변전 종합 예방진단 시스템

1. 개요

2. 시스템 구성도

3. 시스템 규격

4. Local Unit (GLU 및 MLU)

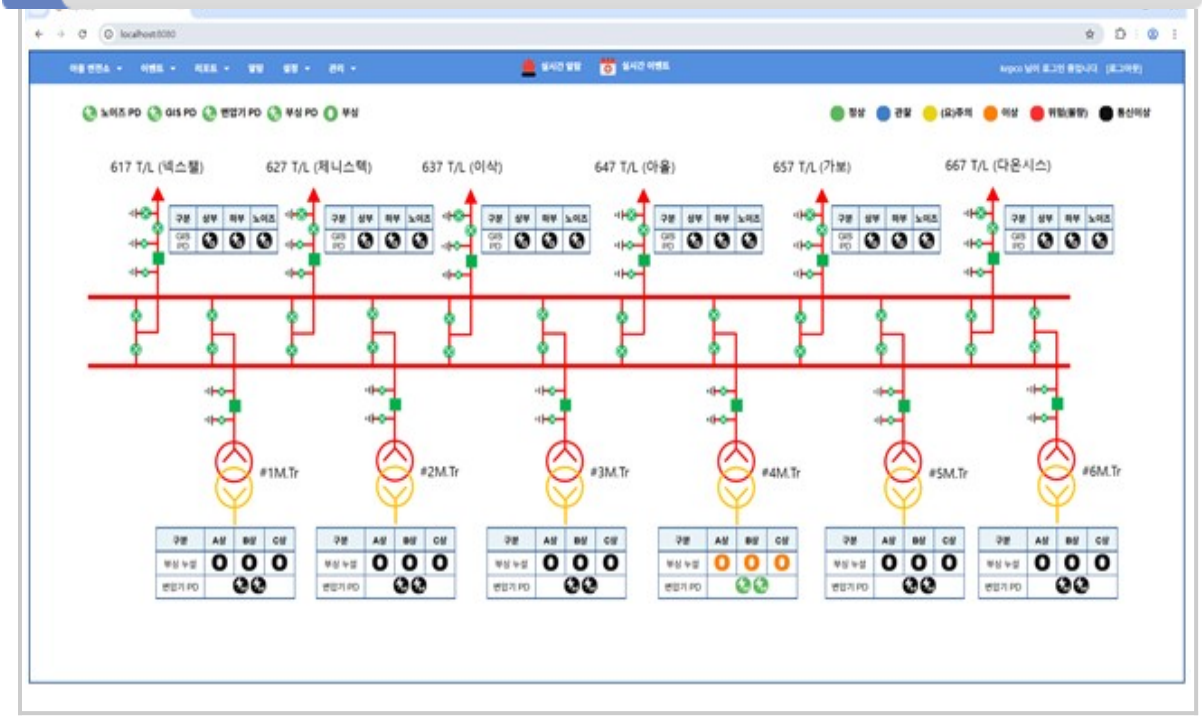
5. 진단 Unit

6. 운영 소프트웨어

1. 개요

변전소 내 GIS와 변압기에서 발생되는 신호를 센서를 통해 취득하고, Local Unit을 통해 처리된 디지털 신호를 진단 Unit으로 전송하며, 진단 Unit에서 GIS의 부분방전, 차단기 동작특성, 변압기의 부분방전, 유중가스 검출, OLTC 모니터링, 부싱 누설전류 등에 알고리즘을 활용하며 감시 · 분석 · 진단하고, 이상 징후로 판단된 Data와 중요한 감시 Data를 진단 Unit으로 전송하는 시스템으로 센서, Local Unit, 진단 Unit으로 구성되는 시스템입니다.

변전소 종합예방진단 시스템 (예시)



1.1 GIS 예방진단 시스템

GIS 부분방전, 차단기 동작특성 등의 신호를 센서를 통해 취득하여 GIS 상태를 복합적으로 감시 · 분석 · 진단하는 시스템입니다.

1.2 변압기 예방진단 시스템

변압기 부분방전, 유중가스 검출, OLTC 모니터링, 부싱 누설전류 등의 신호를 센서를 통해 취득하여 변압기 상태를 복합적으로 감시 · 분석 · 진단하는 시스템입니다.

1.3 진단 Unit

GIS와 변압기의 부분방전, 차단기 동작특성, 변압기의 유중가스, OLTC 모니터링,

부싱 누설전류 등을 진단하는 소프트웨어가 탑재되어 있어, GIS와 변압기에 대해 Local Unit에서 디지털 값으로 변환된 취득 데이터를 종합 진단 · 분석하여 결과를 도출하고, 운영자 PC에서 접근 시 정보를 제공하는 역할을 하는 Web 서버 기능을 하는 단위의 장비입니다.

1.4 Local Unit

센서에서 취득된 신호를 표준화된 데이터로 변환하는 역할과 각종 센서에서 취득된 데이터를 진단 Unit으로 보내는 기능을 수행하는 단위장비(Unit)로서, 데이터를 취득.처리, 저장하는 DAU (Data Acquisition Unit)와 데이터를 IEC 61850 표준으로 전달하는 CU(Communication Unit)로 구성되고, GIS Local Unit(GLU)와 M.Tr Local Unit(MLU)로 구분합니다.

1.5 진단 소프트웨어

Local Unit를 통해 검출된 데이터를 분석하여 진단하는 소프트웨어로, 변압기와 GIS의 감시 항목별 진단 및 항목간 연계하여 진단하는 알고리즘이 있어, 운전 상태를 상시 감시하고 내부의 이상 유무를 판정하는 기능을 수행합니다.

