

대용량 유입변압기의 온라인 진단시스템 적용연구

이창용, 김용한, 김남해, 김정환, 윤자홍, 남극재
 현대중공업 기계전기연구소, 신제품개발실

Field Test of On-line Monitoring System for Oil-filled Power Transformers

Chang R. Lee, Yong H. Kim, Nam H. Kim, Jung H. Kim, Ja H. Yoon and Keuk C. Nam
 Hyundai Heavy Industry, Ltd., Co.

Abstract - This paper presents recent studies on the on-line insulation monitoring and diagnostic systems for transformers developed by HHI. Sufficiently high sensitivity and accuracy for practical use were achieved for the system, combined with communication networks to provide an on-line remote monitoring system. Several alarm criteria are formulated to enable a superimposed monitoring system to perform decisive action. The reasons for monitoring the condition and maintaining the health of electrical apparatus were discussed. The experience at the fields and the criteria for the judgment are also discussed in detail.

1. 서 론

전력산업분야에 있어서 규제완화 및 자유화, 민영화가 지속적으로 진행되어, 경제적인 원인 등을 이유로 그간 중사하였던 기술자 및 운전인원을 현저히 감축하여, 전력분야에서는 축적된 know-how를 가진 전문 기술자들이 격감하고 있는 상황이다. 이와는 반대로 변압기, 회전기, 차단기, 케이블 등의 전력기기는 설치된 지 수십년이 지나가면서 노령화가 가속되기 때문에 적은 인원으로, 보다 효과적으로 더 많은 보수관리작업을 하지 않으면 안되는 현실에 직면하고 있다.

그리고 사회적으로는 고도 정보사회로의 진전, 생활환경·사회기능의 전력의존도 증대 등에 의해 전력의 이용환경은 공급신뢰도 및 질적 개선이 한층 더 강하게 요청되고 있다. 한편, 설비용량의 증대, 기기·장치의 소형·경량화, 밀폐화라고 하는 설비구성의 변화에 따라서 가동중인 설비의 사고를 미연에 방지하거나 만일의 사고 발생시 처리 등의 보전기술에 있어서도 새로운 대응방법이 요구되고 있다. 특히, 사용자의 입장에서는 과거보다 제반 경비를 최소화하여 이익을 증대시켜야만 하기 때문에 강제적인 운전 정지는 최대한 피하면서 가동율을 향상시키는 것이 중요하다. 따라서, 자회사 작업자 및 공장의 안전, 그리고 환경에 대한 책임 등의 상황적 변화에 대응하기 위한 접근방법으로서 운전중의 변전설비를 감시·진단하고 세밀한 점검이 필요한지의 여부 또는 수명예측 등을 자동적으로 실행하는 온라인 시스템에 대한 기대가 일층 더 높아지고 있다.

따라서, 변전기기의 온라인 진단시스템은 변전설비를 운전상태에서 이상징후를 상시 감시하여 불시의 정전을 방지하며, 축적된 데이터로 최적의 유지보수계획을 수립하고 고장시에 누락된 데이터로 이상원인 및 이상위치를 판정하여 신속히 사고를 복구하는 변전소 자동화 운전에 대응하기에 적합한 시스템으로, 개발시 당사 제품의 대외적인 신뢰도 향상에 기여할 것으로 여겨진다. 당사에서는 이러한 분야의 연구의 일환으로 변압기 및 GIS를 대상으로 하는 온라인 진단시스템을 개발하였으며, 그 중 변압기부분의 시스템 (HiPDS)의 개발 내용과 당사

154kV 변전소에 설치 및 적용하여 운전한 경험을 정리하여 발표하고자 한다. 당사 154kV 변전소에는 4개 bank의 3상 일괄형 변압기가 운전중에 있으며, 본 연구에서는 3개 bank의 변압기에 진단항목별 요구 센서를 부착하여 약 6개월간 운전중에 있다.

