

765kV 신가평, 신태백 변전소 예방진단시스템

권동진\*, 심웅보\*, 정길조, 김범진\*,  
\* : 전력연구원,

김종화\*\*, 유연표\*\*, 은종영\*\*  
\*\* : 한국전력공사,

신한철\*\*\*  
\*\*\* : (주)태광이엔시

Preventive diagnostic system for 765kV Sin-Ga-Pyeong and Sin-Tae-Baek substations

D.J.Kweon\*, E.B.Shim\*, G.J.Jung\*, B.J.Kim\*,  
\* : KEPRI,

J.H.Kim\*\*, Y.P.Yoo\*\*, J.Y.Eun\*\* H.C.Shin\*\*\*  
\*\* : KEPCO, \*\*\* : TaeGwang E&C

**Abstract** - KEPCO is planning to adopt a preventive diagnostic system to obtain the reliability of transformer and GIS in 765kV substation. KEPRI has developed the preventive diagnostic system for 765kV substation since 1997. We used various sensors and fault detecting devices such as a dissolved gas analyzer in oil, a ultrasonic detector and LA leakage current detector, etc., and carried out adaptation tests at the both a laboratory and a site. We developed a data acquisition system, a communication control unit and a server system as well. Furthermore, monitoring program and diagnostic expert system were also developed. This paper describes the preventive diagnostic system for 765kV Sin-Ga-Pyeong and Sin-Tae-Baek substations which will be operated from 2004.

1. 서 론

765kV 변전소는 기간 변전소로서 사고시 정전범위가 광역화되므로, 변전기의 신뢰성을 확보하기 위해 예방진단시스템을 적용할 예정이다. 예방진단시스템은 변전기의 운전상태에서 이상징후를 상시 감시하여 불시정전을 방지하며, 축적된 데이터로 최적의 유지보수 계획을 수립하고, 고장시 누적된 데이터로 이상원인 및 이상위치를 판정하는 변전소 자동화 운전에 대응하기 위한 시스템으로, 신뢰성 있는 온라인 이상검출 기술을 종합하여 변전소 운영입장에서 시스템화하는 것이다.

국내에서는 1980년대 중반부터 변압기 및 GIS에 적용되는 각종 센서 및 초음파 측정기술을 이용한 부분방전 측정장치, 수소가스 및 가연성 가스 측정장치와 피뢰기 누설전류 측정장치 등의 이상검출장치를 개발하여 왔다.[1]

전력연구원에서는 1997년부터 그 동안의 연구결과를 바탕으로 국내외에서 제시되고 있는 변압기와 GIS의 온라인 이상검출 기술의 신뢰성과 적용 가능성을 평가하고, 765kV 변전기에 적용될 예방진단 항목을 선정하였다. 또한 1999년 예방진단시스템의 데이터 취득장치를 개발하고, 진단 알고리즘을 개발하여 2000년 6월부터 345kV 의령변전소에 시범 적용중에 있다.

본 논문에서는 2004년 운전예정인 765kV 신가평, 신태백 변전소에 적용되는 예방진단시스템의 구성과 변압기 및 GIS 예방진단 감시항목, 데이터 취득장치 및 모니터링 프로그램 및 예방진단 전문가시스템에 관하여 기술하였다.

2. 본 론

2.1 예방진단시스템의 구성 및 감시항목

2.1.1 예방진단시스템의 구성

예방진단시스템은 크게 변압기와 GIS 등에 설치되어 운전정보를 측정하는 센서 및 이상검출장치, 센서와 이상검출장치로부터 신호를 취득하는 데이터 취득장치, 데이터 취득장치와 서버를 연결하는 통신제어장치(FEP), 모니터링 프로그램과 예방진단 전문가시스템이 설치된 서버로 구분된다. 여기서 이상검출장치는 센서로부터 데이터를 취득하여 자체적으로 내장한 예방진단 알고리즘을 수행하여 중요 데이터를 데이터 취득장치로 전송하는 장치로, 가스분석장치, 초음파 측정장치, OLTC 모니터 등이다.

