

### 345kV 의령변전소 예방진단시스템의 데이터 분석

권동진, 강연욱, 주병수, 이옥배, 이호진  
 전력연구원, 한국전력공사, (주)태광이엔시

### Data Analysis of the Preventive diagnostic system of the 345kV Eui-Ryung substations

D.J. Kweon, Y.W. Kang, B.S. Joo, O.B. Lee, H.J. Lee  
 \* : KEPRI, \*\* : KEPCO, \*\*\* : TaeGwang E&C

**Abstract** - KEPCO is planning to operate 765kV Sin-Tae-Baek and Sin-Ga-Pyong substations from 2004. A preventive diagnostic system to obtain the reliability of transformer and GIS is being adopted in 765kV substations. KEPRI has developed a preventive diagnostic system for 765kV substation since 1997. The preventive diagnostic system developed in that project was installed to the 345kV Eui-Ryung substation in June, 2000, and it is under circumstance durability test and operation capacity tests. In this paper, we analyze data of the preventive diagnostic system in 345kV Eui-Ryung substation.

#### 1. 서 론

변전기는 사고시 정전범위가 광역화되므로, 신뢰성을 확보하여 안정적으로 전력을 공급하기 위해 최근 예방진단시스템이 적용되고 있다. 예방진단시스템은 변전기기의 운전상태에서 이상징후를 상시 감시하여 불시정전을 방지하며, 축적된 데이터로 최적의 유지보수 계획을 수립하는 변전소 자동화 운전에 대응하기 위한 시스템으로, 신뢰성있는 온라인 이상검출 기술을 종합하여 변전소 운영입장에서 시스템화한 것이다. 한편에서도 각종 온라인 이상검출 기술을 집약시킨 예방진단시스템을 1998년부터 8개의 345kV 변전소에 적용하여 운전중에 있으며, 2004년 운전예정인 765kV 신가평, 신대백 변전소에도 적용할 예정이다. 예방진단시스템을 원활히 적용키 위해서는 국내 변전기에 적합한 진단기준 설정 및 변전소 운영입장에서의 진단 알고리즘 개발이 중요하며, 이는 장기간의 이상검출기술의 적용경험과 예방진단시스템의 운전경험을 거쳐야 효과적인 개발이 가능할 것이다. 본 연구에서는 765kV 변전소에 적용하기 위하여 개발하여 2000년 6월부터 345kV 의령변전소에 시범적용중인 예방진단시스템의 데이터를 분석하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 예방진단시스템의 구성

예방진단시스템은 크게 변압기와 GIS 등에 설치되어 운전상태를 측정하는 센서 및 이상검출장치, 센서와 이상검출장치로부터 신호를 취득하는 데이터 취득장치(DAS), 데이터 취득장치와 서버를 연결하는 통신제어장치(FEP), 모니터링 프로그램과 예방진단 전문가시스템이 설치된 서버로 구분된다. 여기서 이상검출장치는 센서로부터 데이터를 취득하여 자체적으로 내장한 진단 알고리즘을 수행하여 중요 데이터를 데이터 취득장치로 전송하는 장치로, 가스분석장치, 부분방전 누설전류 측정장치 및 부분방전 초음파 측정장치 등이다. 그림 1은 의령변전소에 시범적용한 예방진단시스템의 구성을 나타낸 것이다.

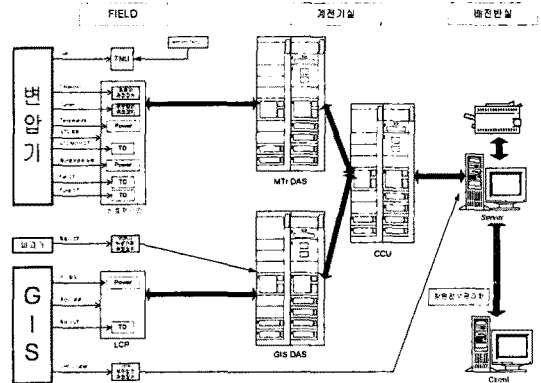


그림 1. 예방진단시스템의 구성도

##### 2.2 예방진단 항목

###### 2.2.1 변압기 예방진단 항목

감시항목	센서종류	제조사	모델명	비고
유증가스	6가지 가스	Syprotec	TNU	H <sub>2</sub> , CO, C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
부분방전	누설전류	부싱네펜형장치 + 측정장치	LDIC	LDWD-6
	초음파	초음파 센서 + 측정장치	KEPRI	PDMS-2 초음파 센서 : 12개
철연유 온도	측온저항체	AKM	AKM 34-2-05-11-X-6	
OLTC	CT + TD	국산		
활선경유 장치 압력	압력계	국산	PT-3300	
팬 동작전류	CT + TD	국산		
펌프 동작전류	CT + TD	국산		
부하전류	감시제어시스템			
권선온도	감시제어시스템			
외기온도	측온저항체			