2. 감시 및 진단시스템

본 연구에서 개발한 변전기기 예방진단시스템은 아래의 그림 1과 같이 주 변압기 및 GIS 등 변전기기에 설치되는 각종 센서, 센서로부터 데이터를 취득하는 이상검출장치, 이상검출장치에서 데이터를 수집하는 DAS (Data acquisition system), DAS와 서버를 연결하는 통신제어장치 (CCU 또는 PCM), 윈도우즈기반의 모니터링 프로그램과 진단프로그램이 설치된 서버를 포함하여 각종 부가장치를 포함하는 요소들로 구성되어 있다.

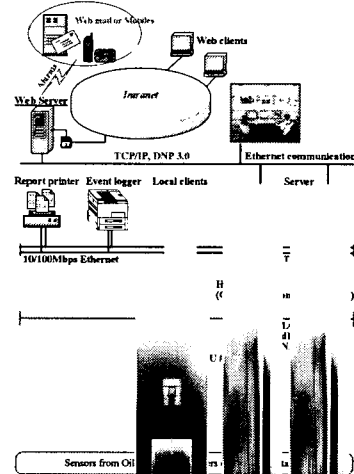


Figure 1. Monitoring and diagnostic system for transformers and GIS developed by HHI.

그림 1에 나타난 바와 같이, 아날로그 신호 입력과 접점의 on/off 신호 등의 디지털 입력신호는 AIM (Analogue input module)과 DIM (Digital input module) 등으로 구성되는 RTU를 경유하여 CCU로 전해지고, 유중가스 분석장치 및 OLCG 동작특성 측정장치로부터 입력되는 시리얼 데이터처리는 SIM (Serial input module)을 통하여 각 센서로부터 적절한 프로토콜로 직접 CCU로 전달된다. 서버의 구성을 살펴보면, 데이터베이스 구성기는 PCM (Process Control Module)이 수행하는 제어기능의 알고리즘을 구성하고, 이를 관리하며, 또한 해당 PCM에게 다운로드하는 소프트웨어의 모음이다. 데이터베이스 구성기로 작업된 데이터베이스 정보는 SQL-Server로 저장되며, SQL-Server는 데이터베이스 구성기에서 이루어진 정

Table 1. Major specifications of on-line diagnostic system

Server	CPU	Pentium with capacity 400MHz or higher		
	Memory	Upper 128MB RAM, Upper 2GB HDD		
	OS	Windows 2000 Server/ Windows 2000 Professional		
	Monitor (Resolution)	Upper 19" monitor (Upper 1280x1024)		
	Network	Ethernet TCP/IP (Dual Network Adapter Needed)		
	Printer	Color inkjet printer (A4 standard)		
PCM	CPU	MPC860 32Bit RISC Processor		
	No. of Registered Tag	Max. 30,000 points		
	Network	Dual Ethernet / NMS, HDLC, SDLC, etc. Protocol		
	Communication	RS485 5 ports, RS232C 3 Ports, RS422 3 Ports		
	OS	SCOS, VxWorks, Linux		
RTU (MPM)	CPU	80C196KC-20		
	Memory Capacity	128KB EPROM, 64KB SRAM		
	Computer Link	Maintenance	RS232C Interface (1 Port)	
		Link with CCU	RS232C Interface (1 Port)	
	Display	7-Segment	System Status	
LED		Primary/Secondary Status, Communication Status		

보를 바탕으로 각종 시스템 운영 정보 및 Logging 정보를 HMI에 전송하게 되며, Local Server와 시스템 운영 정보 및 Logging 정보를 상호 교환한다. Client는 Server에 저장되어 있는 각종 데이터를 제공받아 필요한 정보를 얻을 수가 있다. 그림 2에 이러한 시스템에 대한 개략적인 구성도가 나타나 있다.

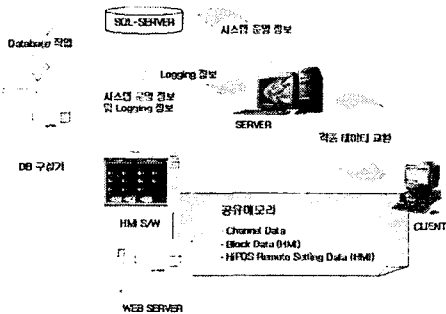


Figure 2. Systematic diagram of server.