그림 1은 변전소 예방진단시스템의 구성을 나타낸 것이다.

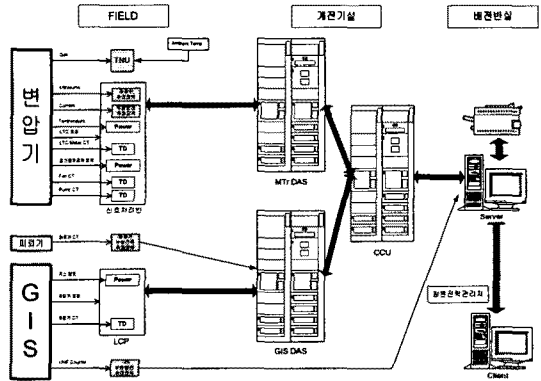


그림 1. 예방진단시스템의 구성도

2.1.2 예방진단 감시항목

최근 모니터링 기술의 발달로 많은 수의 감시항목을 선정할 수 있으나, 감시항목의 수가 많으면 시스템의 가격이 높아지므로, 감시항목의 선정은 감시대상 기기의 중요도, 측정센서의 신뢰도 및 시스템의 가격에 따라 결정된다. 또한 최적의 가격으로 효과적인 모니터링을 하기 위해서는 몇 가지의 중요 감시항목에 집중할 필요가 있다.

감시항목은 변전기의 과거 사고통계[2]에 따른 장애가 많은 부분이나, 예상되는 열화과정을 파악할 수 것으로 선택되어야 한다. 여러 가지 감시항목 중 가장 중요한 것은 가스분석과 부분방전일 것이다. 또한 OLTC도 감시에 상당히 필요한 항목이다. 온도나 부하전류 등은 온라인 감시의 기본적인 정보로서 선택될 것이다.

전력연구원에서는 감시항목의 선정에 있어서 기 설계된 기기의 절연과 전체에 영향을 주지 않고, 가능한 기기의 구조를 변경하지 않으며, 기기의 운전을 정지하지 않고 내부의 이상징후를 조기에 정확히 발견할 수 있는 항목을 기준으로 하였으며, 변전소 전체의 경제성을 추구하도록 하였다.

(1) 변압기 예방진단 감시항목

표 1. 변압기 예방진단 감시항목

감시항목	센서종류	제조사	모델명	수 량	비 고
유증가스	수소가스 측정장치	GE Syprotec	Hydran 201Ti	탱크별 1대	
부분방전	초음파 측정장치	리얼테크 놀러지	TUMS-20	센서 12개 + 측정장치1대	성능검증 후 채용
절연유 온도	측온저항체	AKM	AKM 34-2 05-11-X-6	탱크별 1대	
OLTC 동작회수	접점마모	전 류	MR	TM-100	탱크별 1대
	토오크	전동기			
	온도	동작전류			
	측온저항체				
활선정유장치 압력	압력센서	Konics	PT-3300	탱크별 1대	
팬 동작전류	CT + TD	광성	KJ25	탱크별 5 개	
펌프 동작전류	CT + TD	광성	KJ25	탱크별 5 개	
부하전류	감시제어시스템 연계			상별 1 신호	
전압	감시제어시스템 연계			상별 1 신호	
권선온도	감시제어시스템 연계			상별 1신호	
외기온도	측온저항체			탱크별 1대	

(2) GIS 예방진단 감시항목

표 2. GIS 예방진단 감시항목

감시항목	센서종류	제조사	모델명	수 량
부분방전	UHF Coupler	DMS	PDM	800/362kV Site 1대(센서는 GIS 제작사 공급)
CB 누전차단전류	보호계전기반 연계			상별 1개
SF <sub>6</sub> 가스밀도	감시제어시스템 연계			가스구획당 1 신호
피뢰기 누설전류	CT, Shunt 저항	GIS 제작자		피뢰기당 1개

