

무선 데이터 통신을 이용한 주상 및 지상 변압기 진단 장치 개발

(Development of Diagnosis Device for Pole and Pad Transformer using Wireless Data Communication)

윤용한* · 민경래** · 최도혁*** · 김재철****

(Yong-Han Yoon · Kyeoung-Rae Min · Do-Hyuk Choi · Jae-Chul Kim)

요 약

본 논문에서는 간이 열화 측정 탐촉자를 갖고 무선 데이터 통신의 이용으로 배전용 변압기(주상/지상)를 감시 진단할 수 있는 장치를 개발하였다. 개발한 장치는 크게 간이 열화 측정 탐촉자, 유위 측정 장치, 열화 측정 장치 및 송·수신부(무선 자료 수집 장치, 원격 제어 장치)로 구성되어 있다. 제안한 장치의 효용성 및 적용성을 검증하기 위해서 기존의 정밀급 계측 장치와의 비교·분석 실험을 수행하였으며, 그 상관 관계를 검토한 결과, 상대적인 선형 관계가 있음을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 감시 및 진단 장치를 주상/지상 변압기에 설치하면 간편하면서도 경제적으로 수많은 배전용 변압기의 신뢰성 있는 감시 진단이 가능하리라 기대된다.

Abstract

This paper has developed the system that can monitor the distribution transformers(pole and pad) using simplified deterioration detecting sensor in oil and wireless data communication. This system is made up by deterioration detecting sensor, oil level measuring system, deterioration measuring system and communication unit. To prove the usefulness of the system, the paper compared and analyzed the system with the existed system, and after studying the correlation of the both, the result proved goodness of the new system. The proposed monitoring system, when it is used on the pole and pad transformer, would make the reliable diagnoses possible with less rate.

1. 서 론

주상 및 지상 변압기를 포함하는 배전용 변압기는 과부하 등의 영향으로 소손 및 폭발 사고의 우려가 있으므로 상시 감시가 필요하다[1-4]. 그러나 상시 감시에 앞서 다수의 변압기를 대상으로 하기 때문에 점점 및 수리하는데 어려움이 있다[5-6]. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 주상 및 지

상 변압기의 사고를 미연에 방지할 수 있고, 무선 데이터 통신의 이용으로 쉽게 관리할 수 있는 상시 감시 및 진단 장치를 개발하였다.

배전용 변압기의 내부에는 감시 및 진단용으로 간이 열화 측정 탐촉자가 삽입되고, 분석 회로부(아날로그 및 디지털 제어부) 및 송·수신부(통신용 모듈) 등이 상부에 탑재된다. 탐촉자 상단에 탑재된 아날로그 제어부는 진단용 위상 검출(유전정접 측정) 제어와 감시용 교류 브리지(커패시턴스 측정) 제어의 역할을 수행한다. 간이 열화 측정 탐촉자의 상부는 감시용 교류 브리지 회로[7]와 연결되어 있어 배전용 변압기의 절연 유위 변화에 대한 신호를 측정하는데

*정회원 : (주)테크빌 개발부 차장 · 공학박사
**정회원 : (주)테크빌 개발부 과장 · 공학석사
***정회원 : 한국전실기술연구원 연구원 · 공학박사
****정회원 : 숭실대학교 전기공학과 교수 · 공학박사
접수일자 : 2000년 11월 3일

사용된다. 탐촉자의 하부에서는 진단용 위상 검출 회로[7]의 제어에 따라 유전정점을 측정하여 절연유의 열화 상태를 진단하게 되고, 변압기 내부에 수분이나 슬러지가 발생한 경우 유전정점 측정값이 현저히 변화하므로 단락 및 슬러지 상태를 평가[6]하는데 사용할 수 있다 즉, 간이 열화 측정 탐촉자의 상단에 감시 및 진단 장치를 탑재한 형태로 변압기 내부로 들어간 탐촉자의 구조는 상부와 하부로 나누어져 있으며, 이때 측정된 변압기 절연유의 온도, 유위 및 유전정점은 무선 데이터 통신[8]의 이용으로 감시국에 전달되어 원격지에서 주상 및 지상 변압기를 진단할 수 있는 구조로 되어 있다.

2. 상시 감시 및 진단 장치의 구성

감시 진단 장치의 아날로그 제어부는 열화 측정 장치와 유위 측정 장치 및 디지털 제어부와의 연결을 위한 회로로 구성되어 있다 열화 측정을 위한 위상 검출 장치는 탐촉자의 하부에서 측정된 신호를 유전정점 값으로 환산, 처리하여 배전용 변압기의 진단 정보를 제공한다. 유위 측정을 위한 교류 브리지 회로[7]는 탐촉자의 상부에서 측정된 신호를 커패시턴스로 환산, 처리하여 배전용 변압기의 절연유 유위 정보를 제공한다. 아날로그 제어부로부터 측정된 감시 정보와 진단 정보는 연결 회로와 유선 케이블을 통하여 디지털 제어부로 전송된다.

