

배전용 변압기 온라인 감시와 진단을 위한 모니터링 프로그램 및 DB의 구축

문종필*, 김재철*, 김동현*, 최준호*, 최도혁**, 김영춘**
 *숭실대학교 전기공학과 **한국건설기술연구원

The Monitoring Program and Database Construction for Diagnosing Distribution Transformer in On-line

Jong-Fil Moon*, Jae-Chul Kim*, Dong-Hyun Kim*, Joon-Ho Choi*, Do-Hyuk Choi**, Young-Chun Kim**
 *Dept. Electrical Eng. in Soongsil Univ. **KICT

Abstract - In this paper, we developed the on-line *Monitoring & Diagnostic(MD)* system of distribution transformers. It consists of the *Data Acquisition(DA)* module and the *Data-Base(DB)* module. The acquired data from the distribution transformers is stored to the DB in an on-line. The DB is planned and made to the RDBMS(Relative DataBase Management System) to manage the data efficiently. The developed MD system estimates the loss of life from the DB. Thus, it could be managed the career and the functional lifetime of the transformer more efficiently than existing systems. In the case study, the oil temperature rising experiment is performed by using the back loading method in the laboratory level. From the results, the proposed MB system can be a practical applications for the distribution transformers.

에 설치한 진단장치는 배전용 변압기에 부착한 센서로부터 부하전류, 최상부 유온 및 주변온도를 계측한 후 보정 및 평균을 취한다. 그 다음 이 데이터에 변압기 ID 체크 비트 및 패러티 비트를 추가한 후 무선 RS-232C 방식으로 호스트 컴퓨터로 데이터를 전송한다.

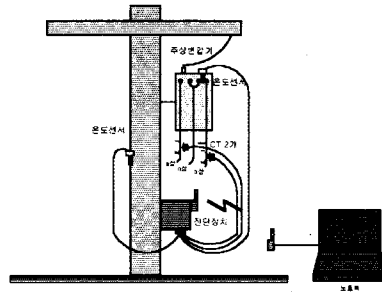


그림 1. 데이터 취득

1. 서 론

최근 삶의 질적 향상으로 인하여 냉방부하, 편의시설, 정보통신 설비 및 대용량 전기기기의 사용이 증가함에 따라 전력소비가 계속하여 증가하고 있다. 이 때문에 배전용 변압기의 부하가 증가하면서 과부하와 경년열화로 인한 사고가 많이 발생한다. 배전용 변압기에서 사고가 발생하게 되면 정전 피해가 발생함은 물론 산업용 부하인 경우 정전사태로 인한 적지 않은 경제적인 손실까지 발생하게 된다(1).

현재 배전용 변압기 관리는 사후 조치만 하고 있는 실정으로 일정 주기마다 시행하는 간이 수리와 중 수리에 의하여 변압기 상태를 확인하여 사용하고 있다. 관리자는 점검에 의해 이상이 의심되면 변압기를 전주로부터 철거해야하고 철거시 정전 상태 및 관리비용의 증대가 수반된다(1). 따라서 변압기의 온라인 감시 및 진단을 위한 연구가 필요하며 수많은 배전용 변압기의 상태 정보 및 진단 요소를 체계적으로 관리하기 위한 방법이 필요하다.

본 논문에서는 배전용 변압기의 감시 및 진단을 위한 진단장치를 구성하였다. 또한 각 변압기의 부하전류, 최상부 유온 및 주변온도 데이터를 실시간으로 수신하여 사용자가 쉽게 볼 수 있고, 저장하고 또한 검색하기 위한 모니터링 프로그램을 구성하였으며, 변압기의 데이터를 체계적으로 저장하고 관리하기 위하여 데이터 베이스를 구축하였다. 또한 본 시스템을 이용하여 과부하시 이상보고 및 수명 손실을 계산하도록 하였다.

2. 모니터링 프로그램

2.1 변압기 데이터의 취득

그림 1은 변압기의 데이터를 취득하는 방식이다. 전주

2.2 데이터의 구성

그림 2는 송수신 데이터의 구성을 나타낸다. 시작 비트 다음에는 변압기 식별을 위한 변압기 ID를 나타내는 비트가 추가되고 그 다음에 부하전류, 최상부 유온 및 주변온도 데이터가 추가된다. 그리고 마지막으로 에러 체크를 위한 패러티 비트 및 정지 비트가 붙게 된다.

