

## 변압기 Local Unit의 IEC61850 Logical Node 설계

최대희, 김명희, 양항준, 최영준  
주식회사 효성 중공업연구소

### Design of New IEC 61850 Logical Node about Main Transformer Local Unit

D.H. Choi, M.H. Kim, H.J. Yang, Y.J. Choi  
Power & Industrial Systems R&D Center, Hyosung Corporation

**Abstract** - 변전소 자동화 시스템은 변전소 내의 주요 전기적 데이터들을 DB화 하여 그 트렌드 및 이벤트 내역을 관리하고 각종 제어를 수행하고 상태를 감시하는 시스템이다. 현재 전 세계적으로 IEC 61850 프로토콜을 적용하고 그 목적에 맞게 Interoperability를 구현하려는 노력이 진행되고 있으며 이에 맞추어 변전소 및 Utility에 적용되는 많은 시스템들이 IEC 61850의 적용에 박차를 가하고 있는 상황이다. 이에 따라 변전소 내의 주요기기중의 하나인 주 변압기에 설치되어 변압기의 상태를 감시하고 관리하는 IED인 변압기 Local Unit에 사용할 수 있는 새로운 IEC 61850 Local Unit의 Logical Node를 설계한다.

#### 1. 서 론

전력시스템은 국가 및 사회를 지탱하는 매우 중요한 사회적인 인프라 중에 하나로써 이상에 따르는 파급효과가 매우 크며 해외의 Black-out 과 같은 상황을 참조하여 보면 그 피해액 또한 상당하다. 이러한 전력시스템의 운용 및 관리를 위하여 수십년전부터 변전소 자동화 시스템은 설치, 운영되어 왔으며 마이크로프로세서의 발전, 네트워크 기술의 발전, 하드웨어 및 프로그래밍 기술의 발전을 토대로 하여 많은 변화를 일으켜 왔다. 원활한 전력의 흐름과 신뢰성 있는 전력의 운송을 목적으로 하는 변전소 자동화 시스템은 제어 대상의 특성상 msec단위의 관리 분해능을 가지고 있으며 다양한 기술의 발전등을 수용하여 변전소 내의 다양한 목적의 기기들을 디지털화된 IED(Intelligent Electronic Device)의 형태로 적용하고 있다. 변전소를 구성하는 주요기기는 변압기, 차단기, 케이블로 볼 수 있으며 변압기 및 차단기는 에너지의 변환 및 조류의 제어에 사용되는 기기로 감시 및 관리해야 하는 시스템상의 주요 대상이 된다. 현재까지 변전소 자동화 시스템의 거의 모든 부분이 IED로 적용되어 운전되고 있으나 변압기 및 차단기기와와의 연결을 담당하는 부분은 Hard-wiring으로 연결되는 것이 일반적이었다. 이제는 네트워크 기술의 발전 및 Hardware 기술등의 발전을 토대로 하여 IED를 포함하는 Intelligent Power Equipment를 개발, 적용하려는 추세이며 변전소내의 변압기 또한 Local Unit라는 이름으로 변압기 기기측에 설치되어 변압기를 감시, 관리할 수 있는 IED를 적용하게 된다. 현재는 변전소내의 모든 기능을 Decomposition하여 실제 변전소를 논리적으로 Virtualization하여 IED의 Interoperability를 구현하는 IEC 61850 프로토콜을 적용하려는 노력이 전세계적으로 진행되고 있으며 따라서 변압기의 Local Unit도 IEC 61850에 맞게 Information Model이 구성되어야 한다. 하지만 IEC 61850에서는 이에 적절한 Logical Node를 포함하지 않고 있으므로 Local Unit에 적합한 Logical Node를 새로 설계하게 된다. 본문에서 사용하는 SMTR Logical Node에 대하여 정의한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 IEC 61850

