

전력용변압기 감시진단용 IED 개발

장철혁, 이 곤, 서황동, 조익춘  
(주)효성 중공업연구소

Development of Monitoring Diagnostic IED for Power Transformer

Cheul-Hyeok Chang, Kon Lee, Whang-Dong Seo, Ik-Choon Cho  
Power & Industrial System R&D Center, Hyosung Corporation

**Abstract** - 본 논문에서는 전력용변압기의 예방진단 IED(Intelligent Electronic Devices) 개발에 대하여 기술하였다. 유입식 전력용변압기의 예방진단을 위한 IED 및 제반 시스템 구성, IED에 탑재된 알고리즘에 대하여 설명한다. 또한 시스템내부의 통신형태 및 HMI 화면구성에 대하여 소개한다.

1. 서 론

송전용량의 증가로 기기 고장시의 과급효과가 더욱 커지게 됨에 따라 전력설비들은 매우 높은 신뢰성이 요구되며, 특히 기기의 고장을 예측 진단하여 신뢰성을 높일 필요가 절실해 지고 있다.

전력설비의 유지보수기술은 과거 Off-line상태에서 수리위주의 기술에서 “계획기반의 유지보수”를 거쳐 “조건(Condition)기반의 유지보수”에 이르렀다. 각 설비의 특성과작업과 운용환경에 따른 설비의 중요도 및 과급효과분석(Failure Modes, Effects & Analysis)등의 신뢰성 공학을 통해 가장 효율적이고 경제적인 유지 보수 방안을 전략적으로 운영, 관리할 수 있는 첨단 신뢰성 기반의 예방진단(RCM : Reliability Centered Maintenance)기술과 시스템, 인프라를 개발할 필요도 커지고 있다. 또한 현재 디지털 기반의 변전자동화 시스템이 개발 중이며, 설비에 대한 진단 IED(Intelligent Electronic Devices)도 개발 항목에 있다. 이러한 진단 IED에서 보다 데이터를 효율적으로 처리하기 위하여, 전력설비의 전기, 기계적 보호장치들에 대한 정보를 디지털화 시키는 것은 매우 중요하며, 해외 선진사의 경우 몇 가지 보호장치들에 대한 정보를 디지털화하여 예방진단 시스템을 개발하고 있다. 이러한 흐름에 맞추어 운전 중인 변압기를 Monitoring하여 대략적인 점검이나 정밀진단의 필요여부를 판단하고, 실시간으로 권선의 Hot-Spot온도를 계산하여 변압기의 수명을 예측하고, 과부하시 변압기 운전능력을 판단하는 등의 전력용변압기 예방진단 시스템에 대한 수요가 증가하고 있다. 이에 당사가 개발 중인 변압기 예방진단용 현장 IED에 대하여 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 변압기 예방진단용 현장 IED 개발

2.1.1 현장용 IED 기능

현장 IED는 변압기에 취부된 각종 감시센서 및 보호계전기로부터의 Data를 취득하여 변압기에 대한 1차진단 기능을 수행하며, 탑재된 알고리즘을 통하여 변압기에 대한 최적의 운전이 가능하며, 취득된 정보는 선별적

으로 상위 시스템에 전송 및 원격제어도 가능하다. 다음은 현장 IED에 대한 주요 기능을 요약하였다.

- ① 변압기용 현장 IED
  - ② 변압기 상태감시 및 진단을 위한 데이터 취득
    - 변압기 보호계기 동작감시 : 이상압력, 유면 등
    - 변압기 상태 계측 : 온도, 전류, 유중가스 등
  - ③ 변압기 냉각제어 기능
  - ④ 변압기 1차진단 기능
    - 이상 상태 판정, 경보발생 및 Trend 표시
  - ⑤ 상위시스템 데이터 전송
    - IEC61850 통신(MMS 및 GOOSE 기능)
  - ⑥ 자체 HMI 기능 내장 : 항목별 경향표시 등

2.1.2 현장용 IED 구성

본 논문에서 예방진단용 Local Unit과 I/O Module을 통칭하여 현장 IED라 하며, 현장 IED를 포함한 예방진단시스템의 일반적인 구성은 그림 1과 같다. 당사의 전력용변압기 예방진단 시스템은 변압기에 취부 되는 각종 센서류와 각종 보호계기류(릴레이 등)로부터 데이터를 취득하는 I/O Module, I/O Module로부터 취합된 정보를 분석하고, 진단알고리즘을 통한 예방진단 기능 수행 및 운영자 화면 제공, 상위시스템과 데이터를 교환하는 Local Unit으로 구성되어 있다.

