

## DSP를 이용한 주상변압기 $\tan \delta$ 측정기법 연구

이 보 호, 김 재 철, 윤 용 한, 임 성 정, 김 언 석, 이 수 길  
송실대학교 공과대학 전기공학과

### Research of $\tan \delta$ Measurement on Pole Transformer Using DSP

Bo-Hoo Lee, Jae-Chul Kim, Yong-Han Yoon, Sung-Jung Rim, Oun-Seok Kim, Su-Kil Lee  
Dept. of Elec. Eng., Soong Sil Univ.

#### Abstract

This study describes the dissipation factor measuring techniques of insulating oil on the operating transformer by using digital signal processing. After applying voltage to the sensor which is installed in a transformer, acquiring source voltage and current of sensor and using cross-correlation techniques, we can check the dissipation factor of insulating oil. To improve measuring accuracy and the speed of process, we use hardware such as TMS320C31 DSP board and analog filter and software such as fast cross-correlation techniques, rectangular window, and digital filtering techniques.

We simulated the measuring accuracy and the degree of the noise effect of this new measuring techniques by computer simulation, and compared the simplified measuring devices with Schering Bridge on degraded insulating oil. The result showed that this measuring technique can be used as diagnostic method on the pole transformers.

효과적으로 줄일 수 있는 방법은 간이 측정장치에 의한 절연유 유전정점 측정법임을 알 수 있었다.

절연유 유전정점은 습리지, 불순물 농도, 수분 등에 영향을 받으며 이러한 요소들은 온도, 전압, 주파수의 함수이므로 전압 인가장치로서 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)를 사용하여 전압 및 주파수를 가변 하면서 유전정점을 측정하면 절연유 열화 상태를 판정 할 수 있음을 입증하였다.

유전정점을 간접적으로 측정 할 수 있는 신호처리 기법으로는 FFT에 의한 주파수 스펙트럼 방법 및 Cross Correlation 기법, 전압,전류,전력 기법 등이 있다. MATLAB에 의하여 시뮬레이션 한 결과 위 방법 모두 유전정점을 측정하는데 사용 할 수 있으며, 정밀도를 높이기 위해서는 3가지 방법을 적절히 사용하면 된다. 본 연구에서 주상 변압기 절연유 유전정점 측정용 간이 측정장치를 구성하여 정밀 측정 계측기와 비교분석 한다.

본 연구의 범위는 다음과 같다.

- 변압기 진단 기법 연구
- 유전정점과 절연유 열화의 상관관계 연구
- 신호처리기법을 이용한 알고리즘 개발
- 간이 측정 장치 개발
- Data Base 프로그램 개발

## 1. 서 론

### 1. 1 연구내용 및 범위

변압기 절연유 유전정점은 절연상태를 대표하는 수치이며, 주상변압기에 대한 열화상태 평가 기법의 일종인 FMEA(Failure Mode and Effect Analysis : 고장모드와 영향해석) 기법을 연구한 결과 절연유의 열화상태를 활선상태에서 측정 할 수 있으면 위험우선도를 크게 낮출 수 있다. 위의 두 내용을 조합한 결과 전국적으로 분포되어 있고 가격이 싼 주상변압기의 절연파괴 사고를 경제적이고

## 2. 본 론

### 2. 1 연구목적 및 중요성

최근 들어 냉방부하 및 컴퓨터 등 전기이용 정보처리 시설과 편의시설 증가로 인하여 전기 사용량이 증대되고 있으며, 이러한 현상은 부하집중 지역 확대 및 부하의 편중현상 심화지역 확대로 나타나고 있다. 이로 인하여 계통 말단에 위치한 주상 변압기가 담당하는 부하량은 불규칙하게 증대되고, 변압기에는 과열현상과 외부환경에 의한 열화 등에 의하여 잦은 절연파괴 사고는 물론

