

전기수용설비 상시 감시 시스템 개발

* 문학홍 · 류승기 · 최도혁, ** 김세동, *** 임성정 · 윤용한 · 김재철
 * 한국건설기술연구원, ** 두원전문대학, *** 송실대학교

The Development of an On-line Supervision System

* Hak-Yong Moon, Seung-Ki Ryu, Do-Hyuk Choi, ** Se-Dong Kim,
 *** Seong-Jeong Rim, Yong-Han Yoon, Jae-Chul Kim
 * Korea Institute of Construction Technology, ** Doo Won College, *** Soong Sil Univ.

Abstract - The main purpose of this study was to develop the prototypes of on-line supervision system for maintenance to protect the confidence of operation of electric facilities in buildings.

The influence of the harmonics on the electric facilities in building, which is recently growing more and more serious, were also analysed, and finally the essential techniques on the condition supervision, diagnosing method of facilities were proposed.

1. 서 론

현재 국내에는 전기설비의 노후화로 인한 대형 사고의 악영향 및 경제적 손실은 대단히 많다. 따라서 이에 대한 대책방안으로 정밀한 감시장비나 진단 기기의 개발의 필요성이 강조되어왔으며 기존의 개발된 감시시스템은 고가이면서 설치 및 운용의 어려움 때문에 중·소형의 건물설비에서는 사용이 되지 않는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 전기수용설비의 상태 데이터를 현장에서 직접 수집·가공하여 관리자의 컴퓨터로 전송할 수 있는 저가격의 데이터 수집 및 전송장치를 개발하였다.

개발된 상시 감시 시스템은 전송된 데이터를 이용하여 전압, 전류, 전력, 역률등을 계산하고 전압, 전류파형을 모니터에 보여준다. 또한 각 보호계전기 동작상태를 모니터, 스피커 및 모뎀을 이용한 무선호출기 기능과 데이터 보관 및 제공 기능을 갖고 있다.

또한 전기수용설비의 유지관리에 필요한 많은 진단 기능 중에서 현재 국내의적으로 문제가 심각한 고조파에 대한 분석 기능을 부여하였다.

이러한 연구 결과는 전기수용설비의 고장진단 및 사고예방을 위한 기초 기술력 확보, 설비의 안전성 향상 및 예고없는 사고의 대비를 위한 안전대책 확보,

유지관리의 효율성 확보, 빌딩기능의 인텔리전트화에 필수 불가결한 고장사고의 예방 및 진단기술의 보급에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 이론적 고찰

시간함수 $f(t)$ 가 주기 T 를 갖는 연속함수 일 때, $f(t)$ 를 푸리에 전개하면 다음과 같다.

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos \frac{2\pi n t}{T} + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin \frac{2\pi n t}{T}$$

여기서, a_n 과 b_n 을 푸리에 계수이며 각각 여현파와 정현파의 진폭이다. 이 푸리에 계수는 한 주기동안 파형을 적분하여 구하고 이산적 푸리에 변환으로 확장된 합으로 표현하면 식(2.1)과 같다.

$$\begin{aligned} a_n &= \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) \cos \frac{2\pi n k}{N} \\ b_n &= \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) \sin \frac{2\pi n k}{N} \end{aligned} \quad (2.1)$$

여기서, $f(k)$ 는 $f(t)$ 의 한 주기를 N 개로 샘플한 경우의 각 순시치를 의미한다. 식(2.1)에서 n 의 값을 1, 2, 3, ... 으로 변경해 가면서 순차적으로 각 계수를 구하려면 N^2 개의 연산이 필요하기 때문에 N 이 커질수록 연산시간에 문제가 있다. 따라서 이러한 문제점을 보완하기 위하여 고속 푸리에 변환(FFT) 알고리즘을 사용하여 연산의 순서를 합리화하여 곱셈의 수를 $N \log_2 N$ 개로 줄였다.

또한 시간함수 $f(t)$ 의 n 차 고조파를 정현파, 여현파 성분으로 분해하여 각각에 실수부, 허수부를 대응시켜 $f(t)^n$ 의 복소수로 표시하면 식(2.2)와 같다.

$$\begin{aligned} f(t)^n &= b_n + ja_n \\ c_n &= \sqrt{b_n^2 + a_n^2} && : \text{진폭성분} \\ \varphi_n &= \tan^{-1} \frac{a_n}{b_n} && : \text{위상} \end{aligned} \quad (2.2)$$

이러한 기본 데이터를 이용하여 다음과 같은 여러 가지의 데이터 처리가 가능하다.