2. 시스템 구성도

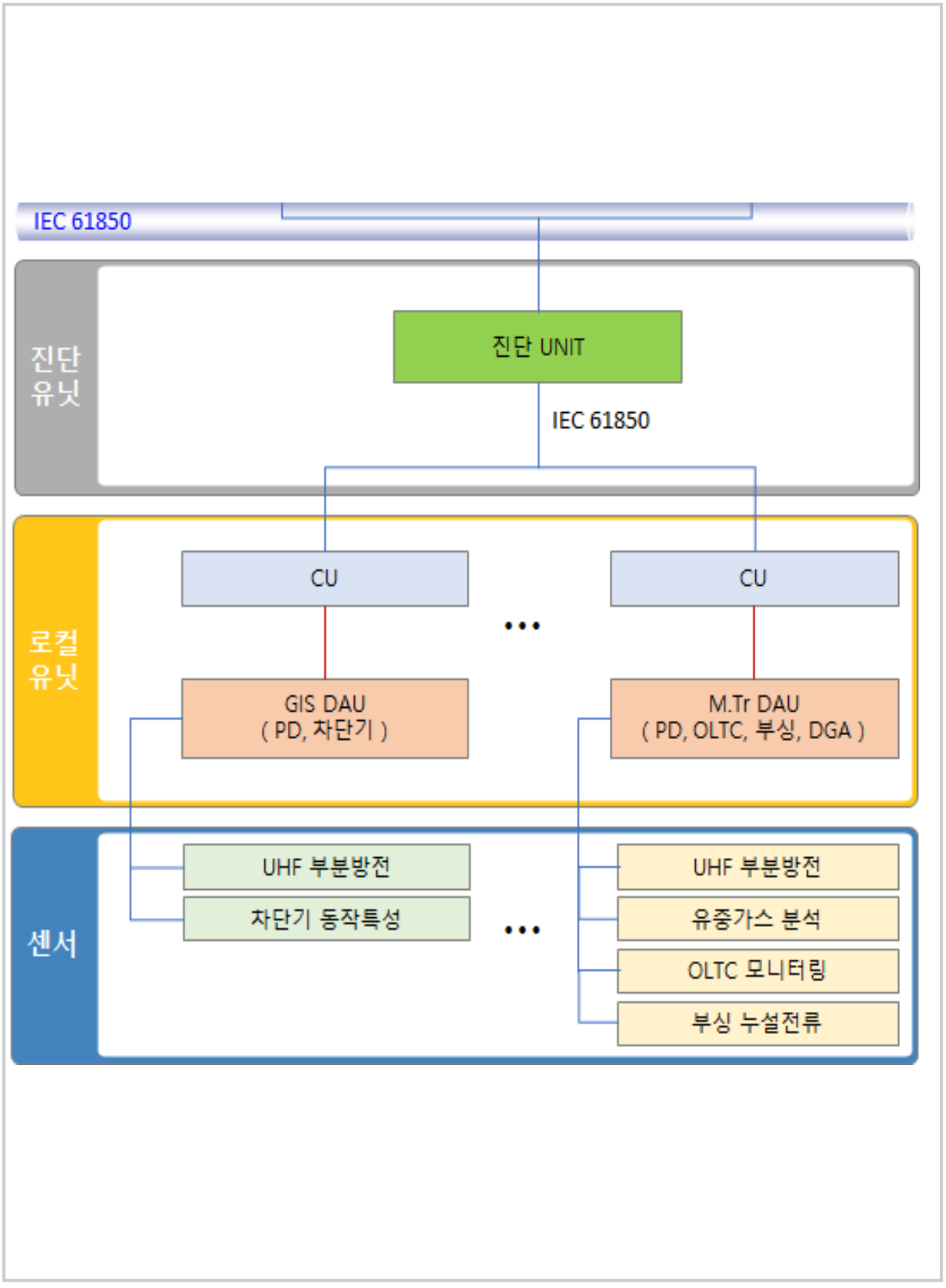
종합 예방진단 시스템 성능을 충족하는 센서를 GIS와 변압기에 장착하며, 각종 센서로부터 보내오는 신호를 Local Unit를 통해 진단 Unit로 데이터 전송이 가능하며, 진단 Unit↔Local Unit 간에 이종(다른 계약상대자) 제품 간에 상호 호환 사용이 가능하고, 기능 및 성능을 정상적으로 발휘합니다.

2.1 전체 시스템 구성도



2.2 시스템 블록 다이어그램

시스템 블록 다이어그램



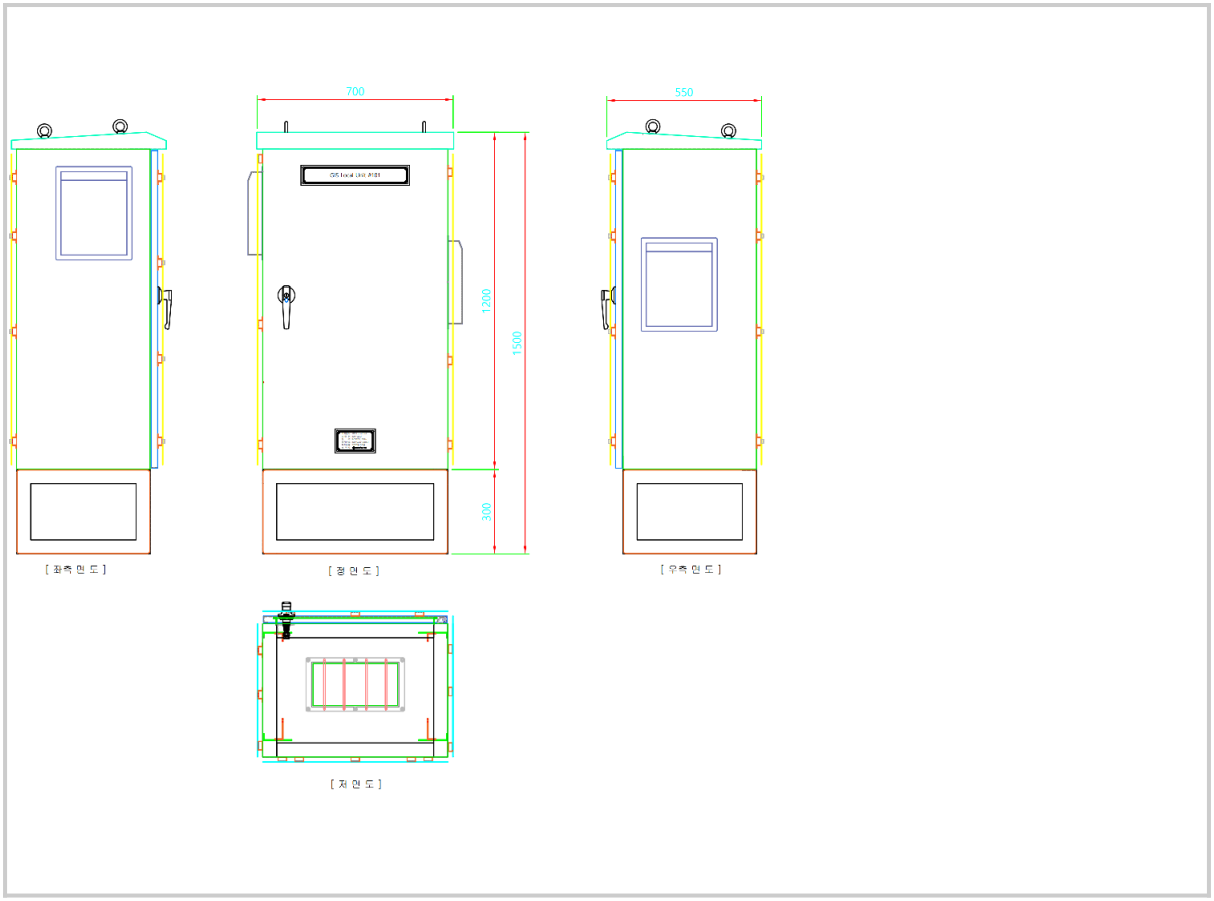
3. 시스템 규격

No	품 명		규격 및 구성	비 고
1	GIS	UHF 부분방전	- UHF 센서 (100MHz ~ 1,500MHz) 최소 검출 신호 : -65dBm	
		차단기 동작특성	- 차단기 Trip/Close Coil 전류, 부하전류 개방/투입 시 접점 (기계적 a, b접점)	
	변압기	UHF 부분방전	- UHF 센서 (100MHz ~ 1,800MHz) 최소 검출 신호 : -65dBm	
		유중가스분석	- 가스센서 (H2, C2H2, CO, 수분)	
		OLTC 모니터링	UHF 센서 (300MHz~1,200MHz) 최소 검출 신호 : -65dBm 모터 구동전류 모터구동 접점 (동작시간, 동작횟수)	
		부싱진단	부싱 누설전류	
2	Local Unit		- DAU (Data Acquisition Unit) - CU (Communication Unit : IEC 61850 기반) ※ GIS Local Unit과 M.Tr Local Unit으로 구분	
3	진단 Unit		- Main 서버 OS (Windows server 2019이상) - 감시/분석/진단 소프트웨어 - DBMS - Web 서버 / Web Link	최신 Version 구비

4. Local Unit

4.1 Local Unit 외함

Local Unit 외함, SUS304, 두께 2mm, IP54



가. GLU와 MLU 함체 형태는 동일하며, 내부 구성은 용도에 따라 다릅니다.