주상변압기가 주거지역 근처에 설치되어 있으므로 폭발시 인명피해의 우려마저 존재하고 있다. 현재 선진 외국에서 활선진단을 위한 진단시험으로는 초음파에 의한 부분방전 진단 기술 및 유전점접을 이용한 진단연구를 이미 상당한 기간 동안 수행하였고, 이미 일부 실용화되어 사용되고 있거나 시사용중인 것도 많으며, 지금은 실용화를 위한 연구에 몰두하고 있다. 그러나 외국에서 사용되는 배전용 주상변압기는 사용 계통조건 및 접지체계 등에서 국내 실정과 차이가 많아 비록 외국에서 적용이 가능한 활선진단 방법이라도 이를 국내에 바로 적용하기는 어려운 실정이다. 국내에서도 154[kV] 및 345[kV]급 변전소용 변압기에 대하여는 PD 측정법, 가스 분석법, 진동 측정법 등에 의한 예방진단 관련 프로젝트를 활발히 추진중이고 실용화 단계에 접어들었으나, 진단 시스템의 설치 비용이 커 대응량 및 고가의 중요설비에는 경제성이 있지만, 현재 설치대수가 80여만 대에 이르고 지역적으로 넓게 분포된 주상변압기에는 현실적, 경제적으로 적용하기 곤란하다. 예를 들어 50만원대의 주상변압기에 몇백만원대의 온-라인 진단 시스템을 설치 할 수는 없는 것이다. 한편 현재의 주상변압기 관리는 사후 조치만 하고 있는 실정이고, 일정 주기마다 시행하는 간이수리(8년마다 실시)와 중수리(13년 시점에서 실시)에 의하여 변압기 상태를 확인하여 사용하고 있는 실정이다. 이와 같은 관리를 하기 위해서 변압기를 전주에서 철거하여 실시하고 있어 이때 일정기간동안 정전상태를 가져올 뿐만 아니라 필요 없는 철거 및 설치로 관리비용이 증대할 것이다. 그러므로 현재의 변압기 관리방안인 시간기준법(TBM: Time Based Method)으로서는 신뢰성 있는 전력공급이 불가능하므로 상태기준법(CBM: Condition Based Method)을 이용한 진단 관리방안이 필요하다. 상태기준법(CBM)에 의한 유지관리를 위해서는 주상변압기에 대하여 활선 상태에서 변압기의 절연상태를 현장에서 손쉽게 측정 할 수 있어야 하며, 또한 측정시의 데이터 및 모든 주위조건을 저장 하려면 기존의 Double Bridge등의 기계적인 측정기기로는 어렵다. 그러므로 주상변압기 활선진단 기법을 개발하고 디지털화된 간편한 휴대용 유전점접 측정장치를 이용하여 활선상태에서 변압기 절연유 열화현상을 측정하는 기법을 개발 할 필요가 있다. 본 연구에서는 주상 변압기의 절연 열화를 센서로 측정하여 변압기의 절연유 경향을 분석함으로써 사전에 사고를 예방하는 것을 목적으로 하고 있다.

### 3. 결 론

#### 3. 1 연구 결과

본 연구에서 구성한 간이 측정장치를 기존 정밀 유전점

접 측정 장치와 비교 실험으로 제안한 측정 방법의 타당성을 검증하였다. 분석 기법은 콘덴서에 절연유를 채우고 콘덴서에 전압을 인가한 다음 제안한 cross-correlation 기법을 사용하여 두 파형의 위상차를 측정 하여 유전점접을 구하였다. 정밀 유전점접 측정 장치와 비슷한 결과를 얻기 위해서는 여러번의 데이터를 취득하여 온도 보정 계수를 적용하면 충분히 정밀치와 비슷한 유전점접치를 얻을 수 있다. 활선 상태에서 진단하기 위해서는 변압기 내부에 삽입되는 센서가 수명이 적어도 20년까지 견딜수가 있어야 하고 측정 시간을 단축시켜야 한다. 측정 시간을 단축하기 위해 DSP를 이용하여 고속 연산 하였다. 현장에서는 변압기 유전점접이 시간에 따른 경향이 중요한데 본 연구의 실험결과는 정밀 측정치와 그 경향이 아주 비슷 하였다. 본 연구의 결과를 이용하여 실제 주상 변압기에 센서를 부착하여 간이 실험 장치 결과와 정밀 유전점접 측정 장치 결과를 비교 분석한 후 미진한 부분에 대해 보완 작업을 하면 실제 주상 변압기에 적용 할 수 있을 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김재철 외, "전력기기 예방진단 기술연구", 한국 전력 기술 연구원, 1989년 12월.
- [2] 발전기 및 변압기 절연 진단 시험교육교재, 한국전기연구소, 1991년.
- [3] 김광화 외, "변압기 절연유 노화센서 진단용 계측기 개발연구", 1993
- [4] 田井昇외 2인, "유입 변압기의 열화진단 기술", 일본전기 학회 논문, DEI-91-12, 1991
- [5] IEEE STD 62-1995
- [6] Chai-Euk Lee, "Digital Signal Processing - basic theory and application" Chungmunkak.
- [7] IEEE STD C57.12.90
- [8] "TMS320C3x User's Guide", Texas Instruments
- [9] "MATLAB APPLICATION TOOLBOX - SIGNAL PROCESSING", MATHWORK INC