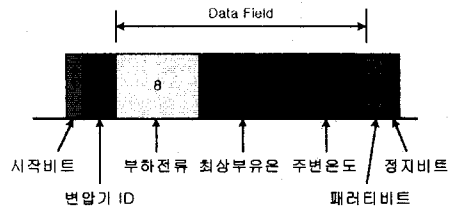


그림 2. 송수신 데이터의 구성

2.3 통신 설정부

통신은 MS사에서 만든 Visual Basic의 Mscomm을 사용하여 구성하였다. 모니터링 프로그램을 기동하면 우선 통신을 설정하기 위한 창이 나타나게 된다. 본 시스템에서는 통신포트는 시리얼 포트인 COM1 포트를 사용하였고, 통신 방식은 비동기 직렬 통신 방식으로 RS-232C를 사용하였다. 또한 전송 속도는 9600(bps)로 전송하도록 하였다. 그리고 에러 체크를 위한 패러티 비트 및 정지비트를 선택할 수 있도록 구성하였다.

2.4 모니터링부

통신을 설정하게 되면 그림 3과 같은 모니터링 시스템이 동작하게 된다. 그림의 송신 및 수신 부분에는 현재 전송되고 있는 데이터를 보여주게 되고, 부하전류,

최상부 유온, 주변온도 부분에는 매 측정시마다 측정값을 나타내어 사용자가 쉽게 볼 수 있도록 구성하였다. 또한 수신된 데이터는 수신 즉시 데이터 베이스 파일로 저장되게 된다. 만약 통신상의 에러가 발생하게 되면 에러 메시지가 뜨게 되고, 모니터링 프로그램에서는 진단 장치로 재전송을 요구할 수 있도록 구성하였다.

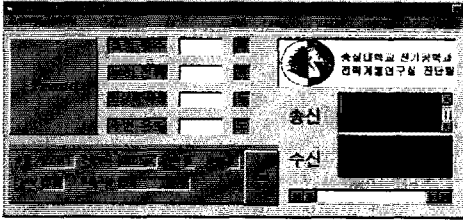


그림 3. 모니터링 시스템

또한 Trend 버튼을 누르면 그래프를 그리기 위한 화면이 나타나게 된다. 이 화면에서 사용자가 설정한 기간 만큼의 데이터를 그래프로 볼 수 있도록 하여 변압기의 부하 전류나 온도 경향을 쉽게 볼 수 있도록 구성하였다. 그래프는 Visual Basic의 MSChart를 이용하여 그렸으며, 그려진 그래프는 프린터로 출력을 하거나 그림 파일로 저장 가능하도록 하였다.

3. 데이터 베이스 구축

3.1 데이터 베이스의 필요성

현재 배전용 변압기는 전국에 약 130여 만대가 산재되어 있다(2). 이 배전용 변압기의 감시 및 진단에 필요한 데이터는 시간이 지남에 따라 기하급수적으로 증가한다. 특히, 저장 시 동일한 데이터가 중복 저장 될 우려가 있으며, 데이터의 갱신 비용 및 데이터 불일치성이 발생하기 때문에 데이터의 효율적인 관리가 어려운 실정이다. 따라서 데이터의 효율적인 관리 및 필요한 데이터의 빠른 검색에 있어서 데이터 베이스 구축은 필수적이다(3).

본 논문에서는 수많은 배전용 변압기로부터 얻어지는 데이터를 관리하기 위한 방법으로 데이터 베이스를 사용하였으며 모니터링 프로그램으로 전송되는 데이터를 실시간으로 데이터 베이스화하는 방법을 사용하였다.

3.2 데이터 베이스의 설계

데이터 베이스 설계는 항상 변화하는 방대한 부하 데이터를 편리하게 이용하기 위하여 요구되는 각 데이터의 특성을 분석하고 공동 데이터 요소를 연계하여 필요한 데이터를 효율적으로 구조화하는 과정이다(4). 본 논문의 데이터 베이스 설계단계는 그림 4와 같다.

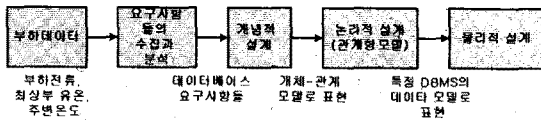


그림 4. 데이터 베이스 설계 단계

요구사항 분석은 한국전력공사에서 관리하고 있는 변압기 내역에 진단장치에서 취득된 데이터를 추가시켜 변압기 감시 및 진단에 필요한 데이터를 통합한 것이다. 통합된 데이터들에 대한 개체와 속성의 특성을 요약하면 표 1과 같다.

이와 같은 데이터 개체의 공동 속성으로 각 개체간의 관계를 개체-관계 모델로 표시한 후 이 모델을 바탕으로 데이터 베이스를 구축하였다.