나. DAU와 CU는 일체형 또는 분리형으로 구성 가능하여 현장 상황에 따라 운영이 가능합니다.

4.1.1 데이터 통신장치 (CU, Communication Unit)

현장 센서들과 연결되어 정보를 취득하는 DAU(Data Acquisition Unit)와 통신하여, 진단 Unit으로 취득된 정보를 전송하는 기능 수행합니다.

가. CU 전면부에는 전원 및 데이터 취득 통신 상태 등의 확인이 가능

나. CU와 진단 Unit과의 통신

(1) CU와 진단 Unit간 통신은 장기간의 축적된 데이터의 연속성을 확보하고, 데이터의 수집과 분석을 분리하며, 또한 측정결과의 원활한 데이터 교환을 위하여 IEC 61850 규격에 적합토록 구성

(2) 통신 데이터는 IEC 61850 규격에 준하는 표준 데이터 Format을 적용하여 이종(異種) 진단 Unit과 송수신이 원활하게 수행 가능

(3) CU와 진단 Unit 간 통신은 Radial 광통신으로 구성

다. 데이터 통신장치 규격

구 분	내 용	비 고
제품 사진		미니 PC
CPU	Intel Core i7-12700	
메모리	16GB	
HDD	512 GB	
운영체제	Window 11 Pro	
입력전원	AC220V / DC19.5V, 60Hz, 150W	

(1). CU는 GLU와 MLU 동일 모델을 사용하며, 함체별로 1 SET씩 설치하여 운영합니다.

(2). 향후 증설 예상에 따른 증설분 수용

향후 GLU/MLU 증설 시 CU도 같이 추가되며, 증설분에 대한 포인트는 진단 Unit에서 DB 작업으로 쉽게 수용할 수 있습니다.

4.1.2 허브

가. GLU/MLU용 허브

구 분		내 용	비 고
제품 사진			
인터페이스	RJ45	POE 10/100/1000Mbps 1~4포트 Uplink 10/100/1000Mbps 5포트	
	광포트	SFP 1슬롯, 1000Mbps-SX/LX SFP 지원	
입력전원		100~240VAC, 60Hz	

4.2 GIS Local Unit (GLU)

GLU는 차단기 동작 특성, UHF 부분방전 측정 신호를 취득, 처리하여 진단 Unit으로 전송하는 역할을 하며 차단기의 수량, 센서 수량, 신호 감쇠, 위치 등을 고려하여 구성하였습니다.

4.2.1. GLU 구성

항 목	내 용	비 고
Power	AC220V	
Surge Arrester	단상 2선식, AC 220V	BK20S-T2, 40kA
Noise Filter	단상 2선식, AC 220V	RNS-2030
DAU	Power Supply	AC220V / DC24V
	HUB, Ether-Net 10/100-TBase-T, 8채널	2Port
	PD 진단모듈, 5채널	최대 40채널
	차단기 동작특성 검출장치 ACQ	LCP 판넬에 설치

CU	i7-12700, 16G RAM, 512GB HDD	미니 PC
RF Filter	100MHz HPF + 860MHz ~ 960MHz BRF + 1,500MHZ LPF, 중심주파수 40DB 이하	현장 상황에따라 노이즈 대역 Reject 추가 반영
HUB	Ether-Net 10/100/1000-TBase-T	4Port
광분배함(FDF)	2 Port	
외함	외함 : 700(W) x 1,200(H) x 550(D) mm 바닥 지지재 : 300(H) mm 재질 : SUS 304 두께 : 2mm	현장상황에 따라 변경 가능

4.2.2. GIS 부분방전 진단

가. 개요

- GIS(Gas Insulation Switchgear, 가스 절연 개폐기) 이상 시 내부에서 발생하는 부분방전(PD, Partial Discharge) 신호를 조기에 발견하여 절연파괴로 인한 고장 및 정전 사고를 예방하는 시스템입니다.

📁 GIS의 점검창(내장형 센서) 또는 스페이서(외장형 센서)에 부분방전 센서를 취부하여 GIS 내부 이상 시 발생하는 부분방전 신호를 센서를 통해 취득하고, Local Unit의 DAU를 통해 처리된 디지털 신호를 CU(통신장치)를 통해 진단 Unit으로 전송하여 부분방전을 감시·분석·진단하고 이상 징후로 판단된 데이터를 진단 Unit로 전송하는 시스템입니다.

📁 센서, Local Unit(DAU 및 CU 포함), 진단 Unit(진단 SW 포함)을 포함한 시스템입니다.

나. GIS 부분방전 진단 기능

📁 진단 Unit

▸ Local Unit에서 디지털 값으로 변환된 부분방전 신호를 진단 알고리즘으로 분석하여 진단 결과를 도출하고, 경보를 발생하여 운영자에게 제공합니다.

▸ KEPCO 원격지 PC에서 접근 시 정보를 제공하는 역할을 하는 Web 기반의 Server입니다.

📁 Local Unit

▸ Local Unit은 부분방전 센서에서 검출된 신호를 취득 및 처리하는 DAU(Data Acquisition Unit)와 취득된 정보를 상위 진단 UNIT으로 전송하는 CU(Communication Unit)로 구성됩니다. DAU와 CU는 개별로 설치 합니다.

▸ Local Unit 구성은 현장에 설치된 GIS의 구성에 따라 센서 수량, 신호 감쇠 등을 고려하여 최적으로 설계, 제작 반영 구성됩니다.

▸ Local Unit에 LED 램프를 설치하여 전원, 통신, 데이터 취득 기능의 정상동작 유무를 확인할 수 있습니다.

▸ 모든 Local Unit 채널의 센서, 커넥터는 유지 보수 및 점검이 용이한 튼튼한 구조로 제작합니다.(N-Type 커넥터)

▸ Local Unit에는 수용된 채널의 센서 번호와 위치를 알 수 있도록 케이블에 센서 구분 라벨 및 Local Unit에 센서 배치 도면을 배치합니다.

▸ Local Unit에서 부분방전 RawData를 진단 Unit에서 별도 이벤트 조건 설정하지 않고 필요시 타 시스템으로 전송할 수 있도록 CU SW 설정이 구성되어 있습니다.

- DAU

▸ DAU의 공급 전원은 AC220V, 60Hz이고, 검출 영역(Frequency Range)은 센서의 특성에 적합하도록 100MHz ~ 1,500MHz 대역을 포함합니다.

▸ DAU의 특성 임피던스는 50Ω으로서 내·외장 센서 모두 별도의 매칭 없이 연결할 수 있으며, 최소 검출 신호는 -65dBm (=0.316nW) 이하 검출합니다.

▸ DAU에 연결된 모든 센서로부터의 신호는 GIS 전원 위상에 동기되어 동시에 검출할 수 있으며, DAU는 노이즈 센서는 LU당 1개 이상 설치 합니다.

▸ DAU와 센서 간의 신호선은 동축케이블을 사용하며 N-Type 커넥터를 사용합니다.