IEC 61850 프로토콜은 IEC TC57의 WG10에서 제정한 변전소 자동화 시스템 전용의 프로토콜로써 1990년대 초반 미국에서 EPRI를 중심으로 개발된 UCA 2.0을 기반으로 하여 제정되었으며 현재도 풍력, 전력품질, 수력, 분산전원 등의 분야로 지속적으로 그 영역을 확대해 나가고 있다. IEC 61850은 변전소 자동화 시스템에서 적용되는 변전소의 모든 기능들을 정의하고 세분화하여 사용 가능한 모든 데이터의 타입을 정의하고 이를 Object-Oriented 형태로 구성하기 위하여 표준의 데이터 클래스(CDC-Common Data Class)를 정의하고 변전소의 모든 기능을 Object로 구성하기 위하여 CDC를 이용한 시스템 내에서 사용할 수 있는 통신이 가능한 최소의 표준 Entity인 LN(Logical Node)를 정의한다. IEC 61850은 Utility에서 사용할 수 있는 전용의 프로토콜로써 현재 정의되어 있는 LN으로도 변전소 전체의 구성을 Modeling이 가능하다. 이러한 LN을 이용한 변전소의 논리적 재구성을 Information Model로 칭하며

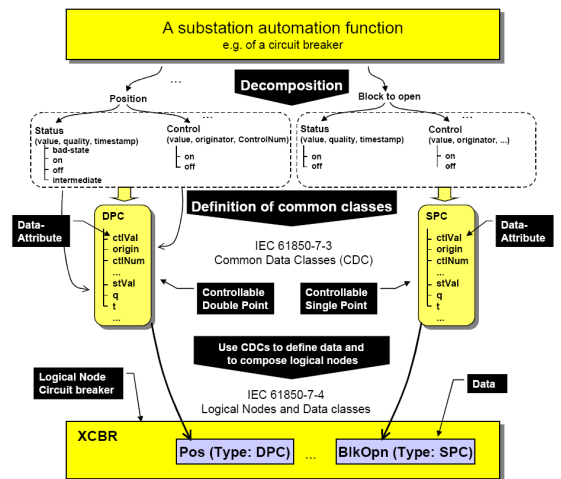
이러한 Information Model을 바탕으로 하여 실제 데이터를 주고 받을 수 있는 Service Model인 ACSII(Abstract Communication Service Interface)를 정의한다. IEC 61850 프로토콜의 특징은 아래로 정의할 수 있다.

- Interoperability
- Configuration Language Support
- Self-Description
- Seamless Protocol

Information Model 및 Service Model에 대하여 아래에서 간략히 정리한다.

##### 2.1.1 Information Model

아래의 그림에서는 어떻게 변전소의 모든 기능을 세분화하고 세분화된 데이터를 이용하여 최소의 기능구조인 Logical Node를 구성하게 되는지를 나타내고 있다.



<그림 1> 기능 세분화 및 LN의 구성

변전소의 기능을 세분화하여 변전소 전용의 Data Class인 Common Data Class를 정의(SPC-Controllable Single Point, DPC-Controllable Double Point)하고 이러한 CDC를 이용하여 차단기를 나타내는 XCBR Logical Node의 데이터를 정의(Pos-Position, BlkOpn-Block Open)하는 예를 보여주고 있다. IEC 61850에서는 변전소 내에서 정의할 수 있는 모든 Data들을 255개 정도의 CDC로 정의하고 기능의 최소 단위인 86개 정도의 LN을 정의하고 있다.

변전소내의 모든 IED의 구성은 이러한 Logical Node만을 사용하여 구성되며 Server -> Logical Device -> Logical Node의 계층적인 형태로 모델링을 수행하게 된다.

##### 2.1.1 Service Model

IEC 61850에서는 다양한 Protocol Stack의 적용을 위하여 Service의 형태를 추상적으로 정의한다. 따라서 이러한 추상적인 서비스 모델을 ACSII(Abstract Communication Service Interface)라는 이름으로 정의하고 실제 사용되어지는 Protocol Stack과 ACSII와의 Mapping을 정의하고 있는 SCSM(Specific Communication Service mapping)을 정의한다. 현재는 MMS(Manufacturing Message Specification)을 이용하여 Connection-Oriented Network을 구성하고 Multicast(GOOSE, SV)를 이용하여 Event 및 Sampling을 수행하는 Peer-to-Peer Network을 구성한다.