표 1. 개체와 속성의 특성

개체(entity)	속성(attribute)
사업소	사업소 번호, 사업소 이름
변압기	사업소 번호, 결선 코드, 변압기 규격, 전산화 번호, 제작년월, 설치년월
연결	변압기 ID, 전산화 번호
데이터	취득일 및 시간, 부하전류, 최상부유온, 주변온도, 데이터 수
데이터 확인	취득일 및 시간, 변압기 ID, 에러 개수

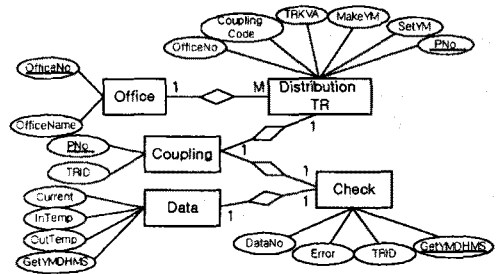


그림 5. DB 개체-관계 모델

본 데이터 베이스 시스템은 실시간으로 저장되는 변압기의 데이터와 기존에 입력된 변압기의 이력 데이터를 통합하여 데이터 베이스를 구축하는 방법을 사용하였으며 데이터 베이스의 구성 개념도는 그림 6과 같다.

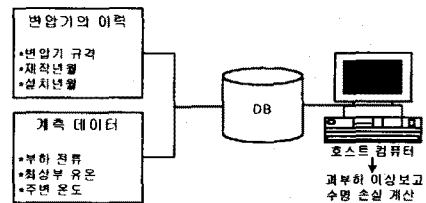


그림 6. 데이터 베이스 구성

3.3 데이터 베이스의 구축

데이터 베이스는 MS-Access를 이용하여 구축하였다. 모니터링 시스템으로 들어온 데이터는 실시간으로 Access 파일로 저장되며, 저장되는 순간의 날짜와 시간이 같이 저장되도록 구성하였다. 또한 변압기 제작년월, 설치년월, 과부하 정도와 시간 등의 변압기 이력을 관리하여 사용자가 원하면 연계는 볼 수 있도록 하였다.

그림 7은 구축한 데이터 베이스의 일부를 보여 주고 있다. 한 대의 변압기는 한 개의 테이블을 차지하며, 필드의 구성은 저장된 시간, 부하전류, 최상부 유온, 주변온도 및 수명 손실로 구성하였다.

시간	부하전류	최상부 유온	주변온도	수명 손실
00-06-22 오전 2:00:00	135	78	26	
00-06-22 오전 2:01:00	134	78	26	

그림 7. 데이터 베이스의 구축

3.4 에러처리

일반적으로 변압기의 오일 온도는 급격한 변화보다는 서서히 변하는 경향이 있다. 따라서 데이터 베이스로 구축되는 온도 데이터가 급격한 변화를 나타내면, 모니터링 시스템에서는 에러로 인식하여 재진송을 요구하도록 구성하였다. 연속하여 3회 에러 발생시 자동으로 이동 평균법(Moving average)을 사용하여 처리하도록 구성하였다.

4. 진단기법

4.1 최상부 유온을 이용한 수명손실 계산

일반적으로 효율적인 변압기 진단을 위해서는 변압기 기준 수명에 대해서 변압기 운전에 따른 손실을 계산할 필요가 있다. 변압기의 수명은 절연 재료의 열적 열화에 의한 절연도의 저하에 좌우되며 절연재료의 수명은 변압기의 최고 온점 온도에 따라 수식으로 표현될 수 있으며 기준 온도 98[°C]에 대한 상대적인 수명 손실비 V는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다[5,6].

$$V = \frac{\text{aging rate at } \theta_h}{\text{aging rate at } 98 \text{ } ^\circ\text{C}} = 2^{(\theta_h - 98)/6} \quad (1)$$

여기서 θ_h 는 최고 온점 온도를 나타낸다.

최고 온점 온도는 최상부 유온으로부터 추정될 수 있으며 배전용 변압기의 경우 다음 식 (2)와 같이 예측되어 질 수 있다.

$$\theta_h = \theta_a + \Delta\theta_T + Hg_r K^{1.6} \quad (2)$$

여기서 θ_a 는 주변온도, $\Delta\theta_T$ 는 주변온도에 대한 최상부 유온 상승, K는 정격부하에 대한 현재 부하의 비, Hg_r 는 최고 온점에서 최상부 유온으로 열이 전달되는 동안에 발생하는 열발산이다.