2.2 센서 및 이상검출장치

2.2.1 유증가스 분석

변압기의 내부이상은 주로 국부과열과 부분방전에 의한 발열을 동반하므로, 발열원에 접하는 절연유, 절연지 및 프레스보드 등의 절연체는 분해하여 탄화수소계 가스를 발생한다. 이 발생가스의 대부분은 절연유 중에 용해되므로, 변압기 절연유의 가스를 분석하여 내부 이상을 진단한다. 유증가스 분석은 온라인으로 상시 감시하는 가스물 수소가스로 하여, 환경가스의 유증가스 관리기준에 따라 발생가스의 절대량, 형식중가경향으로 이상의 유무를 일차진단하고, 수소가스가 요주의 레벨을 초과하면, 다종류 가스분석장치로 정밀 진단한다. 일반적으로 다종류 가스 분석장치의 분석대상가스는 O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> 등 9종류이며, IEC Code에 따른 구성가스의 패턴 및 조성비로 이상의 종류를 진단한다. 다종류 가스분석장치로 정밀 진단한 이상의 원인에 따라 부분방전, 온도 등 다른 진단항목과 연계하여 종합적으로 진단한다. 수소가스 측정장치의 일례로 국내에서 가장 많이 쓰이고 있는 GE Syprotec의 Hydran 201i는[3] 유증의 가스를 가스 선택투과 고분자막(Membrane)을 이용하여 가스실에서 평형상태가 된 후에 가스측정용 Cell에서 H<sub>2</sub>(100%), CO(18%), C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>(8%), C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(1.5%) 비율로 측정하여 4~20mA의 단일신호를 출력하며, Hydran 201i의 가스 측정범위는 0~2,000ppm이다.

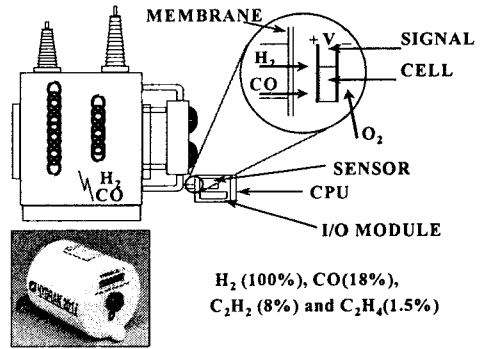


그림 2. Hydran 201i의 측정원리

H<sub>2</sub> (100%), CO(18%),  
C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (8%) and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(1.5%)

2.2.2 부분방전

(1) 방전전류 측정장치

변압기에서 부분방전을 측정하기 위한 전기적인 측정기법은 현장에서 운전되고 있는 변압기에는 수 천[pC]에 달하는 외부잡음을 제거할 기법을 제시하지 못하여 아직까지 효과적으로 적용되지 못하고 있다. 최근 변압기의 부상 탭에서 부분방전에 의한 과도전류를 운전 중에 상시 측정하고, 변압기 외부의 코로나를 노이즈 측정용 센서로 측정하여 부상 탭에서 측정된 신호로부터 외부 노이즈를 제거하는 측정장치가 개발되어 제시되고 있다.[4] 전력연구원에서는 LEMKE Diagnostics GmbH의 LDWD-6를 사용하여, 운전중인 345kV 변압기에 적용하여 신뢰성을 평가하였다.[5] 그러나 노이즈 측정용 센서가 변압기 주위의 전체적인 노이즈를 모두 처리하지 못하고 국한적인 범위의 노이즈만을 처리함으로써, 노이즈 제거기법에 대한 신뢰성이 부족하고, 아직까지 상시 감시장치로서의 안정성이 미흡하여, 765kV 변전소에는 신뢰성이 확보된 후에 적용을 검토하는 것으로 결정하였다.