▸ 커넥터를 포함한 동축케이블 신호선의 손실은 측정 센서의 중심주파수에서 4dB 미만으로 모두 동일한 규격의 커넥터와 신호선을 사용하여 시공합니다.

▸ DAU의 설치 위치는 신호선의 손실을 고려하여, 규정 손실 이내의 범위 내에서 설치 합니다.

▸ 모든 채널은 하나의 동기 신호에 의해 동기화되고, 각 채널의 신호는 동시에 샘플링되어 취득합니다. (각 채널당 1MS/s, 16,666Sample x 1Cycle)

▸ DAU 전면부는 LED 램프를 설치하여 전원, 통신, Data 취득 기능 정상동작 유무를 확인할 수 있습니다.

▸ GLU당 채널 수는 최소 32채널 이상을 수용 합니다. (Max 40채널)

▸ PRPS 데이터는 1 Cycle당 1,024이상 샘플링을 하며, 신호의 크기는 Log Scale로 표시됩니다. (각 채널당 1MS/s, 1Cycle당 16,666 샘플링)

▸ 각 채널은 15분간의 PRPD 데이터를 생성합니다.

▸ 부분방전 센서와 노이즈 센서에 부분방전 신호와 잡음 신호가 유입될 경우 고속 샘플링(1,024 이상)을 통해 노이즈 신호와 부분방전 신호를 분리합니다.

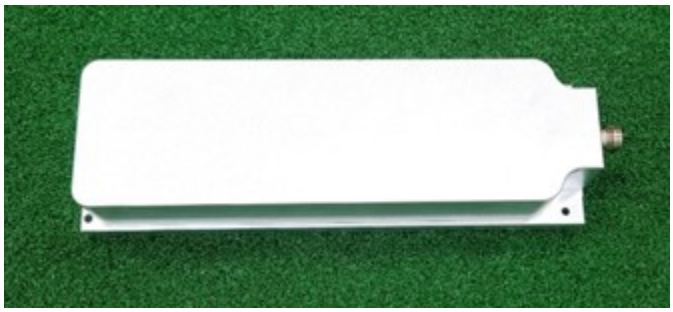
GLU DAU : 채널수 (최대 40채널)



다. UHF 부분방전 진단 센서

GIS 스페이서에 장착(외장형일 경우)하거나 GIS 내부에 내장형으로 장착되어 센서로부터 부분방전 신호를 상시 검출하여 Local Unit으로 전달합니다.

(1) UHF 센서

구 분	내 용	비 고
Feature		
주파수 검출대역	100 MHz ~ 1,500 MHz	
센서 감도	IEC60270에 의한 겉보기 방전크기 5pC 이하의 신호 검출	
커넥터	N형 커넥터 (IEC 61169-16)	
방수 및 방진	IP66 (IEC 60529)	
노이즈 차폐	차폐밴드 및 노이즈 게이팅 방식을 통한 차폐	

(2) UHF 노이즈 안테나

구 분	내 용	비 고
Feature		
주파수 검출대역	100 MHz ~ 1,800 MHz	
센서 감도	IEC60270에 의한 겉보기 방전크기 5pC 이하의 신호 검출	
커넥터	N형 커넥터 (IEC 61169-16)	
방수 및 방진	IP65 (IEC 60529)	
설치 방식	자석 Type	

(3) 노이즈 필터

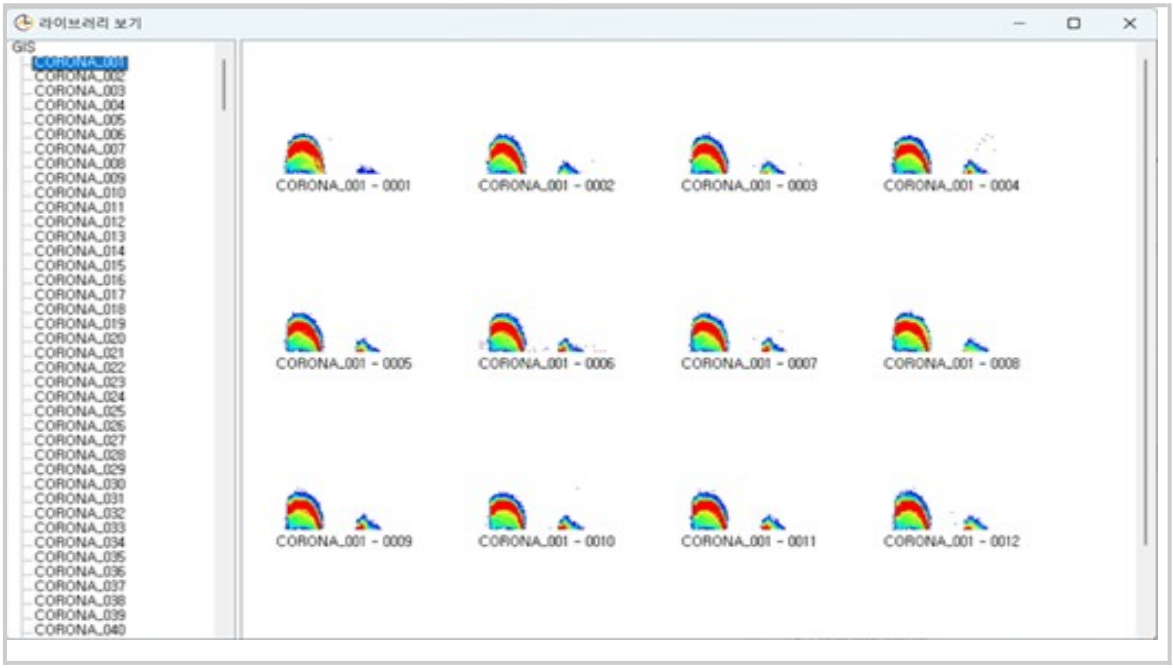
구 분	내 용	비 고
Feature		
주파수 검출대역	100MHz HPF + 860MHz ~ 960MHz BRF + 1,500MHZ LPF, 중심주파수 -40dB 이하	현장 상황에따라 노이즈 대역 Reject 추가

		반영
커넥터	N형 커넥터 (IEC 61169-16)	