###### 2.2.2 GIS 예방진단 항목

감시항목	센서종류	제조사	모델명	비고
부분방전	LHF Copuler	DMS	PDM	
SF <sub>6</sub> 가스밀도	압력 + 온도	WIKA	851.13.900	
CB 동작특성	제어전류 CT + 보조접점	LEM	HAL 50 S	
파괴기 누설전류	고주파CT + 측정장치	EDS(주)	EDS 1	

##### 2.3 데이터 취득현황

###### 2.3.1 현재 측정치

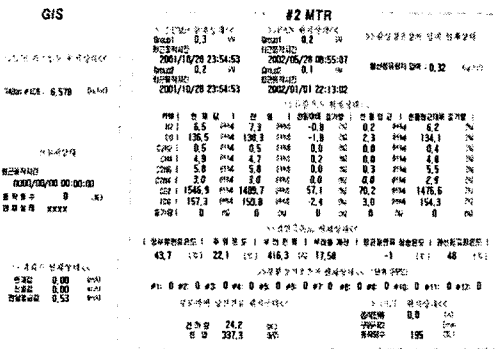


그림 2. 데이터 종합화면

그림 2는 현재 측정되고 있는 데이터의 종합화면으로 변압기와 GIS에 설치한 센서에서의 데이터를 종합적으로 나타내고 있다.

### 2.3.2 유증가스

본 연구에서의 가스분석은 가스 Pattern법에 의한 진단방법과 IEC Code법에 따른 가스성분비 구성에 의한 진단방법을 사용하기 위하여 H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 가스를 측정한다.

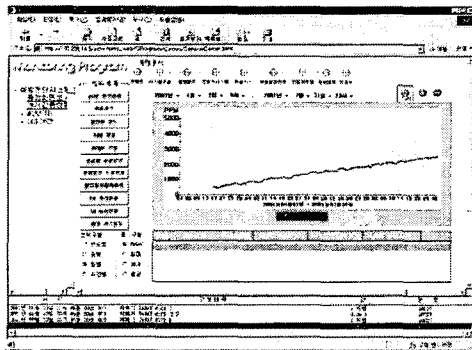


그림 3. CO 가스 경향분석

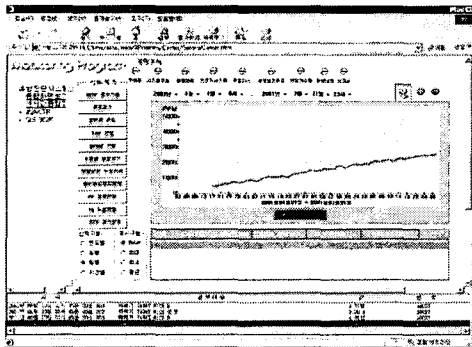


그림 4. CO<sub>2</sub> 가스 경향분석

유증가스는 H<sub>2</sub>는 6.5, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>는 0.5, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>는 3.0, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>는 5.8, CH<sub>4</sub>는 4.9, CO는 136, CO<sub>2</sub>는 1,547ppm로 정상범위에서 있으나, CO와 CO<sub>2</sub> 가스는 증가경향이 뚜렷하여, 주의 깊게 관찰하여야 하는 것으로 나타났다.

### 2.4.3 부분방전 방전전류

변전소에는 각종 전기적인 코로나 노이즈가 많이 발생하므로, 변압기 내부의 부분방전만을 상시 측정할 수 있도록, 변압기 부싱 탭에서 변압기 내부의 부분방전을 측정하고, 변압기 외부에서 발생하는 코로나는 노이즈 안테나를 이용하여 별도로 측정하여 부싱 탭에서 측정하는 신호로부터 외부 노이즈를 제거하도록 하였다.