(2) 초음파 측정장치

변압기 내부에서 부분방전이 발생할 경우, 그 부위에는 국부적인 발열을 동반하고, 그 발열원에 의해 주변의 절연유가 급격한 압축을 받아 충격파로 절연유를 전달하는 펄스형태의 초음파 신호가 발생된다. 그러나 초음파 신호는 철심 및 권선에 의해 초음파 센서에 도달할 때까지 감쇄하므로, 초음파 신호의 크기로 부분방전 전하량을 추정하는 것은 곤란하다. 따라서 초음파 신호의 절대적인 크기보다는 기준레벨 이상의 초음파 신호수율 1초단위로 측정하여 초음파 신호수의 변화경향으로 부분방전의 진전경향을 파악하는 것이 보다 중요하다.[6]

초음파 측정장치는 OLTC측을 제외한 변압기 외함에 12개의 초음파 센서를 부착하여 부분방전의 발생여부와 영역적인 발생위치를 측정한다. 이때 초음파 센서의 주파수 대역은 50~300kHz(중심 주파수 : 150kHz)이며, 프리앰프는 60[dB] 증폭도로 초음파 센서에 내장하였다. 초음파 센서는 마그네틱 홀더로 변압기에 부착되며, 변압기에서의 각종 초음파 노이즈를 제거하기 위하여 50~300kHz의 협대역 필터를 채용하였다. 초음파 측정장치는 신호처리를 용이하게 하기 위하여 0~60dB(10dB step)의 주 증폭기와 1.2MHz Sampling, 16bit Resolution의 A/D Converter를 내장하며, 32Bit Microprocessor를 사용하여 실시간 신호처리 및 통신을 지원하도록 하였다. 초음파 측정장치는 변압기에서 발생하는 노이즈를 완벽히 제거하는 부분방전 의한 초음파 신호 판별 알고리즘을 내장하고 있으며, 초음파 파형 1개를 하나의 신호로 카운트하고, 상시 감시에 용이하도록 이동평균 알고리즘을 내장하고 있다. 그림 3은 전력연구원에서 개발한 초음파 상시 감시장치이다.

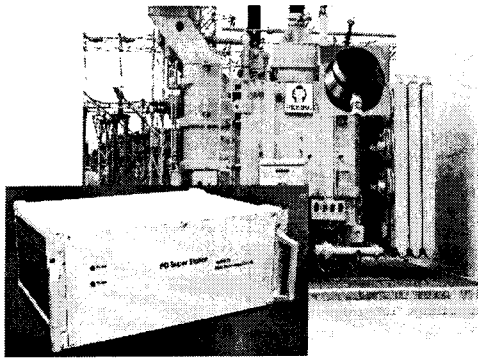


그림 3. 초음파 상시 감시장치

### 2.2.3 절연유 온도

변압기의 온도는 과부하, 국부과열 및 냉각시스템의 운전상태를 감시하는데 유용하며, 가스분석 결과에 따른 과열에 의한 열화를 진단하는데 사용된다. 온도센서는 기존에 사용되는 온도센서(AKM)에서 4~20mA의 아날로그 신호를 출력하는 모델(AKM 34(35)-2-05-11-X-6.0)로 교체하여 사용한다. 온도는 축운저항체의 저항치 변화를 온도로 환산하여 측정하며, 절연유의 온도와 권선의 온도를 모두 측정한다.

### 2.2.4 OLTC 모니터

OLTC는 변압기의 유일한 가동부위로서 동작빈도가 많고, 고장율이 높아 온라인 감시의 필요성이 강조된다. 그러나 OLTC는 구조가 복잡하고, 국내에서는 OLTC를 생산하지 않으므로, 열화에 대한 지식을 획득하기 어려워, OLTC의 예방진단에 대한 연구실적이 없는 실정이다. 최근 OLTC 제작사인 독일의 MR에서 70여년의 제작경험, 유지보수 경험 및 다양한 실험결과를 바탕으로 OLTC 예방진단 장치인 TM-100을 개발하여 제시하고 있다. TM-100에서는 다음과 같은 항목을 진단한다.[7]

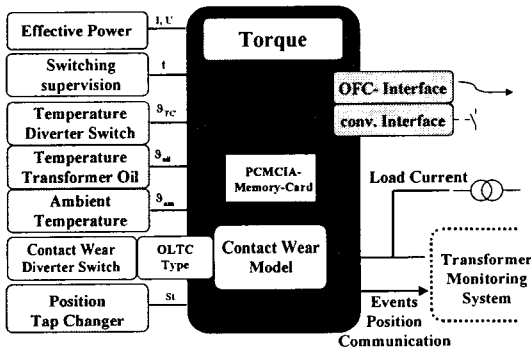


그림 4. OLTC 모니터(TM-100)의 감시 항목

#### (1) 점점마모 감시

점점마모는 부하전류와 탭 위치에 따른 절환회수로 계산하며, 제작사가 제시한 값과 비교하여 양, 부를 판정한다. 점점마모는 각 점점(6쌍)의 전체 마모도와 비교 마모도로 구분하여 감시된다.