디지털 제어부는 아날로그 회로에서 소비되는 전력을 공급하여 주고, 감시 및 진단 대상인 배전용 변압기의 정보를 유선 케이블을 통하여 전송 받는다 전송된 신호는 디지털 제어부에서 A/D 변환 및 내부 계수기에 의해 유전정점 및 커패시턴스로 계산되어 내부의 기억 장치에 일정 기간 해당되는 배전용 변압기의 상태를 기록한다. 저장된 자료는 감시 및 진단의 대상이 되는 배전용 변압기의 환경에 따라 무선 통신 방식을 이용하여 배전용 변압기의 관리 번호와 함께 진단 정보와 감시 정보를 관리자에게 전송하여 준다.

원격 제어부는 무선 통신 방식을 이용하여 배전용 변압기의 정보를 취득하는 장비로서, 현장에서 직접 배전용 변압기의 상태를 판별할 수 있는 기능과 감시국에 유선 통신을 이용하여 배전용 변압기의 감시 및 진단 정보를 전송하여 준다 본 논문에서 구현한

주상 및 지상 변압기의 감시 및 진단 장치의 블록도는 그림 1과 같다

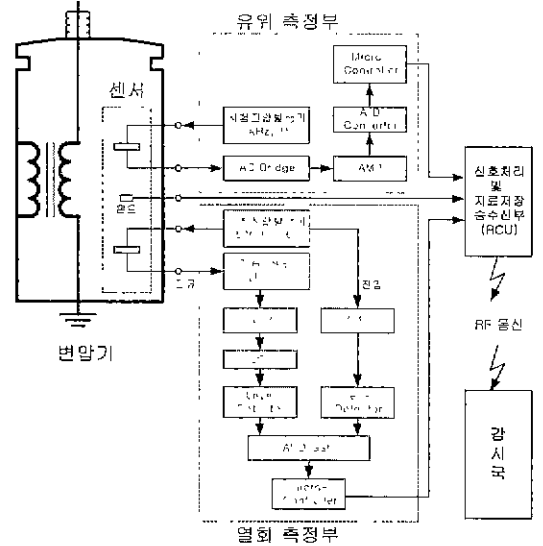


그림 1 상시 감시 및 진단 장치의 블록도
Fig. 1 Block diagram of the on-line monitoring and diagnostic system

아날로그 제어부는 배전용 변압기에 삽입될 간이 열화 측정 탐촉자 위에 탑재하였다. 열화 측정 장치와 유위 측정 장치를 독립적으로 구성하였으며, 변압기의 상태 정보 전송을 위한 통신 방식으로 무선 자료 통신[8]을 이용하였다. 열화 측정 장치와 유위 측정 장치에서의 측정 결과값은 자료 수집 장치를 이용하여 저장하고, 원격 무선 장치[8]의 이용으로 전송하였다. 자료 수집 장치는 동시에 열화 측정 장치와 유위 측정 장치로부터 자료를 수신 받아, 원격 무선 장치로부터 요청 신호 수신시 원격 무선 장치로 배전용 변압기의 정보를 전송하게 된다. 원격 무선 장치는 전송 받은 자료를 표시창으로 현재의 배전용 변압기 상태를 표시하여 준다. 즉, 열화 측정 장치에 의한 절연유의 열화 정도를 나타내는 유전정점값, 유위 측정 장치에 의한 배전용 변압기 절연유의 유위 변화를 나타내는 커패시턴스값 및 절연유의 온도를 표시하여 준다. 원격 무선 장치는 RS-232C 통신 방식에 의해 감시국으로 수집된 배전용 변압기의 감시 및 진단 정보를 전송한다. 감시국에서는 각 배전용 변압기의 이력 및 관리 정보에 맞추어서 배전용 변압기의 상태를 감시하게 된다.

2.1 간이 열화 측정 탐촉자

본 논문에서는 배전용 변압기의 상시 감시 및 진단을 위해 2단 구조의 동심 원통형 간이 열화 측정 탐촉자를 개발하였다. 탐촉자의 상층은 아날로그 제어부를 탑재할 수 있고, 탐촉자 몸체는 열화 측정 장치에 의한 유전점 측정 부분과 유위 측정 장치에 의한 커패시턴스 측정 부분으로 구성되어 있다.