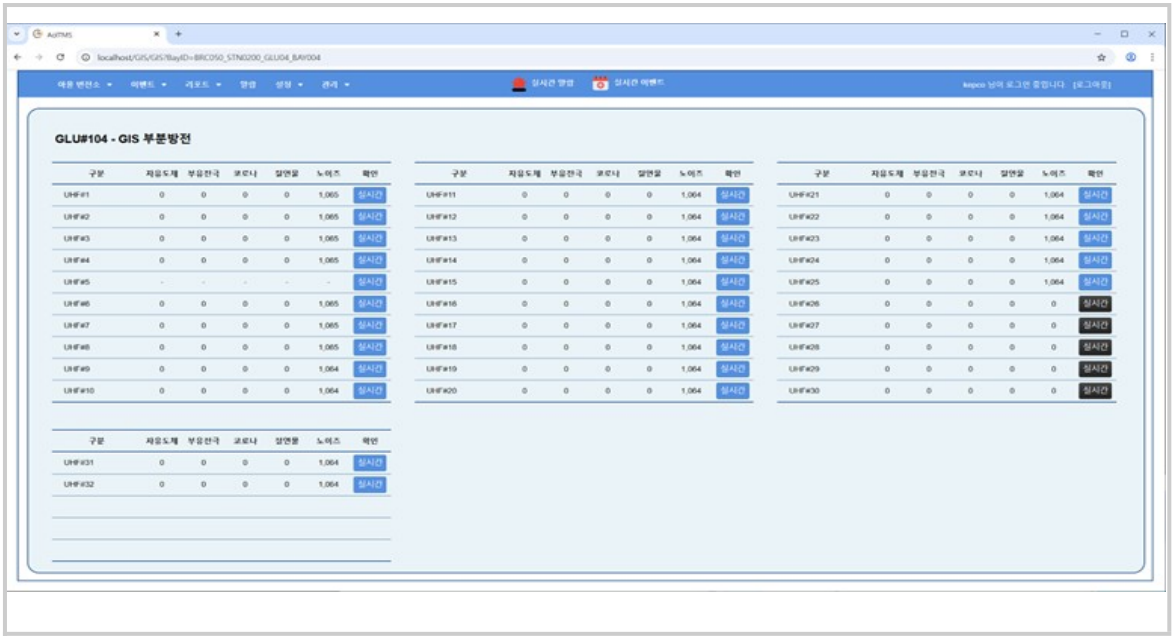
라. GIS 진단 소프트웨어

부분방전 진단 소프트웨어는 취득되는 신호의 부분방전 유형을 자유도체방전(Freeparticle), 부유전극방전(Floating Electrode), 코로나방전(Corona), 절연물이상방전(Void) 등 4가지 종류 이상 그리고 잡음신호 유형 등 총 5종 이상으로 분류할 수 있습니다.

GIS 라이브러리 : 코로나방전 (예시)



GIS 부분방전 감시 화면


GLU#104 - GIS 부분방전

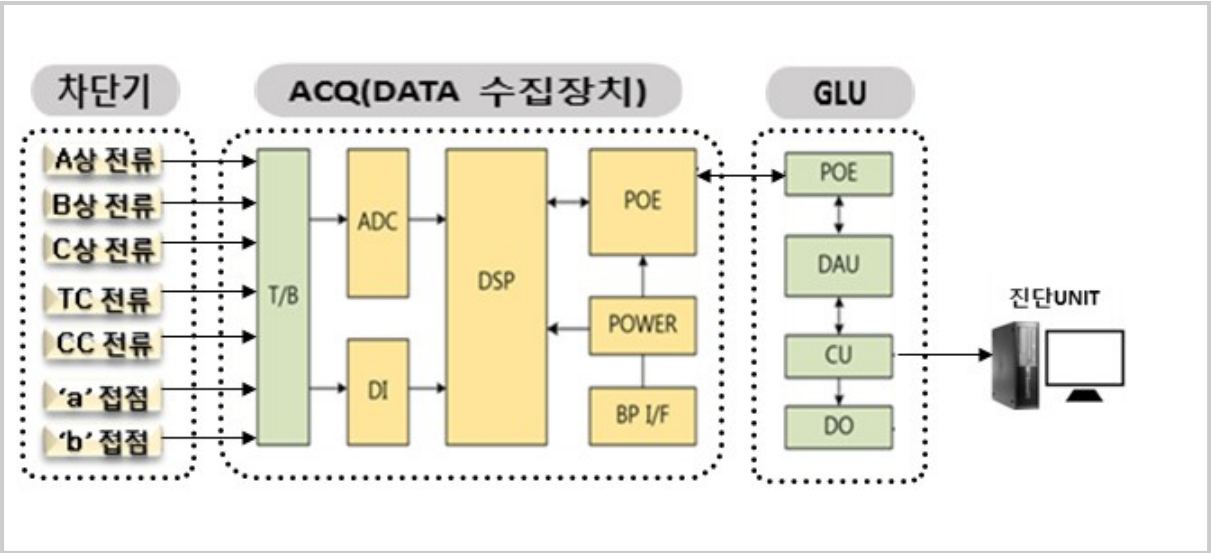
4.2.3. 차단기 동작 특성 분석 장치

차단기의 Trip/Close 코일 동작 전류 취득 값과 AC 부하전류, 차단기 개폐 접점 신호 등을 이용하여 차단기의 기계적 동작 특성과 변화 경향을 유형별로 분석·진단 기능을 수행합니다. 동작된 차단기는 해당 변전소의 단선도에 색상 변화 또는 팝업으로 사용자가 인지 가능합니다.

가. 구성

항 목	내 용	비 고
제품 사진		
Processor	400MHz	
Memory	1MB	
Input Channel	Trip : 2채널 Close : 1채널 부하전류 : 3채널 DI : 2채널 (a접점, b접점) DO : 1채널	16Bit(65,636 Step) 1MS/s (채널별) 16,666 BIN x Cycle 자가진단 Alarm 접점발생
Display	LED (Power, Act, ETH, Alarm 2)	
전원	POE(DC48V)	보조전원 : DC12V ~ 24V
Dimensions	172(W) x 50(H) x 104(D) mm	

구성도



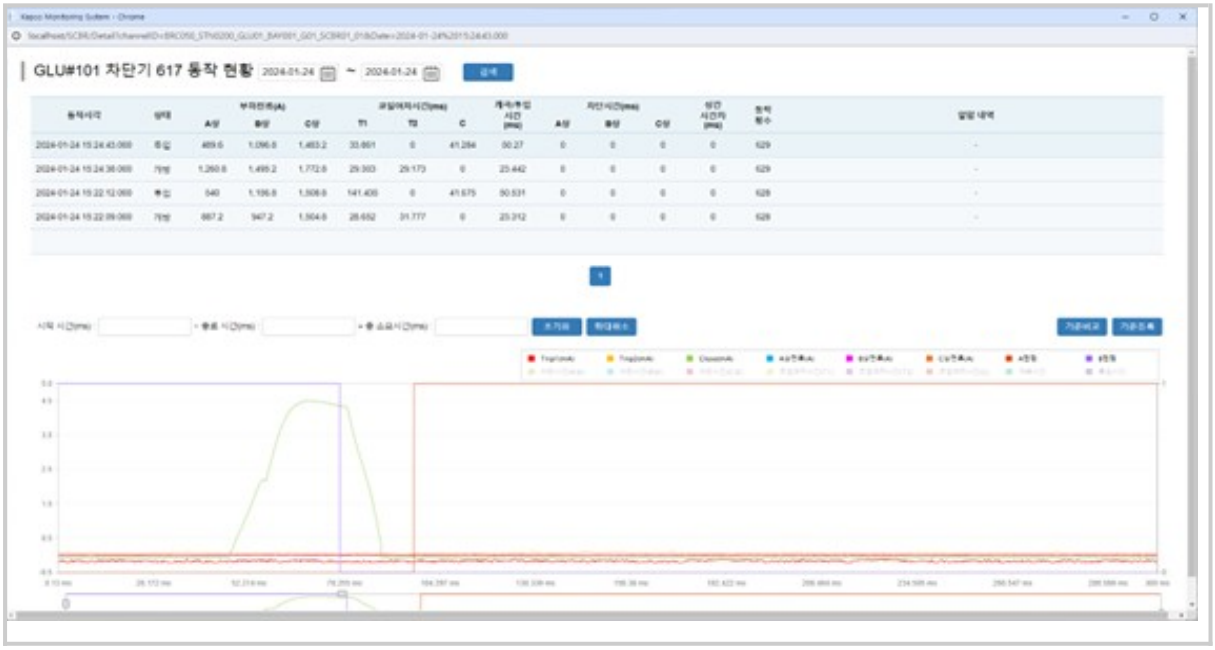
- 차단기 1대를 기준으로 한 동작 특성 센서의 수량은 아래 표와 같습니다.