## 2.2 변압기 Local Unit

변압기 및 차단기는 설치되어지는 현장에 각 기기를 감시하고 관리하는 Local Control Panel이 설치된다. LCP는 현재까지 아날로그 계측이나 디지털 점접 감시등의 수행하며 상위의 시스템 즉 RTU나 IED등과 Hard-wiring으로 연결되어 운전되었다. 하지만 다양한 최신 기술들의 적용을 통해 이를 디지털화하여 상위의 시스템과 통신을 통하여 인터페이스되는 새로운 개념의 IED를 개발하여 현장의 전력기기까지 지능화하는 Intelligent Power Equipment를 사용하게 된다.

### 2.2.1 변압기 감시 항목

일반적으로 변압기 감시에 적용되는 항목을 정리해보면 다음과 같다.

감시항목		항목
대상부위	항목	
변압기 내부	온도	상부 유온도
		하부 유온도
		상하부 유온(기준치)
		철심상부 Yoke 온도
	전류	고압전류
		저압전류
	내부이상	유중가스
		유중수분함량 발생 가스량 및 발생비율
	보호계기	Pressure / Vacuum Relay
		Buchholz Press & Gas Relay
		Pressure Relief Device
	진단	절연지중 수분함량
권선최고온도		
열화율 및 수명평가		
상하부 유온(기준치)		
OLTC	동작상태	탭위치
		OLTC 절연유 수분
		모터드라이브 전력소비량
		OLTC 온도
		OLTC 온도 기준치
		Main Tank와 OLTC간 차온도
		누적 개폐부하전류
		점접 마모량
		토오크
		진압
Bushing	상태 및 특성	Surge
		붓싱 압력
		정전용량 변화 감시
		팬 동작전류
냉각장치 OA/OF/FOA/FOW	운전상태 및 특성	펌프 동작전류
		냉각기 In/out 유온도
		냉각기 제어
		유면레벨
콘센베이터	기중수분함량	유면레벨
		기중수분함량
기타		주위온도

### 2.2.2 IEC 61850내의 변압기 감시

IEC 61850에는 전력용 변압기에 관련된 Logical Node(YPTR)가 정의되어 있으나 YPTR은 변압기를 감시하고 관리하려는 Condition Monitoring의 개념에 적용하기에는 내부 데이터가 부족하다. 아래에서 그 내용을 확인한다.

<표 1> IEC 61850 YPTR LN(Power TR)

Measured values		
HPTmp	MV	Winding hotspot temperature (in °C)
Status Information		
HPTmpAlm	SPS	Winding hot point temperature alarm
HPTmpTr	SPS	Winding hot point temperature trip

현재 적용되어 있는 상태 감시 정보는 핫스팟의 권선온도(HPTmp), 그에 따르는 상태정보(HPTmpAlm, HpTmpTr)만을 포함하고 있을 뿐이다. 또다른 감시항목을 적용할 수 있는 IEC 61850에서 정의되어 있는 Logical Node는 다음과 같다.

<표 2> IEC 61850 YLTC LN(OLTC)

Measured values		
Torq	MV	Drive torque
MotDrvA	MV	Motor drive current
Controls		
TapPos	ISC	Change Tap Position to dedicated position
TapChg	BSC	Change Tap Position (stop, higher, lower)

OLTC를 나타내는 YLTC Logical Node의 경우 OLTC의 구동 전류(MotDrvA), 탭위치제어(TapPos, TapChg)를 포함하고 있다.

<표 3> IEC 61850 SIML LN(Insulation Medium)

Measured values			
Tmp	MV	Insulation liquid temperature	O
Lev	MV	Insulation liquid level	O
Pres	MV	Insulation liquid pressure	O
H2O	MV	Relative saturation of moisture in insulating liquid (in %)	O
H2OTmp	MV	Temperature of insulating liquid at point of H2O measurement	O
H2	MV	Measurement of Hydrogen (H <sub>2</sub> in ppm)	O
Status Information			
InsAlm	SPS	Insulation liquid critical (refill isolation medium)	M
InsBlk	SPS	Insulation liquid not safe (block device operation)	O
InsTr	SPS	Insulation liquid dangerous (trip for device isolation)	O
TmpAlm	SPS	Insulation liquid temperature alarm	C
PresTr	SPS	Insulation liquid pressure trip	C
PresAlm	SPS	Insulation liquid pressure alarm	C
GasInsAlm	SPS	Gas in insulation liquid alarm (may be used for Buchholz alarm)	O
GasInsTr	SPS	Gas in insulation liquid trip (may be used for Buchholz trip)	O
GasFlwTr	SPS	Insulation liquid flow trip because of gas (may be used for Buchholz trip)	O
InsLevMax	SPS	Insulation liquid level maximum	O
InsLevMin	SPS	Insulation liquid level minimum	O
H2Alm	SPS	H <sub>2</sub> alarm	O
MstAlm	SPS	Moisture sensor alarm	O