열화 측정 장치에 이용되는 탐촉자의 위치는 배전용 변압기의 특성상 열화의 진행 및 슬러지의 감지가 용이하도록 하부에 부착하였다. 절연유 열화의 진행은 권선 저항측의 부하 전류에 의해 발생하는 열에 의한 영향이 지배적이고, 대부분의 침전물이 배전용 변압기 하부에 침전되기 때문이다. 유위 측정 장치를 이용한 커패시턴스 측정은 배전용 변압기의 누유, 증발 등의 상태를 파악하기 위하여 탐촉자의 상부에 구성하였다. 상부의 신호 감지부의 길이는 100 [mm]이고, 하부의 신호 감지부의 길이는 300 [mm]이다. 탐촉자 감지부의 길이는 측정 대상이 되는 변압기의 형태 및 설치 환경에 따라서 가변할 수 있다. 또한, 간이 열화 측정 탐촉자 내부의 원심에는 온도 탐촉자(PT100Ω)가 삽입되어 있어 배전용 변압기의 부하에 따른 유중 온도의 변화를 감지할 수 있다. 절연유의 온도 변화는 배전용 변압기의 수명과 밀접한 관계가 있으며, 결국 부하의 상태에 따라 직접적인 영향을 받는다. 본 논문에서 제안한 간이 열화 측정 탐촉자는 상부와 하부의 신호 분리 및 내부의 원심과 외부 원심의 이격 거리를 유지하기 위하여 절연 능력 및 온도 특성이 양호한 절연물(테프론)을 사용하였다.

2.2 유위 측정 장치

커패시턴스 측정을 위한 유위 측정 회로에 인가되는 전압은 신호 발생 전용 소자인 MAX038 IC를 사용하여 1[kHz]의 주파수를 갖는 정현파를 사용하였다. 유위 측정 회로로부터 탐촉자 내부의 커패시턴스를 측정하기 위하여 높은 임피던스의 입력단을 갖는 증폭 회로[7]를 사용하였다. 본 논문에서는 차동 입력과 높은 안정성을 갖고 있는 산업용 증폭 소자인 AD524를 사용하였다. 증폭된 신호는 1[kHz]의 주파수를 갖고 있는 교류 신호이므로, 이에 상응하는 직류 신호로 변환하기 위하여 RMS-DC 컨버터를 사용하여 측정 신호에 해당하는 직류값으로 변환하였다.

직류로 변환된 측정 신호는 유위 측정 장치 내부의 A/D 컨버터 입력단에 연결된다. 유위 측정 장치에서 아날로그 제어부 내부의 블럭도는 그림 2와 같다. 정현파 발생기에 의해 교류 브리지를 통과하는 신호는 증폭을 거쳐 직류값으로 출력된다. 결국 유위 측정 장치의 아날로그 제어부는 측정 대상이 되는 배전용 변압기 내부의 유량 높이에 따른 커패시턴스 값의 변화를 직류 전압으로 출력한다.

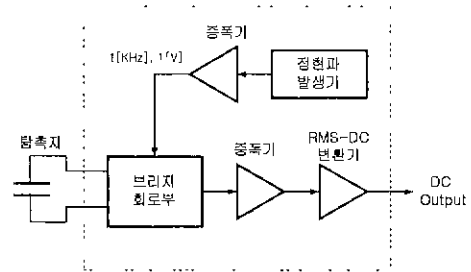


그림 2. 유위 측정 장치 아날로그 제어부의 블럭도
Fig. 2. Block diagram of the analog control unit in the oil level measuring system

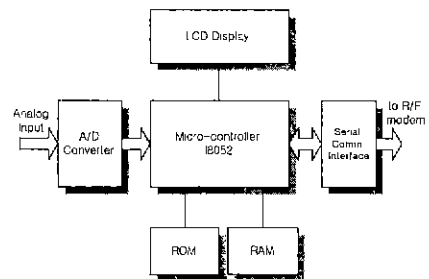


그림 3. 유위 측정 장치 디지털 제어부의 블럭도
Fig. 3. Block diagram of the digital control unit in the oil level measuring system

그림 3은 유위 측정 장치 디지털 제어부의 블럭도이다. 아날로그 제어부에서 입력된 직류 측정 신호를 A/D 변환하기 위하여 A/D 변환 소자인 ICL7109를 사용하였다. 변환된 디지털 신호는 8 비트 버스에 연결되어서 인텔 89C52 프로세서에 2 바이트로 전송된다. A/D 변환기를 제어하기 위한 신호로서 변환의 끝점을 나타내는 상태 신호를 감시하여 최상위 비트와 최하위 비트의 자료를 가져오며, 이때 프로세서에서 읽은 자료 신호를 동시에 인가한다. 변환된 신호는 프로세서 내부의 소프트웨어에 의해 커패시턴스

무선 데이터 통신을 이용한 주상 및 지상 변압기 진단 장치 개발

값을 계산한 후, 표시창으로 출력한다 또한, PC와의 공유를 위하여 RS-232C 통신 방식을 채택하였다.