전 압	Hall-센서 수(개)			ACQ수	비 고
	Close	Trip	부하전류		
800kV 362kV	3 주)1	6 주)2	3	3 또는 1	Hall-센서를 1개 ACQ로 수용할 수 있음
170kV	1	2 주)3	3	1	
25.8kV	1	1	3	1	

주)1 : 3상(a,b,c) 주)2 : 각 상별 2개 1조 (Trip1, Trip2) 주)3 : 2개 1조 (Trip1, Trip2)
→ 현대 170kV GIS 초기 모델은 T1, T2 각각 상별 있음 (345kV GIS와 동일)

나. 차단기 동작 감시화면

차단기 동작 감시화면



4.3 M.Tr Local Unit (MLU)

MLU는 부분방전 측정, 유중가스 검출, OLTC 감시, 부싱 누설전류 센서의 신호를 취득처리하여 진단 Unit로 전송하는 역할을 수행하며 변압기의 수량, 센서 수량, 신호 감쇠, 위치 등을 고려하여 구성하였습니다.

4.3.1. MLU 구성

항 목	내 용	비 고
Power	AC220V	
Surge Arrester	단상 2선식, AC 220V	BK20S-T2, 40kA
Noise Filter	단상 2선식, AC 220V	RNS-2030
DAU	Power Supply	AC220V / DC24V
	HUB, Ether-Net 10/100-TBase-T	2Port

	PD 진단모듈 : 5채널	최대 40채널
	부싱 진단 모듈	부싱 전압/전류 감시
	OLTC 진단 모듈	OLTC 구동 부하전류 감시
CU	i7-12700, 16G RAM, 2TB HDD	미니 PC
RF Filter	100MHz HPF + 860MHz ~ 960MHz BRF + 1,800MHZ LPF, 중심주파수 40DB 이하	현장 상황에 따라 노이즈 대역 Reject 추가 반영
HUB	Ether-Net 10/100/1000-TBase-T	4Port x 2SET
광분배함(FDF)	4 Port	
외함	외함 : 700(W) x 1,200(H) x 550(D) mm 바닥 지지재 : 300(H) mm 재질 : SUS 304 두께 : 2mm	

4.3.2. 변압기 부분방전 진단

가. 개요

변압기의 내부 절연물의 이상을 조기에 발견하여 절연파괴로 인한 고장 및 정전 사고를 예방하는 시스템입니다.

변압기 점검창에 UHF 부분방전 센서를 취부하여 변압기 내부 이상 부분방전 신호를 검출 및 분석하여, 이를 통해 변압기의 절연 상태를 상시 감시하고, 이상 징후를 검출합니다.

나. 변압기 부분방전 진단기능

- Local Unit

▸ Local Unit은 센서에서 검출된 신호를 취득 및 처리하는 DAU(Data Acquisition Unit)와 취득된 정보를 상위 진단 서버로 전송하는 CU(Communication Unit)로 구성 되며, CU는 DAU와 별도로 개별 설치 합니다.

▸ Local Unit 구성은 변압기 구성, 센서 수량, 신호 감쇠 등을 고려하여 현장 설비에 맞게 구성합니다.

▸ Local Unit의 DAU 및 CU에는 LED 램프를 설치하여 전원, 통신, 데이터 취득 기능의 정상동작 유무를 확인 할 수 있습니다.

▸ 모든 Local 채널의 센서, 커넥터는 유지 보수 및 점검이 용이한 튼튼한 구조로 제작 합니다.(N-Type 커넥터)

▸ Local Unit에는 수용된 채널의 센서 번호와 위치를 알 수 있도록 케이블에 센서 구분 라벨 및 Local Unit에 센서 배치 도면을 배치합니다.

▸ Local Unit에서 부분방전 RawData를 진단 Unit에서 별도 이벤트 조건 설정하지 않고 필요시 타 시스템으로 전송할 수 있도록 CU SW 설정이 구성되어 있습니다.

▸ Local Unit 외함의 재질은 SUS304이며 두께는 2T로 IP54 등급을 만족하도록 제작하였습니다.

- DAU

▸ DAU의 공급 전원은 AC220V, 60Hz이고, 검출 영역(Frequency Range)은 센서의 특성에 적합하도록 100MHz ~ 1,800MHz 대역을 포함합니다.

▸ DAU의 특성 임피던스는 50Ω으로서 내·외장 센서 모두 별도의 매칭 없이 연결할 수 있으며, 최소 검출 신호는 -65dBm(=0.316nW) 이하 검출합니다.

▸ DAU에 연결된 모든 센서로부터의 신호는 변압기 전원 위상에 동기되어 동시에 검출할 수 있으며, DAU는 노이즈 채널을 각 변압기당 1개 이상 설치 합니다.

▸ DAU와 센서 간의 신호선은 동축케이블을 사용하며 N-Type 커넥터를 사용합니다.

▸ 커넥터를 포함한 동축케이블 신호선의 손실은 측정 센서의 중심주파수에서 4dB 미만으로 모두 동일한 규격의 커넥터와 신호선을 사용하여 시공합니다.

▸ DAU의 설치 위치는 신호선의 손실을 고려하여, 규정 손실 이내의 범위 내에서 설치 합니다.

▸ 모든 채널은 하나의 동기 신호에 의해 동기화되고, 각 채널의 신호는 동시에 샘플링되어 취득합니다. (각 채널당 1MS/s, 16,666Sample x 1Cycle)

▸ DAU 전면부는 LED 램프를 설치하여 전원, 통신, Data 취득 기능 정상동작 유무를 확인할 수 있습니다.

▸ MLU당 채널 수는 최소 10채널 이상을 수용 합니다.

▸ PRPS 데이터는 1 Cycle당 1,024이상 샘플링을 하며, 신호의 크기는 Log Scale로 표시됩니다. (각 채널당 1MS/s, 1Cycle당 16,666 샘플링)

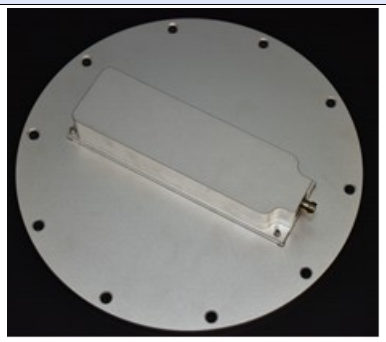
▸ 각 채널은 15분간의 PRPD 데이터를 생성합니다.

▸ 부분방전 센서와 노이즈 센서에 부분방전 신호와 잡음 신호가 유입될 경우 고속 샘플링 (1,024 이상)을 통해 노이즈 신호와 부분방전 신호를 분리합니다.

MLU DAU



다. 변압기 부분방전 진단 센서

구 분	내 용	비 고
제품 사진		
주파수 검출대역	100 MHz ~ 1,800 MHz	
센서 감도	IEC60270에 의한 겉보기 방전크기 100pC 이하의 신호 검출	
커넥터	N형 커넥터 (IEC 61169-16)	
방수 및 방진	IP66 (IEC 60529)	

- 변압기 윈도우 센서 설치 : 변압기 제작사의 PD 센서 설치용 점검창의 크기 형상에 따라 감쇠가 되지 않도록 센서를 설계하여 제작 설치 합니다.