IEC 61850의 특성상 LN을 설계할 시에는 변압기 감시를 수행하는 각사의 데이터를 모두 포함하여야 하며 각 데이터의 Condition을 위하여 Mandatory/Optional을 지정하여야 한다.

### 2.2.2 새로운 Logical Node의 설계(SMTR)

변압기를 감시하기 위한 새로운 Logical Node를 설계하기 위하여 감시항목을 정리하고 중복되지 않도록 적절한 CDC를 적용하여 설계하게 된다.

<표 4> New LN : SMTR(Sensor of MTR)

LN : Monitoring and Diagnostics for MTR		Name : SMTR	
SMTR Class			
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class	
Data			
Common Logical Node Information			
		LN Shall inherit all mandatory Data from Common Logical Node Class	M
EEHealth	INS	External Equipment Health	O
EEName	DPL	External Equipment Name	O
OpTmh	INS	Operation Time	O
Measured Value			
UOilTmp	MV	Upside Oil Temperature	O
YokeTmp	MV	Yoke Temperature	O
DisGas	MV	Dissolved Gas in Oil (Carbon)	O
PressDev	MV	Pressure in Relief Device	M
OTTmp	MV	OLTC Temperature	O
BLCurr	MV	Bushing Leakage Current	O
CFCurr	MV	Cooling Fan Current	M
CPCurr	MV	Cooling Pump Current	M
EnvTmp	MV	Atmosphere Temperature	O
Status information			
UOilTmpAlm	SPS	Upside Oil Temperature Alarm	O
YokeTmpAlm	SPS	Yoke Temperature Alarm	O
DisGasAlm	SPS	Dissolved Gas in Oil (Carbon) Alarm	O
RelDevAlm	SPS	Pressure in Relief Device Alarm	M
RelDevTr	SPS	Pressure in Relief Device Trip	M
OTTmpAlm	SPS	OLTC Temperature Alarm	O
OTContAlm	SPS	OLTC Contact Wear Alarm	O
BLCurrAlm	SPS	Bushing Leakage Current Alarm	O
CFCurrAlm	SPS	Cooling Fan Current Status Alarm	O
CPCurrAlm	SPS	Cooling Pump Current Status Alarm	O
CEOSTs	SPS	Cooling Equipment Operation Status	O
Settings			
UOilTmpL	ASG	Upside Oil Temperature Limit	M
YokeTmpL	ASG	Yoke Temperature Limit	O
DisGasL	ASG	Dissolved Gas(Carbon) Limit	O
RelDevL	ASG	Relief Device Pressure Limit	M
OTTmpL	ASG	OLTC Temperature Limit	O
OTContL	ASG	OLTC Contact Wear Limit	O
BLCurrL	ASG	Bushing Leakage Current Limit	O
CFCurrL	ASG	Cooling Fan Current Limit	O
CPCurrL	ASG	Cooling Pump Current Limit	O

변전소의 주 변압기를 감시, 관리할 수 있는 Local Unit내의 새로운 Logical Node를 표4와 같이 정의하였으며 다각도의 검증 및 실용성 확인 작업이 필요할 것으로 판단되며 향후 이의 적용을 위하여는 TC57 WG10 및 UCA Tech Forum 등을 통해 표준화를 진행하여야 한다.

## 3. 결 론

변전소 주변압기를 감시, 관리할 수 있는 Condition Monitoring IED인 Local Unit내부에 적용되는 새로운 Logical Node(SMTR)를 설계하였으며 현재 TC57에서도 Condition Monitoring Device 관련된 협의가 진행되고 있으므로 국내의 CMD 관련 구체적인 정립을 통해 TC57에 적극 제안하여 반영 가능케하는 노력이 필요할것으로 판단된다.

## [참 고 문 헌]

[1] IEC 61850, Communication Networks and systems in substations , 2003