 通電電流繼續時間을 계측하여 제어회로 및 조작장치의 電磁瓣브 계통 異常을 검출한다. 기설의 GCB에도 쉽게 설치할 수가 있다.

(b) 스트로크 檢出形: 上記의 通電電流時間 외에 光센서로 操作裝置 可動部의 移動量에 대한 순간적 변화도 계측하여 操作裝置 全體의 異常, 開極·閉極 不完全을 검출한다. 기설의 GCB에 설치하기 위해서는 개조할

필요가 있다.

또 이들 監視裝置에 의한 식별한계를 확인하기 위하여 超高壓實機 GCB에 의한 電磁石鞭브棒 固着, 絶緣노즐 脫落, 로트의 連結핀 脫落, 그리스의 塗布않음, 接觸部面의 거칠음 등의 異常模擬試驗을 실시함과 동시에 主回路抵抗測定 등에 의한 견출 가능성에 대하여도 검토하고 있다. 물론 오프라인이면 일련의 開閉試驗에 의하여 性能診斷이 가능하다.

#### 4. 次期變電所에의 전망

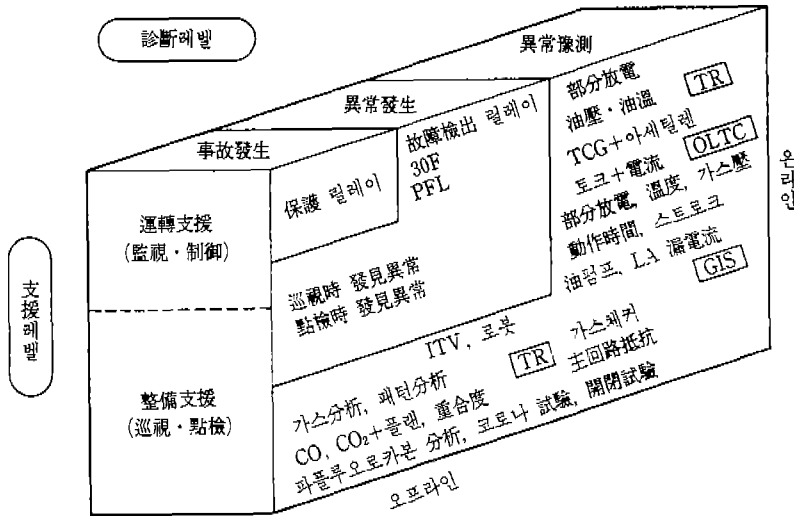
현상의 豫防保全도, 새로이 시작되고 있는 豫測保全도, 그것을 지탱하는 技術은 사회의 요청에 응하여 진보하고 있음을 알 수 있다. 情報化가 더욱 진전되어 安定化된 장래의 사회에서는 信賴性이 높은 良質의 電力供給이 요구된다. 한편 다중 다양하여 블랙박스化되어 가며 더욱 증가하는 電力設備와, 숙련자가 점점 줄어드는 維持補修要員數의 관계로는 無整備無點檢化를 지향한 機器의

납품과 함께 維持補修·點檢의 省力化가 더욱 더 요망될 것이다.

이들 요구에 대응할 수 있는 次期變電所의 運轉·整備는 어떠한 하능을 검토하기 위하여 우선 현상레벨의 개념을 종합한 것이 그림 2이다. 省力化의 대상은 巡視와 點檢과 運轉이지만 그것들이 각기 省力化되면서 機能向上이 이루어지기 위하여 保全技術이 가야할 방향을 살펴보기로 한다.

巡視는 維持補修의 기본이며 障害發見의 거의 전부를 五感에 의한 巡視에 의지하고 있는 것이 現狀이나 이를 省人化하기 위해서는 어떤 技術과 設備가 필요하게 될 것인가.