2.3 열화 측정 장치

본 논문에서 개발한 열화 측정 장치의 유전정접 측정은 간이 열화 측정 탐촉자에 인가된 전압에 대한 출력 신호인 전류 신호의 위상차를 이용하였다. 미소 신호인 전류 신호는 전류-전압 변환기에 의해 전압 신호로 변환되며, 잡음 제거를 위하여 대역 통과 필터를 설계하였다. 전압 신호와 전류 신호의 정확한 위상 측정을 위해 비교기에 의한 펄스 신호를 발생하였다. 즉, 전압, 전류 신호의 위상 차이를 펄스 신호로 출력하여 펄스 폭으로 계산한다. 열화 측정 장치의 디지털 제어부는 펄스 신호의 폭 계산을 위하여 Atmel사의 ATmega103 프로세서의 내부 계수기를 이용하였다.

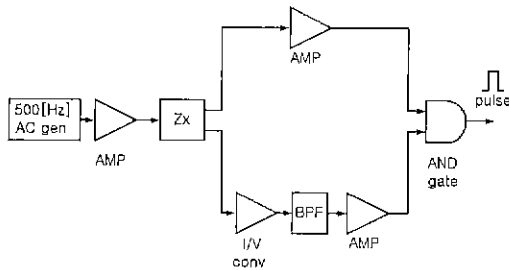


그림 4. 열화 측정 장치 아날로그 제어부의 블럭도
Fig. 4. Block diagram of the analog control unit in deterioration measuring system

그림 4는 유전정접 측정을 위한 열화 측정 장치의 아날로그 제어부를 나타낸 것으로 10[V], 500[Hz]의 입력 전압을 간이 열화 측정 탐촉자에 인가하고, 이때 출력되는 전류 신호와 전압 신호의 위상차를 측정하기 위한 회로이다. 측정된 전류 신호는 전류-전압 변환기를 이용한 후, 대역 통과 필터를 통과시켜 입력 전압인 500[Hz]의 성분만을 추출하여 증폭한다. 증폭한 전류 신호는 전압 신호와 비교하여 펄스 신호로 출력한다.

2.4 송·수신부

2.4.1 무선 자료 수집 장치

본 논문에서 개발한 무선 자료 수집 장치는 감시 및 진단 장치로부터 변압기의 유휴, 절연유 온도 및

유신경접을 RS-232C 직렬 통신 방식을 이용하여 2개의 통신 단자로 전송 받아 저장하는 기능을 담당한다 또한, 수집된 자료는 비휘발성 기억 장치에 저장하여 전원이 차단되어도 저장된 내용이 보존되도록 하였으며, 외부의 원격 제어 장치로부터의 전송 요구가 있을 때 무선으로 저장된 자료를 전송한다. 그림 5는 무선 자료 수집 장치의 블럭도를 나타낸 것이다.

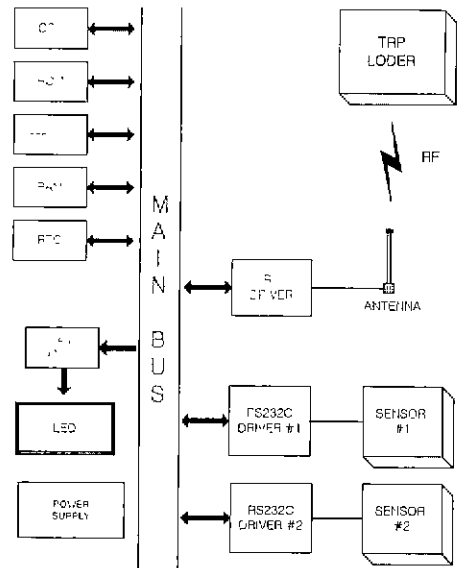


그림 5 무선 자료 수집 장치의 블럭도
Fig. 5. Block diagram of the wireless data acquisition system

표 1. 무선 자료 수집 장치의 명세
Table 1. Specifications of the wireless data acquisition system

구 분	명 세
통신 속도	입력 · 9,600[BPS], 출력 · 19,200[BPS]
자료 구조	1 start bit, 1 stop bit, 8 data bit, non-parity
통신 방식	RS-232C 전이중 방식
통신 주파수	424 ~ 429[MHz]
무선 출력	3 ~ 9[mW]

표 1은 무선 자료 수집 장치에서 사용한 통신 방식에 관련된 명세를 정리한 것이다. 두 개의 통신 입력 단자와 하나의 통신 출력 단자를 갖고 있다. 또한,

통신 상태를 외부에서 확인할 수 있는 표시 장치를 갖고 있다.