(1) 총고조파왜형률(Total Harmonic Distortion)

$$THD[\text{rms}] = \sqrt{\sum_{n=2}^m \frac{c_n}{c_1}} \times 100[\%] \quad (2.3)$$

여기서, m : 최대분석차수

(2) 등가 방해 전류 (J_p)

전력선으로부터 통신회선에 유도되는 방해전류를 평가하는 것으로서 식(2.4)와 같이 나타낸다.

$$J_p = \sqrt{\sum_{n=1}^m S_n I_n^2} \quad (2.4)$$

단, I_n : n 차 고조파 전류 실효치

S_n : 국제전신전화 자문위원회 (CCITT) 계수

(3) 고조파 임피던스

n 차 고조파의 전압·전류신호가 $v_n = b_{vn} + ja_{vn}$, $i_n = b_{in} + ja_{in}$ ($b_{vn}, a_{vn}, b_{in}, a_{in}$:푸리에 계수)이면 n 차 고조파 임피던스 Z_n 은 식(2.5)과 같다.

$$\begin{aligned} Z_n &= \frac{v_n}{i_n} = \frac{b_{vn} + ja_{vn}}{b_{in} + ja_{in}} \\ &= \frac{b_{vn}b_{in} + a_{vn}a_{in}}{b_{in}^2 + a_{in}^2} + j \frac{b_{in}a_{vn} - b_{vn}a_{in}}{b_{in}^2 + a_{in}^2} \quad (2.5) \\ &= R_n + jX_n \end{aligned}$$

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} \quad : \text{절대치}$$

$$\angle Z_n = \tan^{-1} \frac{X_n}{R_n} \quad : \text{위상}$$

3 시스템의 구성

전기설비 상시 상태 감시시스템의 구성은 전기설비, 데이터 수집 및 통신장치, 관리를 위한 컴퓨터 시스템으로 나눌 수 있다. 그림 3.1은 전기수용설비 상시감시 시스템의 전체 구성도를 보이고 있다.

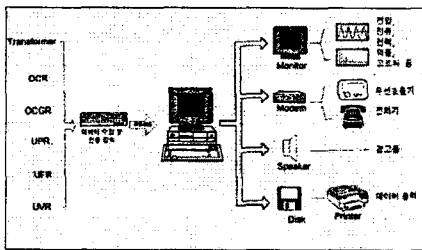


그림 3.1 전기수용설비 상시감시 시스템의 구성도

1) 전기설비

본 연구에서 계측대상으로 한 기기는 크게 변압기, 각종 보호 계전기, 차단기 등이며, 변압기의 경우는 이미 설치되어 있는 변류기(Current Transformer : CT)와 계기용 변압기(Potential Transformer : PT)로 부터 직접 신호를 받으므로 추가의 센서 설치 는 필요 없다. 또한 보호계전기의 동작여부는 데이터 수집장치의 디지털 입력으로 받아들여진다.

2) 데이터 수집 및 전송장치

데이터 수집 및 전송장치는 크게 CPU 부 및 입출력부, 전원공급부로 구성되어 있으며, 노이즈 방지를 위하여 CPU부와 입출력부를 분리하여 설계하였다.

그림 3.2는 데이터수집 및 전송장치의 외형을 사진으로 보이고 있다.

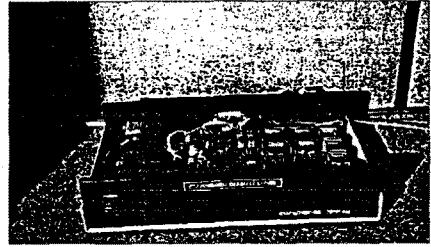


그림 3.2 데이터 수집 및 전송장치(사진)

3) 통신장치

통신장치는 선로와 RS-485(1200m/250kbps)를 RS-232로 변환하는 장치로 구성하였으며 데이터 수집 및 전송장치와 컴퓨터간의 설치상의 거리 문제를 해결하기 위하여 RS-485통신방식을 채택하였다.

4) 컴퓨터 시스템

전기설비가 있는 장소에 설치된 데이터 수집 및 전송장치로 부터 전송되어온 데이터를 분석·가공하여 전기안전관리자에게 현재의 설비 상태를 제공하는 부분으로서 시각정보, 음성정보, 무선호출기등의 유무선 정보, 데이터의 저장 및 출력등의 기능을 가진다.

4 소프트웨어 구성

상시감시 시스템의 소프트웨어는 데이터 수집 및 전송 소프트웨어와 컴퓨터 시스템 소프트웨어로 구분할 수 있으며, 데이터 수집 및 전송장치는 변류기와 계기용 변압기에서 발생하는 아날로그 값을 디지털 값으로 변환하여, 각종 보호계전기 및 차단기 동작여부를 나타내는 디지털 신호값과 함께 통신라인을 통해 컴퓨터로 전송하는 기능을 갖는 소프트웨어를 내장하고 있다. 또한 컴퓨터 시스템은 이러한 디지털 데이터 값들을 갖고 관리자가 필요로 하는 내용으로 변환하여 보여주는 기능의 소프트웨어를 구축하였다.