視覺에 의한 미터읽기는 油面·가스壓·油壓 등이지만 이것들은 온라인 센서로 바꿈으로써 쉽게 트렌드를 얻을 수 있어서 오히려 異常의 輕微한 단계에서 個人差나 빠트림이 없는 확실한 검출이 가능하게 된다. 그러나 미터 그 자체는 組立하고 설치하는데 필요한 것이 많아지고 줄어드는 것은 없을 것이다. ITV 카메라나 局部過熱檢知



<그림 2> 變電所의 設備診斷, 業務支援概念

用 赤外線 카메라, 코로나放電 檢知用 超音波 마이크 등을 탑재한 巡視로봇이라든가 固定로봇이 태풍시에도 監視를 계속한다면 오히려 機能이 향상된 巡視가 가능하게 된다. 그러나 sensing技術의 高度化를 확실하게 하기 위해서는 小型으로서 電源이 불필요하며 노이즈·서지에 강한 光센서化의 추진이나 보다 精度가 좋은 診斷裝置의 개발 등이 필요하다.

點檢業務는 整備나 檢査, 測定, 試驗에 의한 診斷외에 機器를 분해하여 部品の 교체나 보수를 하지 않으면 안된다. 우선 문을 열고 내부를 점검한다. 빗물의 侵入 등은 濕度, 溫度의 센싱으로 대응할 수 있으나 벌레 등의 侵入에 대한 체크나 냄새, 소리 등은 곤란할 것이다. 部品交替, 分解組立에서의 省人化도 어렵다. 그러나 分解組立 作業後의 健全性 確認에 대하여는 어떻게, 원래대로 再組立이 되었는지, 運轉에 들어가도 좋은지, 사람의 손을 피할 수 없는 部品만큼 세심한 체크가 필요하다. 포터블形 確認裝置나 點檢 가이던스가 있으면 信賴度가 고양되어 省力化가 가능하지 않을까. 금후에 연구하여야 할 부분이다.

點檢時期도 定期保全에서 탈피하지 않으면 안되지만, 센싱에 의한 대응이 가능하면 각기의 設備가 놓인 환경이나 사용상태에 맞춘 個別管理가 가능하게 되어 效率向上으로 이어질 수가 있다. 변압기는 運轉中의 내부온도와 시간의 積算을 목적으로 가스分析 등에 의한 잔여 壽命診斷을 행하면서 劣化狀況에 맞춘 點檢時期에 여유를 두어 설정할 수 있게 된다.

GIS의 絶緣, 通電異常은 高感度の SF<sub>6</sub> 分解가스센서의 개발에 의하여 확실한 점검이 가능하게 되므로 内部點檢을 하지 않더라도 안심하고 運轉을 계속할 수가 있을 것이다.

負荷時 탭 轉換器나 遮斷器, 斷路器 등의 開閉機器類는 開閉電流와 回數의 積算에 의하여 콘택트의 마모를 예측하면서 點檢時期를 설정할 수

있다. 비록 漏油, 가스漏出 등의 障害가 발생하더라도 새는 물을 파악하면서 당면한 運轉繼續可否를 判斷할 수 있으며 未經験의 트러블이 일어나는 경우에도 경미한 障害의 단계에서 點檢의 필요성이 告知될 것이다.

運轉業務의 省力化·效率化에는 事故發生時의 事故點標定이 효과적이다. 특히 事故點 파악에 장시간을 요하는 GIS에서는 중요하며 센서의 보다 小型, 高性能化가 요망된다. 豫測保全情報를 검색하고 事故原因을 推測하여 事故 가이던스를 포함한 運轉支援 시스템에 의하여 효율적인 復舊操作도 가능하겠지만 諸情報를 종합하면 自動轉換도 가능하지 않을까.

豫測保全 시스템이 컴퓨터 시스템이 되어 巡視支援 시스템, 維持補修支援 시스템, 運轉支援 시스템의 명확한 CPU 分割이 運轉·維持補修의 一元化에 혼란을 가져오게 된다면, 이것들은 一體化되어 監視制御 시스템이 高機能化되고, 設備 自身이 豫測保全機能을 가진 機器로 될 것으로 생각할 수도 있다. 앞으로의 연구성과가 기대된다.

## 5. 맺음말

變壓器와 開閉機器를 들어 變電設備의 豫測保全에 관해 그 동향을 기술하였다. 이들 技術은 需用家の 니즈에 응하기 위하여 즉, 높은 信賴性, 우수한 性能, 經濟性을 목표로 계속 개발되고 있다. 금후에도 이를 위해 光·電子·情報處理 등 새로운 技術을 도입하면서 보다 향상을 위해 노력을 경주하고자 한다.

本稿는 日本 三菱電機(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