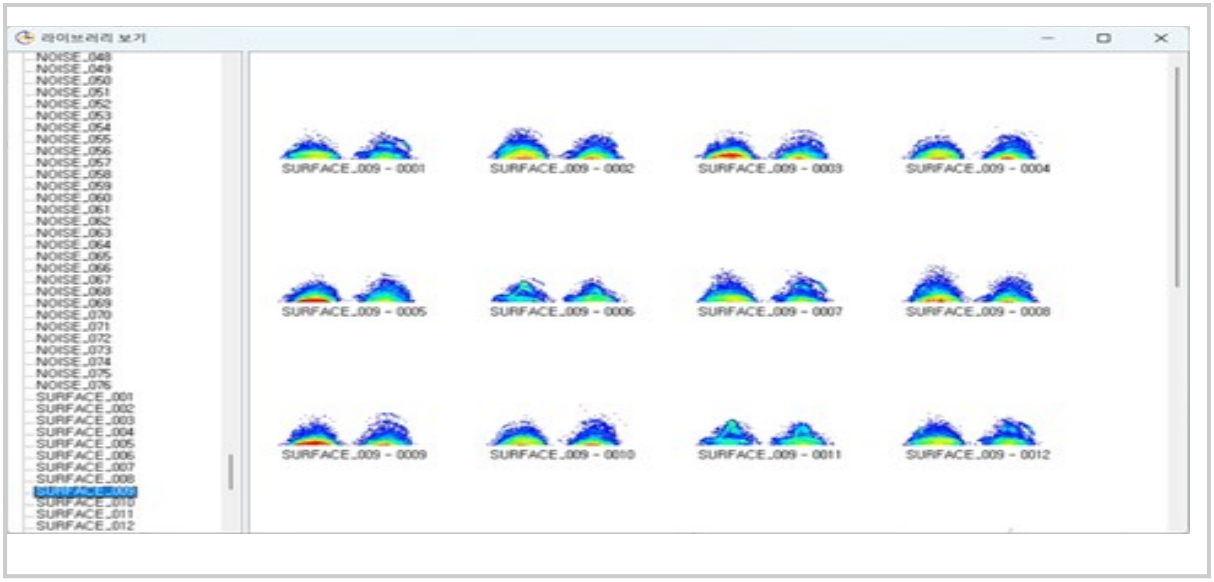
라. 노이즈 필터

구 분	내 용	비 고
Feature		
주파수 검출대역	100MHz HPF + 860MHz ~ 960MHz BRF + 1,800MHZ LPF, 중심주파수 -40dB 이하	현장 상황에따라 노이즈 대역 Reject 추가 반영
커넥터	N형 커넥터 (IEC 61169-16)	

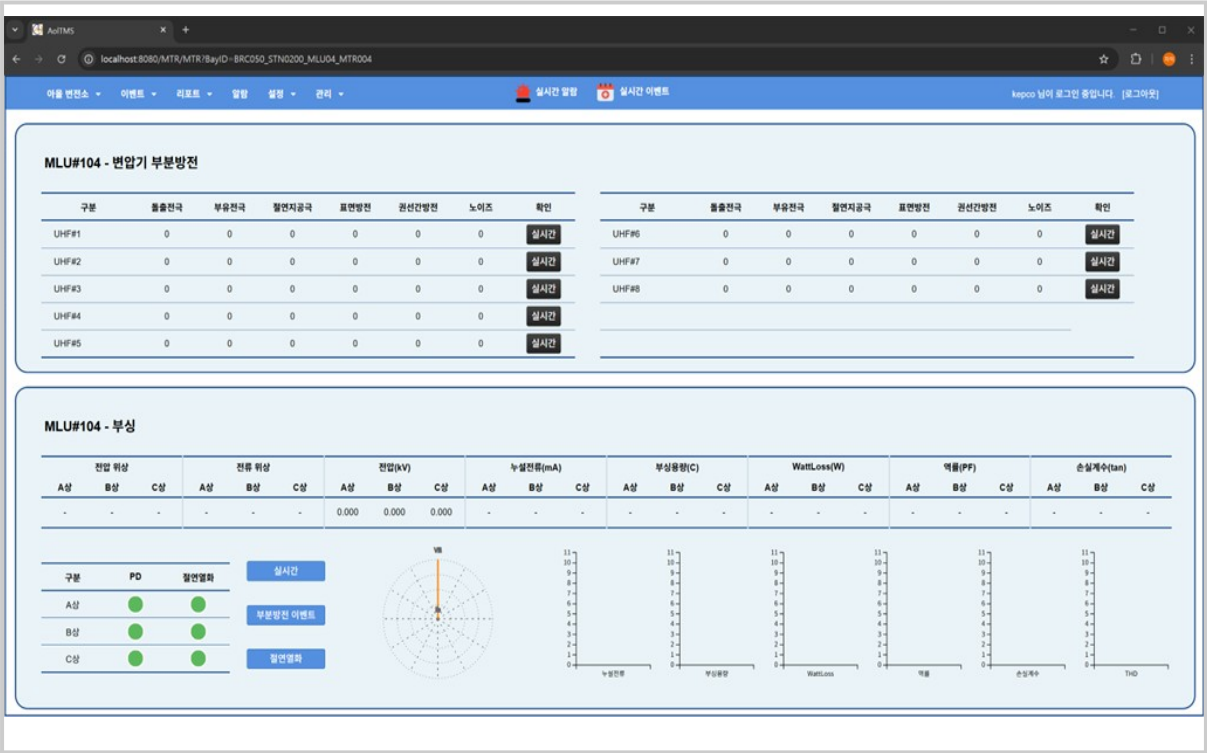
마. 변압기 부분방전 진단 소프트웨어

변압기 부분방전 진단 소프트웨어는 취득되는 신호의 부분방전 유형을 돌출전극(Corona), 부유전극 방전(Floating), 절연지 공극, 표면방전, 권선간 방전, 잡음신호(전자장비, 방송파신호) 등 총 6종 이상으로 분류할 수 있어야 하며, 부분방전 유형과 잡음신호 유형을 납품 시 운영자메뉴얼에 제시합니다.

표면 방전


라이브러리 보기
NOISE_048
NOISE_049
NOISE_050
NOISE_051
NOISE_052
NOISE_053
NOISE_054
NOISE_055
NOISE_056
NOISE_057
NOISE_058
NOISE_059
NOISE_060
NOISE_061
NOISE_062
NOISE_063
NOISE_064
NOISE_065
NOISE_066
NOISE_067
NOISE_068
NOISE_069
NOISE_070
NOISE_071
NOISE_072
NOISE_073
NOISE_074
NOISE_075
NOISE_076
SURFACE_001
SURFACE_002
SURFACE_003
SURFACE_004
SURFACE_005
SURFACE_006
SURFACE_007
SURFACE_008
SURFACE_009
SURFACE_010
SURFACE_011
SURFACE_012
SURFACE_009 - 0001
SURFACE_009 - 0002
SURFACE_009 - 0003
SURFACE_009 - 0004
SURFACE_009 - 0005
SURFACE_009 - 0006
SURFACE_009 - 0007
SURFACE_009 - 0008
SURFACE_009 - 0009
SURFACE_009 - 0010
SURFACE_009 - 0011
SURFACE_009 - 0012

변압기 부분방전 감시 화면



4.3.3. 부싱 누설전류 진단

변압기의 부싱 절연 상태를 평가하기 위해 부싱을 통과하는 누설전류 특성을 측정·분석하는 진단기법입니다.