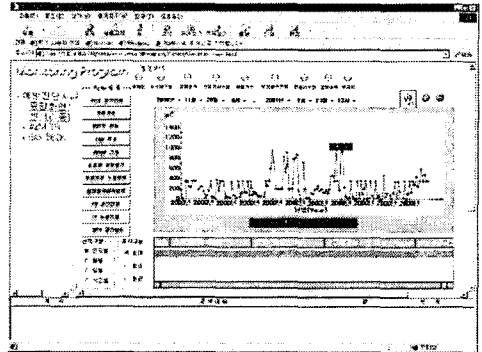


그림 5. 부분방전 누설전류 경향분석

부분방전 누설전류는 현재 24pC이 측정되고 있으며, 변압기의 설치시점과 가스분석 값을 차고할 때 변압기 내부에서 부분방전이 발생하지 않는 것으로 판단된다. 그러나 외부 노이즈에 제거에 대한 확인이 좀 더 필요한 것으로 나타났다.

### 2.4.4 부분방전 초음파

부분방전 초음파는 변압기 외함에 초음파 센서를 부착하고, 변압기의 운전 중에 상시 측정하여 주 변압기 내부의 부분방전 발생여부와 영역적인 발생위치를 판단한다. 초음파 측정장치는 50~300kHz 대역의 초음파 신호를 집중 관찰한다.

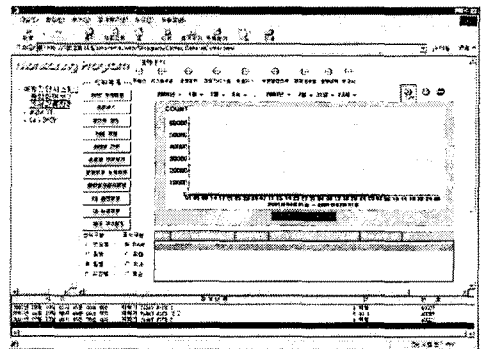


그림 6. 부분방전 초음파 신호 경향분석

부분방전 초음파 신호는 현재 모든 센서에서 측정되지 않으므로, 요주의 및 이상 변압기를 대상으로 한 참고 데이터가 필요한 것으로 나타났다.

### 2.4.5 절연유 온도

변압기는 비정상적인 온도가 발생하여도 바로 사고로 이어지지 않기 때문에 온도측정은 사고를 예측하는 데는 어려움이 있으나, 온도측정은 과부하 등 변압기 내부의 과열을 조기에 발견하기 위한 방법으로 기존 변압기에도

적용되어 왔다. 따라서 변압기 절연유 온도계에서의 4~20mA 아날로그 출력신호를 입력받을 수 있는 Transmitter 내장형을 사용하였다.

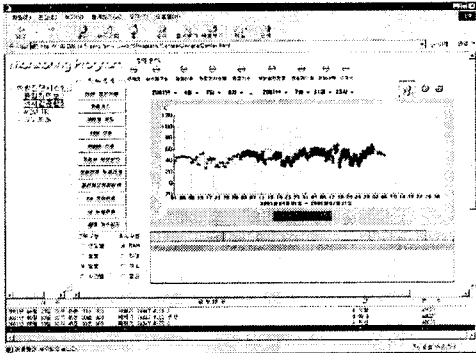


그림 7. 절연유 온도 경향 분석

절연유 온도는 현재 43.7°C, 권선 최고점 온도는 약 48°C로 정상인 범위로 증가경향이 없으며, 전반적으로 동작이 원활하게 나타났다.

#### 2.4.6 부하시 탬 절환장치

탬 절환장치는 변압기 사고의 약 13%를 차지하는 등 고장율이 높아 온라인 감시의 필요성이 강조된다. OLTC는 전동기 동작전류와 접점 시간만을 감시한다.

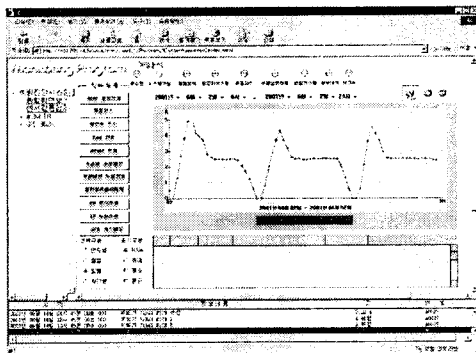


그림 8. OLTC 동작전류 파형

OLTC 동작전류는 약 2.5A, 동작회수는 195회로 정상 범위에서 측정되었다.