#### (2) 토크 측정

토크는 drive mechanism을 감시하는데 유용하다. 토크는 Tap 위치에 따라 각 8개 Active Power(I, V)를 측정하며, 탭 위치에 따른 전류의 크기를 기준 값과 비교한다.

#### (3) 과부하 감시

OLTC의 고장은 OLTC 탭의 온도를 상승시킨다. 따라서 외기온도, 변압기 본체온도 및 Diverter Switch Oil 온도차를 측정하여, OLTC 내부의 이상 유무를 감시한다.

#### (4) 탭 위치 및 동작회수

OLTC의 탭 위치와 동작회수를 감시하여 토크 데이터와 유지보수에 활용한다.

### 2.2.5 환선정유장치 오일 필터 압력

OLTC의 Diverter Switch가 아크에 의하여 마모되면 절연유는 변질되고 절연성능이 저하하게 되므로 이를 막기 위하여 OLTC의 동작 때마다 절연유를 필터링한다. 따라서 필터에는 OLTC의 동작이 계속될수록 이물질이 쌓이게 되고 필터링 효과가 떨어질 뿐만 아니라, 절연유의 흐름 자체를 방해하게 되므로, 이러한 상태가 되기 전에 필터를 교환해 주어야 한다. 따라서 기존의 OLTC 필터의 아날로그 압력계 배관에 T 분기하여 4~20mA 출력형의 압력센서를 설치하여, 필터를 상시 감시한다.

### 2.2.6 펌프 및 팬 전류

펌프나 팬의 상태는 냉각시스템에 영향을 주므로 감시의 대상이 된다. 지금까지는 펌프나 팬의 on, off만을 감시하였으나, 모터전류를 감시하여 냉각시스템의 성능저하와 이상과열을 감시한다. 이 방법은 펌프나 팬 전동기의 전원 입력측에 CT를 설치하여 4~20mA 아날로그 출력신호를 입력받고, 보조접점에서 동작시간을 측정한다.

### 2.2.7 부하전류

부하전류는 감시제어시스템으로부터 각 상의 데이터를 입력받는다. 부하전류는 상부 유온도, 권선온도 등 다른 점점항목과 연계하여 과부하를 감시한다.

### 2.2.8 외기 온도

외기 온도는 변압기 및 기타 기기의 온도영향을 받지 않는 장소에 센서를 설치하여 측정하며, 다른 진단 항목의 온도 보상용으로 사용한다.

### 2.2.9 GIS 부분방전 측정

GIS의 주된 사고원인은 conducting particle, metallic protrusion, floating electrode 등으로, 이들에 의해 GIS 내부에는 부분방전이 발생하며, 부분방전은 광범위한 주파수 대역에 걸쳐 전자파를 발생시킨다. 따라서 GIS의 일정구간마다 배치된 UHF(Ultra High Frequency) Coupler를 통해 약 300MHz 이상의 전자파를 검출하여 부분방전 발생유무 및 결함의 종류를 감시한다.

### 2.2.10 SF<sub>6</sub> 가스 밀도 감시

GIS에 봉입된 SF<sub>6</sub> 가스의 누설은 내부 절연성능의 저하를 나타내므로 가스의 누설감시는 상시 감시에 필요한 항목이다. 가스의 누설 감시는 감시제어시스템과 연계하여 SF<sub>6</sub> 가스 밀도계의 점점상태를 입력받아 가스 압력저하를 감시한다.