식 (1)의 θ_h 에 식 (2)를 대입하면 식 (3)과 같이 새로운 수명 손실비 V를 계산할 수가 있다.

$$V = 2^{[\theta_a + \Delta\theta_T + Hg_r K^{1.6} - 98]/6} \quad (3)$$

식 (3)은 현실적으로 최고 온점 온도를 측정하기 어려우므로 최고 온점 온도를 이용한 상대적 수명 손실비를 최상부 유온을 이용하여 다시 표현한 식이 된다[6].

4.2 모니터링 시스템에서 수명손실의 계산

수명 손실 계산식은 부하의 주기 동안에 계산된 수명 손실 값으로 이용될 수 있으며 측정시간 동안의 평가치 수가 될 수 있다. 본 모니터링 프로그램에서는 반환부하법을 이용한 유온 상승 실험을 통하여 취득된 변압기 데이터에 대하여 수명 손실을 계산하고, 그래프로 볼 수 있도록 하였다. 이 수명손실을 이용하여 실제 변압기의 상태 진단 요소로 이용할 수 있음을 검증하였다.

5. 검증실험

5.1 반환부하법

본 논문에서는 제작한 시스템의 검증을 위하여 유온 상승 실험을 실시하였다. 그러나 아직 실제 운전중인 변압기에 사용하기에는 어려움이 있기 때문에 IEEE 규정에 따라 반환 부하법을 이용하여 실험을 하였다[7].

반환 부하법은 그림 8과 같이 두 대의 동일 정격의 변압기를 같은 극성끼리 연결하고 변압기의 저압측에 철손에 해당하는 전압을 인가한다. 그리고 아래쪽의 변압기에 철손에 해당하는 전압을 인가하여 실험 변압기에

철손과 동손을 발생시키는 방법이다.

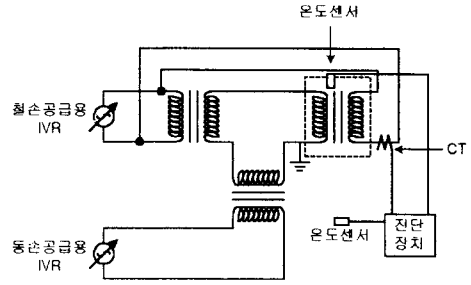


그림 8. 반환 부하법 실험 구성도

5.2 검증 실험

본 시스템의 검증을 위하여 그림 8과 같은 반환 부하법을 이용하여 실험을 행하였으며, IEC 규정에 따라 부하 등가 모델을 이용하여 부하 가변을 하였다. 다음 그래프는 실험에서 얻어진 데이터와 모니터링 프로그램에서 계산한 수명손실값을 Visual Basic의 MSChart를 이용하여 그린 그림이다.

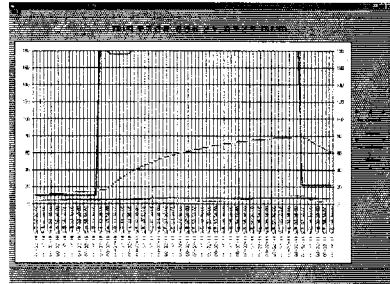


그림 9. 변압기 데이터 및 수명손실

6. 결 론

본 논문에서는 배전용 변압기의 온라인 감시 및 진단을 위한 모니터링 프로그램을 제작하였고, 변압기의 상태 정보를 저장, 관리 및 검색하기 위한 데이터 베이스를 구축하였다. 본 시스템의 검증을 위하여 반환부하법을 이용하여 실험을 하였으며, 실험 데이터를 이용하여 변압기의 수명 손실을 계산하는 진단기법을 사용하였다. 향후 배전용 변압기 진단을 위하여 제안한 시스템의 현장 실증 실험이 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 기초전력공학공동연구소, "DSP를 이용한 주상변압기 tan δ 측정기법 연구(최종보고서)", 1996. 9.
- [2] 최도혁, "배전용 변압기의 감시 및 진단 장치 개발 연구", 숭실대학교 박사학위논문, 2000. 6
- [3] 임진순 외, "데이터베이스를 이용한 배전용 변압기 지역별 부하특성 추출", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 528-530, 2000. 7
- [4] Korth, F.H., "Database system concepts third edition", McGraw-Hill Inc
- [5] IEC Publication 354, "Loading guide for oil-immersed power transformers", 1991.
- [6] 민경래, "R/F 통신과 최상부 유온을 이용한 배전용 변압기 진단기법에 관한 연구", 숭실대학교 석사학위논문, 1999. 2.
- [7] IEEE Std C57.12.90-1993, "IEEE Standard Test Procedure for Thermal Evaluation of Oil-Immersed Distribution Transformers"