#### 2.4.7 활선정유장치 압력

OLTC의 Diverter Switch의 동작은 절연을 위하여 절연유에서 이루어지게 된다. 이러한 Diverter Switch가 아크에 의하여 마모되면 절연유는 변질되고 절연성능이 저하하게 되므로 이를 막기 위하여 OLTC의 동작이 이루어질 때마다 절연유를 거를 수 있는 필터장치가 사용된다. 따라서 필터에는 OLTC의 동작이 계속 될수록 걸러진 이물질이 쌓이게 되고 필터링 효과가 떨어질 뿐만 아니라, 절연유의 흐름 자체를 방해하게 되므로, 이러한 상태가 되기 전에 필터를 교환해 주어야 한다. 따라서 필터장치가 고장 또는 이상이 발생하지 않도록 사전에 감지할 수 있는 상시 감시할 필요가 있으며, 이를 위하여 활선정유장치에 압력센서를 부착한다.

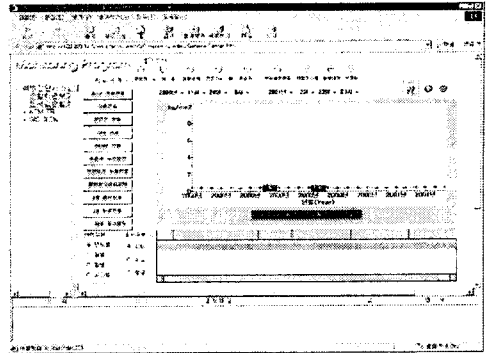


그림 9. 활선정유장치 압력 경향분석

활선정유장치 압력은 약 0.32kg/cm<sup>2</sup>으로 정상인 범위에서 증가경향은 없는 것으로 나타났다.

#### 2.4.8 냉각 펌프 및 팬 전류

팬이나 펌프의 상태는 냉각계에 영향을 주므로 상시 감시의 대상이 된다. 따라서 지금까지는 냉각용 펌프, 팬의 on, off만을 감시하였으나, 모터 전류를 추가하여 냉각계의 작동을 더욱 세밀하게 감시한다.

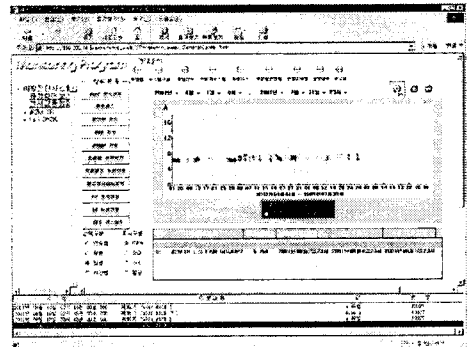


그림 10. 팬 및 펌프 경향분석

팬 및 펌프이 동작할 때의 전류는 팬 6.5A, 펌프 8.3A로 나타났으며, 2001년 10월 28일 이후에는 아직까지 동작이 없는 것으로 나타났다.

#### 2.4.9 부하전류

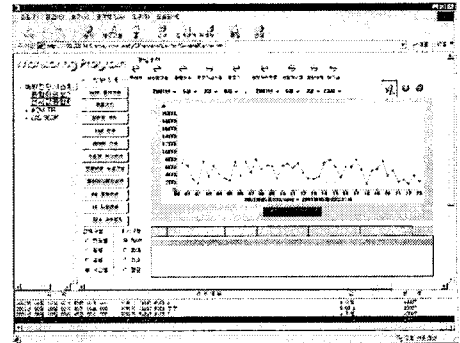


그림 11. 부하전류

부하전류는 현재 416A로 부하율은 비교적 낮은 편으로, 정상적으로 데이터를 취득중인 것으로 나타났다.

#### 2.4.10 외기온도

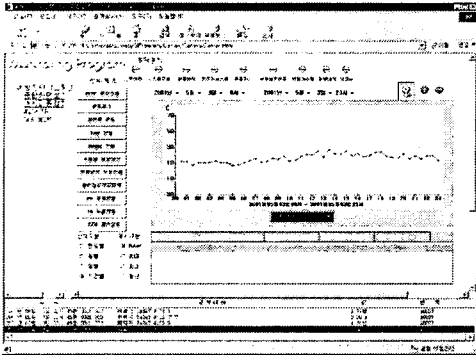


그림 12. 외기온도 경향분석

변압기 주위의 외기온도는 현재 22.1°C로 정상적으로 데이터를 취득중인 것으로 나타났다. 그림 12는 일일 중의 온도를 나타낸 것이다.