### 2.2.11 차단기 누적차단 전류

차단기 점점부는 Cu(구리), Al(알루미늄), Au(은)로 도금되어 있는데 차단기의 점점이 차단될 경우 Arc가 발생되어 점점부의 도금이 서서히 마모되며, 특히 큰 고장 전류에 의하여 차단기가 트립되면 점점이 급속히 마모된다. 따라서 고장전류 크기에 따른 점점마모량을 누적하여 차단기 상태를 감시할 수 있다. 차단기 누적차단 전류 감시를 위한 데이터는 보호배전반으로부터 보호계전기가 동작하여 차단기가 차단될 때마다 보호계전기의 동작시각, 최대 차단전류 데이터를 수신하여, 점점마모량을 환산한다.

### 2.2.12 피뢰기 누설전류 측정장치

피뢰기의 ZnO 소자에 열화가 발생하면 누설전류가 증가하므로 이를 검출함으로써 ZnO 소자의 이상을 검출할 수 있다. 피뢰기의 누설전류는 전 누설전류와, 저항분 누설전류 및 3고조파 누설전류를 측정하는 기법이 있으나, 765kV 변전소의 피뢰기에는 전 누설전류와 3고조파 누설전류를 감시한다. 피뢰기의 누설전류는 피뢰기 서지 카운터에 설치되어 있는 Shunt 저항이나, 접지선에 관통형 CT를 사용하여 측정한다.

## 2.3 데이터 취득장치 및 서버

### 2.3.1 데이터 취득장치

데이터 취득장치는 센서와 이상검출장치로부터 데이터를 수집하는 장치로, CPU 모듈, 측정모듈, 메모리 모듈, 제어모듈, 통신모듈 및 전원 입력모듈로 구성된다. 여기서 측정모듈은 입력 데이터의 특성에 따라 다음과 같이 구분된다.

#### (1) 아날로그 신호 입력 모듈

유온도, 권선온도, 팬 및 펌프 전류, 외기온도, 차단기 누적차단전류, LA 누설전류, 부하전류, 전압, 활선정유장치 압력 등을 DC 4~20mA로 취득한다.

#### (2) 디지털 신호 입력 모듈

SF<sub>6</sub> 가스밀도계 등의 접점신호를 취득한다.

#### (3) 시리얼 신호 입력 모듈

가스 분석장치, 초음파 측정장치, OLTC 모니터 등이 이상검출장치로부터 데이터를 시리얼 통신포트로 취득한다.

### 2.3.2 통신제어장치(Front Ended Processor)

FEP는 여러 대의 DAS로부터 데이터를 종합하여 서버로 전달하는 장치이다. FEP는 multi tasking, real time processing이 가능한 operating system을 탑재한다. 데이터 취득장치와 FEP 사이의 네트워크, FEP와 서버 사이의 네트워크 및 서버와 주변장치사이의 통신 네트워크는 LAN으로 구성한다.

### 2.3.3 서버, 클라이언트 및 주변장치

서버는 데이터 베이스 및 Web 서버로 구축되는 고성능 컴퓨터로, FEP로부터의 각종 운전 데이터를 수신하여 필요한 연산 및 데이터 베이스 관련 업무를 수행하며, 진단 알고리즘을 이용하여 진단한 결과를 사용자와 인터페이스하는 장치이다. 클라이언트는 서버에 Intranet으로 접속되어 모니터링 상태를 확인할 수 있는 컴퓨터이다. 서버는 real time unix 운영체제를 탑재하고, multi tasking을 이용하여 동시에 다수의 작업을 처리할 수 있으며, 클라이언트는 사용자의 이용빈도가 많으므로, PC 환경으로 windows 계열의 운영체제를 탑재한다. 서버에는 알람 내용과 각종 보고서를 출력하는 프린터가 설치된다.