2.4.2 원격 제어 장치

본 논문에서 개발한 원격 제어 장치는 무선 자료 수집 장치와 통신하여 배전용 변압기의 현 상태에 대한 감시 및 진단 정보(유위, 유전정점, 유 온도, 변압기 관리 번호) 등을 전송 받아 표시해 주고 저장하는 장치로, 실외에 설치되어 있는 배전용 변압기의 상태 정보를 손쉽게 받아볼 수 있는 장치이다. 원격 제어 장치는 무선 자료 수집 장치와 같은 400[MHz] 대역의 무선 주파수를 사용하며, RS-232C의 무선 통신 방식을 사용한다. 또한, 수신한 자료와 수신 시간을 PC로 전송하여 데이터베이스화 할 수 있도록 하였다. 표 2는 원격 제어 장치에서 사용한 무선 통신 방식의 명세를 나타낸 것이다.

표 2. 원격 제어 장치에서 무선 통신 장치의 명세
Table 2 Specifications of the wireless communication system in the remote control unit

구 분	명 세
통신 속도	19200[BPS]
자료 구조	1 start bit, 1 stop bit, 8 data bit, non-parity
통신 방식	RS-232C 전이중 방식
통신 주파수	424 ~ 429[MHz]
무선 출력	3 ~ 9[mW]

3. 실험 및 결과 고찰

본 논문에서 제안한 주장 및 지상 변압기의 상시 감시 및 진단 장치를 검증하기 위하여 배전용 변압기의 정년 절연유를 추출하여 커패시턴스 및 유전정점을 측정하였다.

변압기 유위 측정을 위한 커패시턴스 측정에서는 개발한 유위 측정 장치와 정밀급 측정 장치인 임피던스 분석기간의 비교 분석을 하였다 유전정점 측정에서는 HP사의 임피던스 분석기, 간이 열화 측정 탐촉자를 사용한 열화 측정 장치 및 정밀 유전정점 측정 장치를 비교 실험하였다.

유위 측정을 위한 커패시턴스 측정 실험은 ① 측

정 정확도를 높이기 위하여 측정용 주파수 선정 실험과 ② 개발한 유위 측정 장치와 정밀급 임피던스 분석기와 비교 실험을 통한 장비의 효용성 입증과 ③ 유위 감소와 커패시턴스 변화량을 통한 유위 측정 비교 실험에 주안점을 두고 실험을 수행하였다.

3.1 유위 측정을 위한 커패시턴스 측정 실험

유위 측정을 위한 커패시턴스 측정 실험에서는 임피던스 분석기를 이용하여 정밀급 측정에 이용되는 HP 셀과 본 논문에서 제안된 간이 열화 측정 탐촉자간의 유중 온도 변화에 따른 커패시턴스의 경향 분석 실험을 실시하였다. 커패시턴스 측정 실험에 사용된 시료는 표 3과 같이 10년 이상 경년된 배전용 변압기에서 추출하였다 시료 1번의 경우는 과부하의 영향을 받아 철거된 것에 비해 시료 2번은 정년으로 철거되었다는 차이점이 있다.

표 3. 커패시턴스 측정에 사용된 경년유
Table 3. Aged oil used in measuring capacitance

시료 번호	변압기 용량	제조 년·월	관리 이력
1	10[kVA]	1986.8	과부하
2	10[kVA]	1986.1	노후 철거

그림 6에서는 임피던스 분석기와 제안한 간이 열

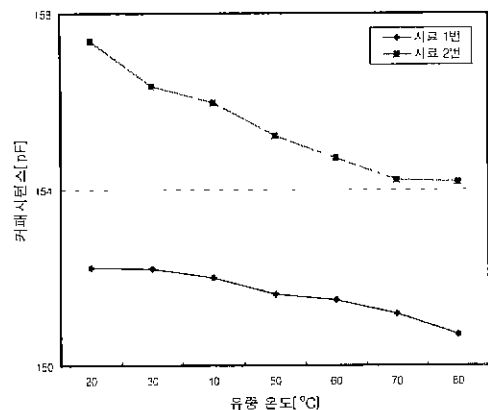


그림 6. 임피던스 분석기를 이용한 유온에 따른 커패시턴스 측정

Fig. 6. Measurement of the capacitance according to oil temperature using impedance analyzer