#### 2.4.11 SF<sub>6</sub> 가스밀도

GIS에 봉입된 SF<sub>6</sub> 가스의 누설은 내부 절연성능의 저하를 나타낸다. GIS 내의 SF<sub>6</sub> 가스누기 검출은 가스의 압력을 측정하고, 동시에 가스의 밀도에 크게 영향을 미치는 온도를 보정함으로써 가스밀도를 산출할 수 있다.

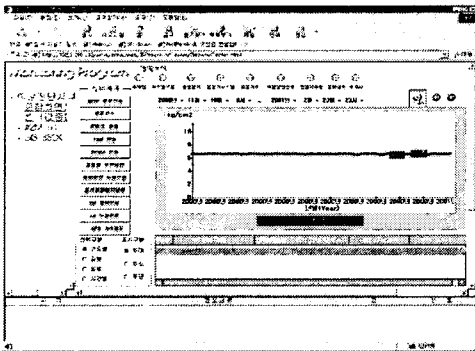


그림 13. SF<sub>6</sub> 가스밀도 경향분석

SF<sub>6</sub> 가스밀도는 6.4kg/cm<sup>2</sup>로 정상인 범위에서 가스압력의 감소 경향은 없는 것으로 나타났다.

#### 2.4.12 차단기 동작특성

GIS 중의 주요 기기인 차단기는 통상 정지되어 있으므로 그 개폐성능의 이상검출이 어렵다. 따라서 돌발적인 개폐이상은 사전에 검지가 불가능하지만, 개폐조작시의 특성에 대한 경년적인 이상을 검지하면, 사고를 미연에 방지하는 것이 가능하다. 차단기는 트립지령에 의하여 차단기 동작시간, 전류치에 대하여 감시한다. 의령변전소의 차단기는 설치 후 아직까지 한번도 동작하지 않아, 설치시의 초기치만이 설정되어 있다.

#### 2.4.13 피뢰기 누설전류

산화아연 피뢰기는 ZnO 소자에 열화가 발생하면 누설

전류가 증가하므로 누설전류를 검출함으로써 산화아연 피뢰기의 소자의 이상을 검출할 수 있다. 누설전류는 전 누설전류에서 저항분 누설전류를 분리하여 측정한다. 저항분 누설전류에는 기수차의 고조파 성분이 포함되어 있으며, 소자가 열화하여 저항분 누설전류가 증가하면, 동시에 고조파 성분도 증가한다. 따라서 피뢰기의 접지선에 장착된 로고우스키형 검출 코일로 전 누설전류를 검출하고, 이것을 band-pass 필터를 통하여 제3고조파의 추출하고, 정상치와 비교하여 이상을 검출한다.

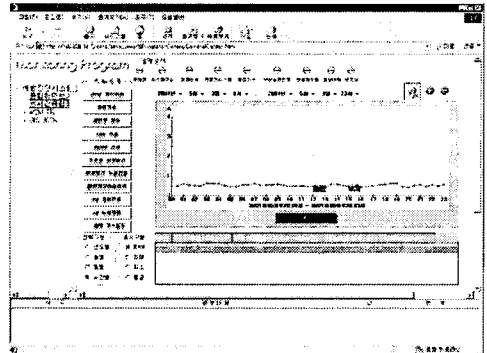


그림 14. 피뢰기 누설전류 경향분석

피뢰기 누설전류는 0.5mA로 요주의 1.0mA에는 도달하지 않는 정상인 범위에서 측정되고 있다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 변전기기의 운전상태에서 운전 데이터를 온라인으로 취득하는 예방진단시스템을 345kV 의령 변전소에 시범 적용한 데이터를 분석하였다. 의령변전소에 시범 적용한 예방진단시스템은 전체적으로 정상인 범위에서 운전 데이터가 취득되고 있으나, CO 및 CO<sub>2</sub> 가스가 증가경향을 나타내고 있어, 관찰이 요구된다. 아직까지 예방진단시스템의 서버와 세서의 안정적인 동작에는 다소의 보완이 필요하며, 취득 데이터의 활용에 관한 연구가 필요한 시점이다.

#### (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 20li 사용설명서, Kyprotec, 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