Local Unit(그림상의 LU Main Frame)은 기존의 Local Control Panel상에 위치하며, Windows 기반의 Panel PC로 구성되어 있다.

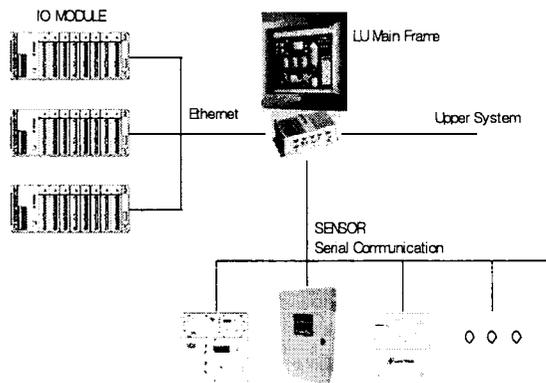


그림 1. 현장용 IED 구성

2.1.3 변압기 감시진단 항목

당사의 전력용변압기 예방진단시스템의 진단항목은 표 1과 같으며, 변압기 감시진단을 위해 요구되는 항목을 기초로 구성하였다

구분	Monitor 항목	
Active Part	주위온도	
	유온도	탱크상부 탱크하부
	권선 Hot-SPot 온도 (계산)	HV 권선 LV 권선
	권선 Hot Spot 온도 (측정)	HV 권선 LV 권선
	유중 가스	
	유중 수분	
	운전부하(과부하 허용내량, 허용시간) 열화율	
붓싱	전류	고압 저압
	붓싱 내부 가스압력	
	PF, Capacitance 변화량	
보호 계기	절연유 Main 유면	
	절연유 OLTC 유면	
	충격압력	
	내부 발생가스	
	변압기 내부 압력	
	브호홀츠 계전기	
냉각기	N2 가스압력 (GOST Type만 해당)	
	냉각팬/펌프 Auto/Manual	
	냉각팬/펌프 운전 냉각팬/펌프 전원	
OLTC	탭위치표시	
	접점 마모량	
	TAP 전환 감시/제어신호(lower/raise)	
	보호계전기	
	AVR 저전압	
	AVR 전원	
	OLTC Auto/Manual	
	활선정유장치 운전 활선정유장치 전원 활선정유장치 압력 OLTC Motor 전원	
전원	Power Source Fault	

표 1. 감시진단 항목

또한 전력용변압기의 운전상태에 대한 양질의 정보를 제공하기 위해서 Hot-Spot 온도계산 알고리즘, 변압기 수명계산 알고리즘, 과부하 내량 계산 알고리즘, 유중가스 분석 알고리즘, 냉각기 최적제어 알고리즘 등이 탑재가 가능하다. 표 2에 감시진단 항목별 측정 센서를 정리하였다.

항 목	센 서
외기 온도	AKM
상부 절연유 온도	AKM
권선 온도	AKM
Hot-Spot 온도	Optical sensors
충격 밀리암	SPR
내부 압력	PRD
내부 발생가스량	GDR
Buchholz Relay	Buchholz Relay
유면	Oil Level Indicator
유중가스 분석(수소)	Callisto
절연유중 수분밀리암	Callisto
절연유중 산소밀리암	계산
과부하내량	계산
냉각팬/펌프 현황	CT
전압	PT
전류	CT
절연	Doble-IFD
LTC 유온도	AKM
LTC 모터 구동전류	CT
LTC 보호계전기 감시	RS2001

표 2. 변압기 감시진단용 센서

표 2는 기본적인 센서의 구성이며, 유저의 요청에 따라 센서의 변경 및 추가가 가능하다.

Hot-Spot 온도는 절연유의 열화와 그에 따른 변압기의 수명에 큰 영향을 주는 요소로 변압기 감시항목 중 가장 중요한 항목이다. 따라서 정확한 Hot-Spot 온도를 구하기 위하여 Fiber Optic Sensor를 설치하였으며, 센서의 고장 및 센서가 적용되지 않은 기설치된 변압기를 대비하여 IEC-60354와 ANSI C57.92에 명시된 Hot-Spot 온도계산 및 수명계산식을 분석하여 알고리즘을 개발하였다. 이를 통해 실시간으로 Hot-Spot 온도를 제공한다. 이와 더불어 운전자가 요구하는 과부하량에 따른 Hot-Spot 온도와 과부하 운전가능 정보를 제공한다.