5 상시 감시 시스템의 모의 실험

전기수용설비 상시 감시 시스템의 신뢰성 확보 및 교정을 위하여 전체적인 모의 실험장치를 구성하여 실험을 수행하였다. 그림 5.1은 전기수용설비 상시감시 시스템의 모의실험장치이며 그림 5.2는 실험과형, 그림 5.3은 초기설정 화면, 그림 5.4는 FFT파형, 그림 5.5는 프린터 출력, 5.6는 데이터 저장 파형을 보여준다.

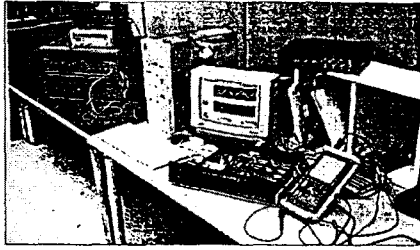


그림 5.1 상시 감시 시스템 모의실험 장치

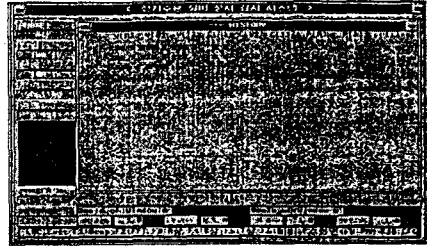


그림 5.6 상시 감시 시스템의 데이터 저장

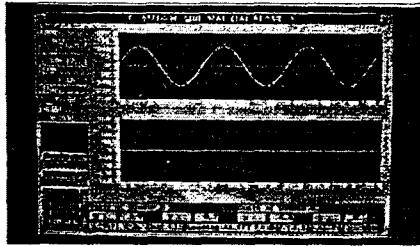


그림 5.2 상시 감시 시스템의 모의실험 화면

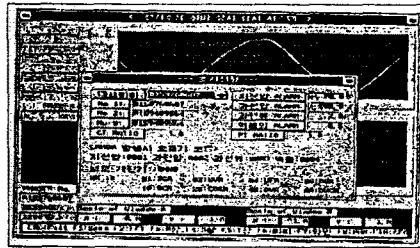


그림 5.3 상시 감시 시스템의 초기설정 화면

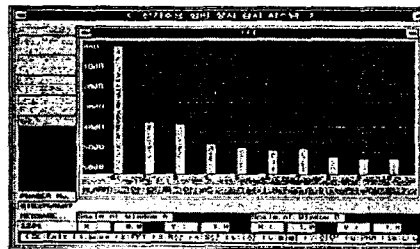


그림 5.4 상시 감시 시스템 고조파 진단 화면

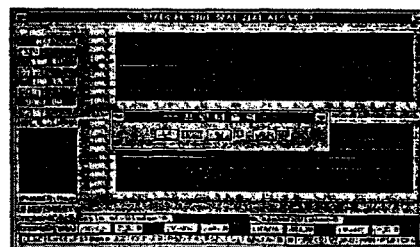


그림 5.5 상시 감시 시스템의 프린터 출력

6. 결 론

본 연구에서는 중소형 자가용 전기수용설비의 고장 사고 예방 및 진단을 목적으로 저가이면서도 관리자가 쉽게 사용할 수 있는 전기수용설비 상시 감시 시스템의 원형을 개발하였다.

개발된 시스템은 손쉬운 사용자 인터페이스 기능, 고조파 진단 기능, 관리자 부재시 현장 상태 및 위험 경보의 무선 제공 기능등이 있으며 또한 보관된 상태 데이터를 이용한 사고원인 분석을 할 수 있다.

개발한 프로그램 및 시스템은 모의실험 결과 전기 수용설비 안전관리 담당자로부터 그 적용성 및 효용성을 인정받았으며, 향후 현장에서의 적용을 위한 관련 요소별 실용화 연구를 거쳐 현장에 적용 가능할 것으로 판단된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 대한전기학회, 고조파 저감기술 조사전문위원회, "고조파 저감기술 현황과 전망", 1993.
- [2] 日本電氣設備學會誌, "特集 電氣設備の電路に關する基礎技術 IV - 2. 高調波對策", 1995年6月, page 39~47.
- [3] Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, H. Wayne Beaty, "Electrical Power System Quality", McGraw-Hill, 1996.
- [4] R.H.Gauger, A.B.Senee, "Data Acquisition and Monitoring with Expert System Diagnostics", pp. 529 ~ 533, 1992.
- [5] Caifeng Dong, "A State Monitoring and Fault Diagnostic System with Artificial Intelligence for Rotating Machinery", pp. 313 ~ 317, 1992.