HiPDS의 특징은 30,000 포인트 이상의 태그로부터의 정보를 처리할 수 있으며, 멀티화된 서버의 기능과 네트워크의 이중화를 구현하여 시스템의 안정성을 높였다는 점을 들 수 있다. 각 구성요소의 상세 구성은 다음 표 1에 상세히 나타내었다.

당사 시스템에서 적용하고 있는 변압기 진단항목은 IEEE Guide for the Application of On-line Monitoring to Liquid-immersed Transformer와 같은 연구결과와 한전 765kV 변전소 예방진단시스템 구매 시방서에 기초하여 적용하고 있으며, 이것의 일례를 표 2에 나타내었다. 표 2의 진단항목중 현재 당사 변전소에 적용중인 것은 일부분으로, 당사 진단 시스템은 변압기의 전압계급과 용량에 따라 선택적으로 적용할 수 있으며 사용자의 다양한 요구에 선택적으로 대응가능한 시스템으로 구성되어 있다.

HiPDS에서 적용하고 있는 알고리즘 중, 유증가분석은 현장에서 전문가적인 지식을 가진 인력이 존재하지 않아도 당사에서 개발한 인공지능을 활용한 알고리즘을 활용하여 전문가에 준하는 정보를 제공할 수 있다 (그림 3). 또한, 열저항 회로와 유동해석 등을 이용하여 개발된 대용량 변압기 내부온도분포 계산기법을 알고리즘화 하여 그림 4와 같은 팝업창을 통해 사용자에게 실시간

Table 2. Measuring quantities of HiPDS

Active Part
Oil & Winding temperature
Dissolved gas in-oil contents
Fuzzy analysis of Dissolved gas in-oil
Moisture in oil
Operation of Buchholz relay
Calculation of actual overload capacity
Hot spot temperature
Ageing rate & lifetime assumption
Estimation of remaining lifetime
Operating voltage & load current
Operation of pressure relief device
Cooling Units
Operating conditions of pans and pumps
Calculation of temperatures of inner parts
Ambient temperature
On-load Tap Changer
OLTC position, Torque, No. of operation
Calculation of contact assumption
Operating current of the motor drive
Temperature of the diverter switching room
Pressure of oil filter unit
Conservator
Oil level
HV Bushings
Power factor & Capacitance

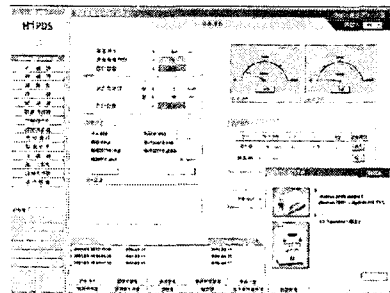


Figure3. DGA screen.

적으로 온도변화를 제공하는 것이 가능하다. 변압기의 수명은 절연지의 기계적 강도의 저하에 의해 결정된다고 알려져 있다. 변압기에 사용되는 절연지는 도체 절연, 코일을 지지하기 위한 프레소보드, 리드 절연 등으로 분류될 수 있다. 이들 중에서 일반적으로 코일의 상단부에 설치된 도체절연이 가장 고온에 놓여있게 된다. 따라서 변압기에서 hot spot에서 절연지의 열화정도를 예측하는 것이 필요하다. 본 시스템에서는 실시간적인 hot spot 온도의 제공과 절연지의 열화에 의해 생성되는 fural 성분 유증함유량, 구조 파라미터를 입력함으로써 잔여 수명을 제공하는 것이 가능하도록 개발되었다.

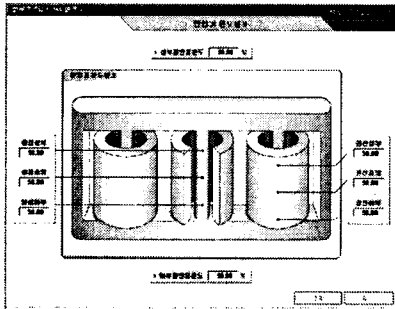


Figure 4. Pop-up screen for temp. analysis of transformers.