화 측정 탐촉자를 이용하여 측정된 유온에 따른 커패시턴스 변화를 나타낸 그래프이다. 사용 주파수는 1[kHz]이며, 시료별 커패시턴스 값의 변화 경향은 HP 셀의 측정값과 유사한 선형성을 갖고 있음을 확인하였다. 또한, 과부하의 영향을 가진 시료 1번이 시료 2번에 비하여 더 높은 커패시턴스 값을 가지고 있음을 알 수 있다 그림 7은 간이 열화 측정 탐촉자와 유위 측정 장치를 이용하여 유온에 따른 커패시턴스의 변화를 나타낸 그래프이다. 임피던스 분석기에 의한 측정과 마찬가지로 시료 1번이 시료 2번에 비하여 더 높은 커패시턴스 값을 가지고 있음을 알 수 있다. 참고적으로, 본 실험에서 절연유의 온도는 배전용 변압기에 부하를 걸지 않은 상태에서 항온 항습기의 운용으로 절연유의 일반적인 온도 가변 범위(20[°C]~80[°C]) 내에서 변화를 주었다.

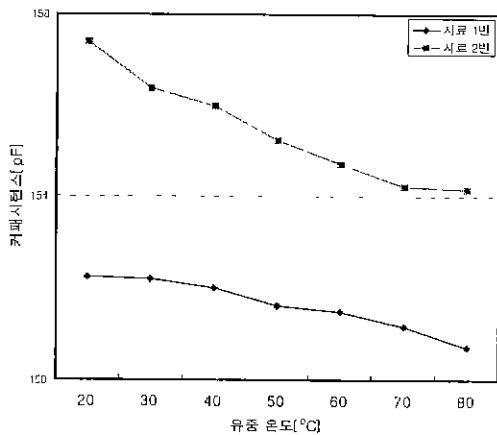


그림 7. 유위 측정 장치를 이용한 유온에 따른 커패시턴스 측정
Fig. 7. Measurement of the capacitance according to oil temperature using oil level measuring system

그림 8은 간이 열화 측정 탐촉자에서 측정된 커패시턴스 변화에 따른 변압기 유위 변화량과 시물레이션 결과를 비교한 그래프로서, 적합도를 계산한 결과, 간이 열화 측정 탐촉자 유위 측정부의 적용성이 확인되었다. 상관 정도를 통계 분석 기법 중 최소자승법 알고리즘에 기초한 결과 계수인 R^2 값으로 분석하였다[9]. R^2 은 편향 계수 또는 적합도라고 하며 0에서 1사이의 값으로 표현된다. 즉, R^2 은 추세선에 대한 추정값이 실제 자료에 얼마나 근사한 지를 나타

내며 1.0에 가까운 값일수록 신뢰할 수 있다[9].

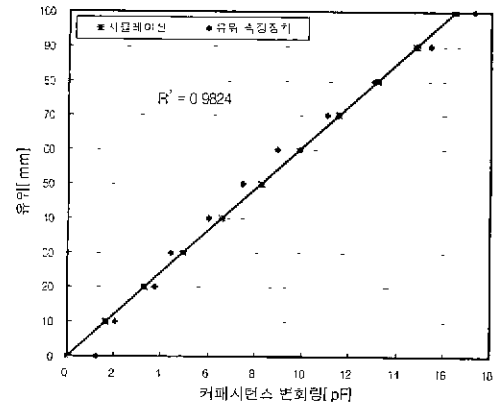


그림 8. 커패시턴스 변화량에 따른 유위
Fig. 8. Oil level according to capacitance changes

간이 열화 측정 탐촉자 내부의 커패시턴스 값은 절연유의 비유전율에 영향을 받으며, 결국 유위와 직접적인 관계가 있다. 이상의 실험 결과를 보면 배전용 변압기에서 유위 및 절연유의 상태를 커패시턴스 측정에 의하여 감지할 수 있음을 알 수 있다.

3.2 열화 측정을 위한 개발된 유전정점 측정 장치 실험

배전용 변압기의 열화 측정을 위한 유전정점 실험에서는 임피던스 분석기와 정밀 유전정점 측정 장치 간의 비교 통하여 본 논문에서 제안한 장치의 사용 주파수를 결정하였다. 또한, 제안된 열화 측정 장치와 정밀 유전정점 측정 장치간의 비교 실험을 통하여 제안된 장치를 검증하였다. 실험에 사용된 시료는 현장성을 고려하여 철거된 변압기에서 추출하였으며, 주로 노후된 변압기를 대상으로 선택하였다.