2.1.4 DATA 송수신

당사가 개발중인 예방진단 시스템에서 변압기에 설치된 각종 센서와 계기로부터 전송되는 데이터는 그림 2와 같이 교환된다.



그림 2. Data Flow Diagram

그림 2와 같이 변압기 보호계기에서 나오는 Wire 접점의 On/Off 신호 및 각종 센서에서 취득되는 데이터들은 I/O Module로 입력이 되며, I/O Module에서 현장 IED 사이는 Ethernet을 통한 자체통신으로 구성된다. 그리고 현장 IED와 상위시스템간은 IEC61850으로 통신이 이루어진다.

IEC61850 통신을 위한 Logical Node를 표 3에 나타내었다.

LN : Monitoring and Diagnostics for MTR				Name : SMTR	
SMTR Class	Attr. Type	Explanation	I	M	O
LNName		Shall be inherited from LogicalNode Class			
Data					
Common Logical Node Information					
LN	Shall inherit of mandatory Data from Common Logical Node Class				M
EEHealth	INS	External Equipment Health			O
EEName	CPL	External Equipment Name			O
OpTime	INS	Operation Time			O
Status Information					
UOilTemp	INS	Upside Oil Temperature			M
WndTemp	INS	Winding Temperature			M
DissGas	INS	Dissolved Gas in Oil			O
MoistGas	INS	Moisture in Oil			O
SPress	INS	Sudden Pressure			M
GasLevel	INS	Gas Level			M
PressDev	INS	Pressure Relief Device			M
HotWindTemp	INS	Peak Value of Winding Hotspot			O
OLTCPos	INS	OLTC Tap Position			M
OLTCPress	INS	OLTC Filter Pressure			M
BrCurr	INS	Bushing Leakage Current			O
CFanCurr	INS	Cooling Fan Current Status			M
CFanCurr	INS	Cooling Pump Current Status			C
IEC61850	SPS	Cooling Equipment Operation Status			M
COIL	INS	Conservator Oil Level			M
Settings					
UOilLimit	AS3	Upside Oil Temperature Limit			M
WndLimit	AS3	Winding Temperature Limit			M
DissGasLimit	AS3	Dissolved Gas Limit			O
MoistGasLimit	AS3	Moisture in Gas Limit			O

표 3. IEC 61850 통신용 Logical Node

2.1.5 현장용 IED내 HMI

현장용 IED는 자체에 HMI이 기능이 포함되어 있어, 감시진단 항목에 대하여 Field에서 운전자가 확인이 편리하도록 HMI가 구성되어 있다.

HMI는 Main Menu와 Sub Menu로 구성되며, 화면은 변압기 감시창(각 상별로 구성), 온도 감시창, OLTC 감시창, 냉각장치 제어창, 등으로 구성되어 있다. 그리고 Event와 Historical Trend를 제공하며, 사용자가 설정치를 변경할 수 있도록 구성되어 있다. 각 화면에서 Main Menu와 Sub Menu 등으로 이동할 수 있다. HMI의 한 예를 그림 3에 나타내었다.

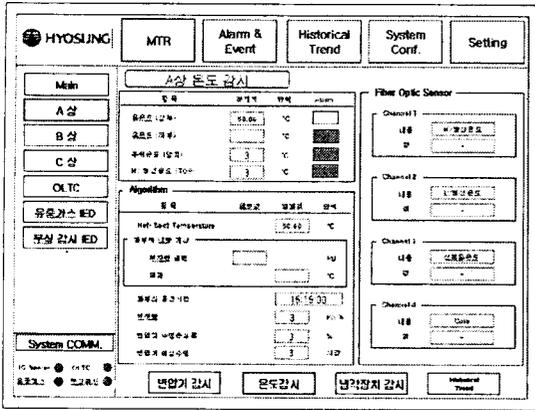


그림 3. 온도분석 화면

### 3. 결 론

본 논문에서는 당사에서 개발중인 전력용변압기 예방진단시스템에 대하여 소개하였다.

현재 전력계통의 운영에서 필요로 하고 있는 변전소자동화시스템의 필수요건이라 할 수 있는 전력용변압기 예방진단시스템은 유저의 요구에 따라 설계되고 제작되는 변압기의 특성을 고려한 알고리즘을 탑재하여 변압기 운전과 유지보수를 위한 정확한 정보를 제공하여야 한다. 이러한 추세에 부합하는 전력용변압기 예방진단시스템을 개발할 수 있도록 노력할 것이다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 최대회, “변압기 Local Unit의 IEC61850 Logical node 설계”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 511~512, 2007년도