### 2.3.4 모니터링 프로그램

모니터링 프로그램은 온라인으로 취득한 데이터의 절대값이나 변화경향으로 정상, 요주의, 이상, 위험 등의 상태를 운영자에게 알려주는 프로그램이다. 센서 데이터의 표시는 센서들의 현재 상태 값 또는 이를 의미하는 심볼로 표시하며, 화면은 Tree 형식으로 표현된다. 각 화면에서는 유증가스, 부분방전, OLTC 등의 이상검출장치의 자체 분석 프로그램을 직접 구동할 수 있다. 또한 모니터링 프로그램에서는 최근 발생한 알람 발생시각, 알람 내용, 알람 값 등을 표시한다. 모니터링 프로그램에서는 데이터 베이스에 저장된 데이터를 이용하여 시간별, 일별, 월별 및 기간별로 경향을 표시하며, 각 센서 데이터별로 요주의 도달 예측시간을 표시한다.

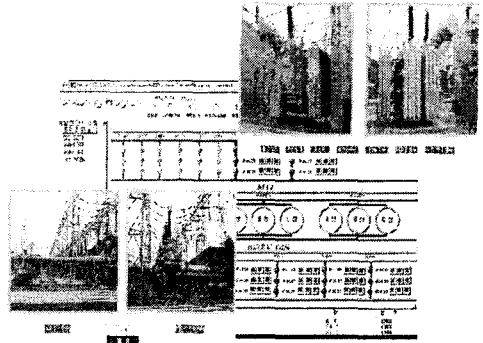


그림 5. 모니터링 프로그램

### 2.3.5 예방진단 전문가시스템

전문가시스템은 예방진단 모니터링 프로그램에서 알람이 발생하거나, 사용자의 요구에 의해 사고의 원인과 사고의 정도를 진단하여 조치사항을 제시하는 프로그램이다. 진단 알고리즘은 센서에서 측정된 데이터를 이용하여 각 진단항목별 알고리즘과 진단항목 사이의 알고리즘을 구성된다. 765kV 변전기기 진단 알고리즘은 크게 변압기, GIS, 피뢰기 진단부분이 있다. 변압기의 진단에는 유증가스, 부분방전, 온도, OLTC, 팬 및 펌프를 진단하고, 진단항목 상호간에 연관성을 검토하는 복합 진단 알고리즘이 구성되어 있다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 2004년 운전예정인 765kV 신가평, 신태백 변전소에 적용할 예방진단시스템에 대하여 기술하였다. 예방진단시스템의 진단항목은 사고통계 자료와 진단기술의 신뢰성과 적용성 등을 검토하여 변전소 전체의 경제성을 추구하여 선정하였다. 센서나 이상검출장치에서의 데이터를 수집하기 위한 데이터 취득장치를 개발하였으며, 모니터링 프로그램과 예방진단 전문가시스템을 개발하였다. 그러나 국내에서는 아직까지 예방진단시스템의 적용경험이 부족하고, 사고시의 데이터가 적어 예방진단시스템의 진단기준치 설정이 미흡한 실정이다. 따라서 향후 변전기기의 정상 운전시는 물론, 이상시의 다양한 데이터를 측정하여 합리적인 진단기준치를 설정해야 하며, 예방진단시스템의 측정 데이터와 진단결과를 운전지침으로 활용하는 방안이 강구되어야 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 광희로 외, "전력설비 사고예방 및 진단시스템 개발에 관한 연구," 한전 최종보고서, pp.1~309, 1993.
- [2] 주병수, 변전기기 사고현황 분석, 한전 평생전문가그룹 자료집, 1999
- [3] 권동진 외, TNU 및 Hydran 201i 사용설명서, Syprotec, 1999
- [4] E. Lemke, "User's Manual of the Partial Discharge Measuring System LDS-6," LEMKE Diagnostics GmbH, pp.5~79, 2000
- [5] 권동진, "온라인 변압기 부분방전 측정기법 적용," 대한전기학회 논문지, Vol.50C, No.8, pp. 394~400, 2001.
- [6] 권동진 외, "초음파 신호 수의 이동평균에 의한 전력용 변압기의 예방진단," 대한전기학회 논문지, Vol.45, No.3, pp.432~437, 1996.
- [7] 권동진 외, OLTC Monitoring system 사용설명서, MR, 1999