절연유의 유전정점 측정은 Tetex사 Type 2821의 Schering 브리지 방식의 정밀 측정 장치를 사용하여 실험하였다. 측정 환경은 JEM-TR 171 규격[6]인 1000[V]에 50[°C]를 기준으로 측정하였다. 주파수 선정 실험에 이용한 열화 측정 장치는 개발 탐촉자에 임피던스 분석기를 결합하여 주파수를 가변시키면서 실험을 수행하였다. 그림 9는 500[Hz]로 실험하여 정밀급 측정 장치와의 상관 관계를 나타내었다.

본 논문에서는 제안한 열화 측정 장치의 검증을 위하여 우선 정밀 유전정점 측정기에서 측정된 유전

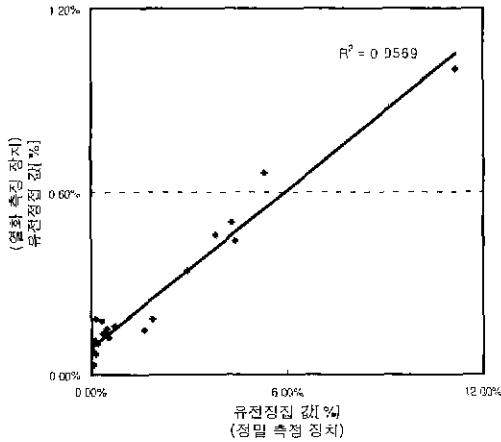


그림 9. 500 [Hz]에서의 열화 측정 장치와 정밀 측정 장치의 비교
 Fig. 9. Comparison with deterioration measuring system and high precision measuring system at 500 [Hz]

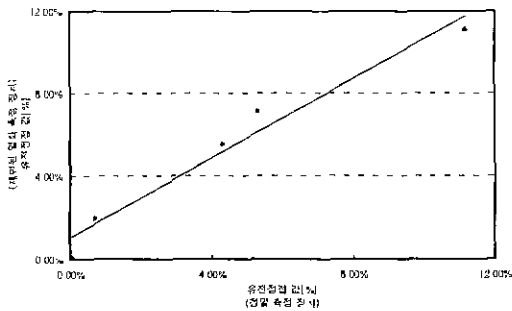


그림 10. 제안된 열화 측정 장치와 정밀 측정 장치의 비교
 Fig. 10. Comparison with proposed system and high precision system

정점[%] 값과 HP사의 임피던스 분석기에 의해 측정된 값을 비교하였다. 임피던스 분석기의 측정 신호는 1[V]에 최대 주파수는 1[MHz](0~1[MHz])이다 R^2 에 의한 통계 분석[9]으로 살펴보면 전체적으로 선형성이 있는 것으로 판단되고, 500[Hz]에서의 오차가 가장 적음을 알 수 있었다. 실험 결과를 토대로, 본 논문에서 개발한 열화 측정 장치는 주파수를 500[Hz]로 설정하였으며, 보정 함수를 통하여 유전정점을 측정하였다.

제안된 열화 측정 장치는 주파수를 500[Hz], 10[V]의 시험 전압을 사용하여 유전정점을 구하고, 보정 함수를 고려하여 그림 10에 정밀 측정 장치와의 비

교값을 보여주고 있다. 오차는 조금 있지만 받아들일 만한 것으로 간주된다. 이때 사용한 시료는 표 4에 나타내었다. 표 5에는 제안한 열화 측정 장치와 정밀 측정 장치의 결과를 비교하였다.

표 4. 열화 측정에 이용된 시료
 Table 4. Samples used in deterioration measurement

시료 번호	변압기 용량(KVA)	변압기 사용 이력
1	75	노 후
2	75	노 후
3	100	불량, 절거
4	100	노 후
5	75	노 후

표 5. 제안된 열화 측정 장치와 정밀 측정 장치의 비교
 Table 5. Comparison with the proposed system and high precision system

	제안된 열화 측정 장치	정밀 측정 장치
유전정점 측정값 [%]	0.01	0.05
	1.98	0.71
	5.54	4.30
	7.12	5.29
	11.11	11.10

4. 결론

본 논문에서는 배전용 변압기의 감시 및 진단 장치는 상시 절연유의 온도 및 커패시턴스 검출에 따른 경향 분석으로 이상 상태로 판정되면 절연 진단을 수행할 수 있도록 구성하였다. 또한, 초보자라도 손쉽게 정확한 분석이 가능하도록 열화 진단 내용을 상시 감시하고 무선통신화하였다. 전체적으로 본 논문에서 개발한 배전용 변압기의 감시 및 진단 장치는 저가의 정보 통신 설비를 이용하여 사용하기에 편리한 장치로 구성하였다. 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

(1) 배전용 변압기의 내부에서 간이 열화 측정 탐측자로 측정된 각종 자료는 아날로그 및 디지털 회로 제어부에서 해석하게 된다. 이때 측정되는 자료는 절연유의 온도, 절연유 유위측정을 위한 커패시턴스 및 절연유의 유전정점이다.