3. 공정도 화면구성

HiPDS의 MMI는 그림 5와 같이 크게 초기화면, 주화면 (변압기 전체 모니터링 화면), 개별 변압기 모니터링 화면, 각 진단항목별 모니터링 및 진단화면, 주메뉴 화면, 각 진단항목별 보조메뉴화면들로 구성되어 있다. 각 화면에서는 주메뉴와 보조메뉴화면, 이전화면 등으로 이동할 수 있는 URL을 갖추었다.

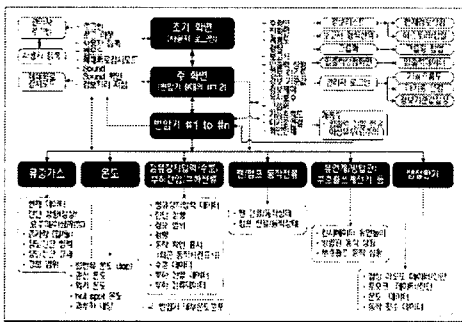


Figure 5. GUI of HiPDS.

그림 6은 당사에서 개발된 HiPDS의 초기화면과 계통도 화면을 나타내고 있다. 한편의 요구사항에 따라서 어느 화면에서나 최근 경보내용을 표시하고 있으며, 경보의 표시는 발생시간, 경보내용, 경보 값 등을 제공할 수 있도록 구성되었다. 주화면은 변압기의 전체를 바탕으로 각 탱크의 이상유무를 정상, 요구의, 이상, 위험 단계로 색상별로 표시하고, 설치되어 있는 진단용 센서 (사진)의 URL을 클릭하면 해당화면으로 이동된다. 그림 7은 웹기반의 GUI로 인터넷을 통해 권한을 가진 사용자는 사내 어디에서나 변압기의 상태가 감시가능하도록 개발되어 운용중에 있다.

그림 8은 현재 HiPDS가 설치되어 있는 당사 154kV 변전소의 전경을 나타낸 것으로, 향후 새로운 GUI의 개발, 알고리즘의 개발 등에 지속적으로 활용할 예정이다.

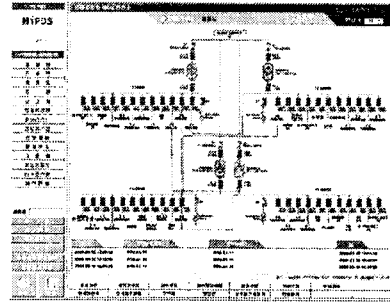


Figure 6. Example of GUI.

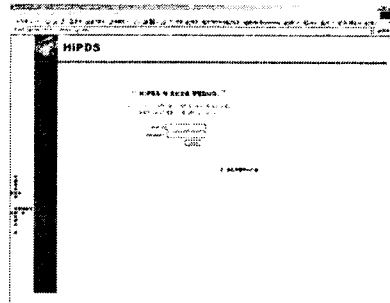


Figure 7. Web-based screen of HiPDS.

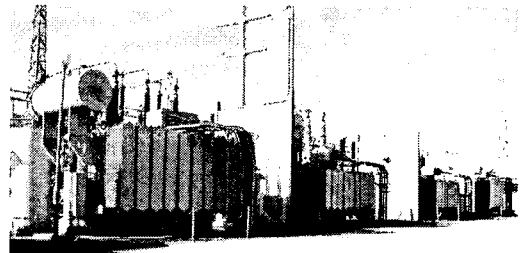


Figure 8. Front view of 154kV s/s in HHI.

4. 결론

당사에서 개발한 전력기 진단시스템중 변압기 온라인진단시스템의 실적용을 위해 당사 154kV 변전소의 변압기들을 대상으로 적용연구를 진행하였다. 연구결과, 시스템의 안정성, MMI의 동작상태, 알고리즘의 적용에 문제점이 모두 해결되어 실사이트에 적용하는 것이 가능하리라 여겨진다.

[참고 문헌]

- (1) J. P. van Bolhuis, et al., IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 17, No. 2, pp. 528-536, 2002.
- (2) I. E. Kunimov and V. M. Pak, IEEE Intern. Symp. on Electr. Insul., Anaheim, USA, April, pp. 532-534, 2000.
- (3) 일본전기학회기술보고, “電力設備の運轉中絶縁診断技術”, 1992.
- (4) 일본전기학회, 전기협동연구, Vol. 50, No. 2, 1994.