무선 데이터 통신을 이용한 주상 및 지상 변압기 진단 장치 개발

(2) 일반적으로 절연유를 판정하는데 가장 많이 사용하는 유전정접을 검출하기 위해 하드웨어·소프트웨어적으로 매우 간단한 간이 측정 방식인 위상 검출 방식을 제안하였다.

(3) 본 연구에서 개발한 감시 및 진단 장치의 효용성을 입증하기 위해서 기존 계측 장치의 분석 결과와 비교하였고 그 상관 관계를 연구한 결과 상대적인 선형 관계가 있음을 확인하여 타당성이 있는 장치임을 검증하였다.

(4) 배전용 변압기로부터 변압기 상태에 관련된 정보를 무선 통신을 이용해서 손쉽게 진단할 수 있는 통신 프로그램을 개발하였다.

(5) 초보자라도 간단하게 진단을 수행할 수 있는 배전용 변압기 감시 및 진단 장치를 구축하였다.

이상의 연구를 종합해 볼 때 본 논문에서 제시한 배전용 변압기의 감시 및 진단 장치는 최근에 빈번하게 발생하는 배전용 변압기의 사고 상황에서 국내 실정에서 꼭 필요한 장치라고 생각한다. 그러나 본 논문에서 사용하고 있는 감시 및 진단 장치는 실험실에서 운용된 것이고 기존의 자료 분석 수준에서 이루어진 결과이기 때문에 현장의 배전용 변압기에 설치하여 종합적인 감시 진단이 가능한 지 확인 및 보완하는 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

“이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음”(KRF 1998-001-E00499)

참 고 문 헌

- [1] Y.H. Yoon et al., "Development of A Deterioration Diagnosis Device for Pole Transformer Using Signal Processing and Wireless Communication," IEEE Power Engineering Society 2000 Summer Meeting at Seattle, Washington, U.S.A., pp. 1147-1152, July 2000
- [2] 김재철 외, "무선 데이터 통신을 이용한 주상 및 지상 변압기 진단에 관한 연구," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1431-1433, July 1999

- [3] 김재철 외, "FFT를 이용한 주상 변압기의 열화신단장치에 관한 연구," 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol. 14, No. 3, pp. 97-106, May 2000.
- [4] Y.H. Yoon et. al., "The Measuring Techniques of Tan δ Using Digital Signal Processing," Proceeding of The International Conference on Electrical Engineering at Beijing, China pp. 408-412, August 1996.
- [5] 이보호, 주상 변압기 열화 진단 장치 개발 연구(연구 최종 보고서), 기초전력공학공동연구소, pp. 1-77, 1998.
- [6] JEM-TR 171, 배전용 6kV 유입 변압기의 보수·점검 지침, 일본 전기 공업회, 1993
- [7] 고내식, 전자 응용 회로집, 도서 산업사, pp. 174-210, 1991
- [8] 전자 기술 편집자, "와이어리스 데이터 전송 기법," 전자 기술, Vol.10, No.6, pp. 15-30, June 1997.
- [9] 김우철 외, 개정 한네 통계회, 영지 문회사, pp.149-177, 1983

◇ 저자 소개 ◇

윤 용 한 (尹龍漢)

1967년 10월 1일 생. 1990년 2월 숭실대학교 전기공학과 졸업 1992년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사) 1997년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학 박사) 1995년 3월~2000년 3월 숭실대학교 생산기술연구소 연구원. 2000년 3월~현재 (주)테크빌 개발부 차장

민 경 래 (閔庚陞)

1971년 11월 8일 생 1998년 2월 숭실대학교 전기공학과 졸업 2000년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 3월~현재 (주)테크빌 개발부 과장

최 도 혁 (崔度赫)

1962년 3월 9일 생 1988년 2월 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1991년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학 박사) 1990년 12월~현재 한국건설기술연구원 선임연구원

김 재 철 (金載哲)

1955년 7월 12일 생 1979년 2월 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 8월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사) 1987년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학 박사). 1988년 3월~현재 숭실대학교 전기공학과 교수