가. 개요

(1) 부싱 누설전류 진단 개념

- 시간이 지나면 절연유, 고체 절연체(종이, 에폭시 등)가 노화·수분·부분방전·오염 등의 원인으로 절연 성능이 저하될 수 있습니다.

- 이때 부싱에 흐르는 “용량성 전류(정상)”와 “유전 손실로 인한 저항성 전류(비정상)”를 구분하여 절연 열화 여부를 판단합니다.

(2) 주요 진단 방법

- 누설전류 크기 측정

▸ 누설전류가 증가하면 절연 열화나 내부 결함 가능성을 의심할 수 있습니다.

- 위상각(Phase Angle) 분석

▸ 전류와 전압의 위상차를 측정하여 절연 손실 여부를 확인합니다.

▸ 탄젠트 델타(tan δ, 유전손실계수) 분석 합니다.

- 3상 비교법

▸ 같은 조건의 3상 부싱 전류를 비교하여 이상 여부를 판단합니다.

▸ 한 상만 불균형하게 커지거나 위상각이 다르면 결함 신호로 봅니다.

(3) 진단으로 알 수 있는 결함

- 절연 열화(열화된 절연지, 절연유 열화)

- 내부 수분 침투

- 내부 전극·차폐 구조 불량

- 부분방전 발생

- 외부 표면 오염, 크리프 현상라. 변압기 부싱 누설전류 진단 모듈

변압기 부싱 진단 모듈은 어댑터 센서로부터 올라오는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 CU를 통해 진단 Unit으로 전송하는 역할을 수행합니다.

나. 구성

항 목	내 용	비 고
제품 사진		부싱 진단 모듈
		부싱 I/O 모듈
Processor	400MHz	
Memory	1MB	
Input Channel	전압 3채널 전류 3채널 DI 1채널 DO 1채널	16Bit(65,636 Step) 1MS/s (채널별) 16,666BIN x Cycle 오차율 : ±0.2%이내 위상차 : ±0.3도 이내
전원	DC24V	
Dimensions	5U	

다. 부싱 어댑터 탭

부싱 어댑터 탭(Bushing Adapter Tap)은 변압기 부싱의 측정용 탭 단자(OFF-Line시 계측기

시험용 단자)에 연결하여 변압기 내부의 절연상태를 측정하고, 누설전류를 진단하는 센서입니다.

- 기능

▸ 절연상태 측정

커패시턴스 및 유전손실등을 측정하여 절연 상태 판정

▸ 누설전류 측정

부싱의 누설전류 측정하여 커패시턴스, 와트로스, 손실계수, 역률등을 분석하여 부싱의 절연상태를 On-Line으로 판정

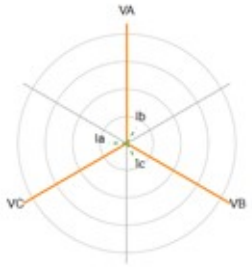
- 어댑터 탭 : 보호회로가 내장되어 있어, 변압기 가압 운전중 누설전류 측정 신호선이 분리되더라도 안전하게 접지될 수 있도록 보호회로가 동작하여, 변압기 부싱으로 인한 사고를 미연에 방지 할 수 있다.

- 보호 덮개 : 어댑터 탭의 견고한 고정 및 외부의 충격, 복사열 등으로부터 어댑터 탭 보호 역할을 하며, 부싱과 덮개간 코로나가 발생하지 않도록 간격을 띄워 설치 한다.

부싱 어댑터 탭 구성



부싱진단 감시화면 (실시간)



전압 위상			전류 위상			전압(kV)			누설전류(mA)		
A상	B상	C상	A상	B상	C상	A상	B상	C상	A상	B상	C상
0.000	240.000	120.000	89.883	329.281	209.403	159.478	159.959	157.533	9.127	9.142	9.635

부싱용량(C)			WattLoss(W)			역률(PF)			손실계수(tan)		
A상	B상	C상	A상	B상	C상	A상	B상	C상	A상	B상	C상
262.939	262.615	281.001	1.762	10.635	9.111	0.210	1.260	1.040	0.205	1.357	1.043

• 각 상의 누설전류 표시

• 상전압을 이용하여 산출된 기준 값은 각상의 누설전류와 비교하여 판정하며, 부싱 절연상태는 4단계로 분류하여 판정합니다.

판정 항목	양 호	관 찰	요주의	불 량
누설전류 증가	2%이하	2%초과 ~ 3%이하	3%초과 ~ 5%이하	5%초과
누설전류 감소	- 2%이하	-	- 2%이상	-

• 저장된 데이터를 선택하면 선택한 기간동안 Trend 분석이 가능합니다.

부싱진단 감시화면 (절연열화)



4.3.4. 변압기 유중가스 진단

가. 개요

- 변압기 내부 이상 시 발생하는 각종 절연물의 열분해 가스와 수분(H_2O)을 실시간으로 측정하여 변압기 사고를 미연에 방지하는 장비입니다.

- Data 통신장치(CU)를 통하여 진단 Unit으로 유중가스 분석 정보를 진단 서버와 연결하여 온라인으로 실시간 감시합니다.

나. 주요 구성품

No	품 명	규격 및 구성	비고
1	유중가스 분석장치	Hydrogen (H2) Carbon Monoxide (CO) Acetylene (C2H2) 실시간 분석 및 Data 저장	
2	배관 및 부속설비		
3	모니터링 장치	광통신 장치 진단 프로그램	

		☞ 전용 P.C (코어 i5급 이상) ☞ 모니터 20 Inch 이상	

다. 유중가스 분석 가스 종류 및 검출 범위

- 유중가스 분석 장비는 수소(H2), 일산화탄소(CO), 아세틸렌(C2H2) 등 최소 3종 이상의 가스와 수분을 검출할 수 있습니다.

- 가스와 수분의 검출 범위와 오차는 아래 값을 초과하지 않습니다.

No	분석가스 종류	검출범위	Accuracy	Repeatability
1	H2	5 ~ 5,000 ppm	Lesss ±5% or LDL	2%
2	CO	1 ~ 10,000 ppm		
3	C2H2	0.5 ~ 5,000 ppm		
4	H2O	100% RH(in ppm)	Lesss ±3%	2%

4.3.5. OLTC 진단

가. 개요

변압기 부하 시 탭 전환 장치(OLTC, On Load Tap Changer)를 상시 감시 및 진단하는 시스템으로 OLTC 내부 결함시 발생하는 아크, 코로나방전 등의 내부 부분방전 신호, OLTC 구동 장치의 동작전류를 실시간 감시하여 이상 발생 시 경보 기능을 수행하며, 데이터 통신장치(CU)를 통하여 변전소 종합 예방진단 시스템의 진단 UNIT으로 OLTC 감시정보를 제공합니다.

나. OLTC 진단 주요 구성품

No	품 명		규격 및 구성
1	OLTC	UHF 부분방전	☞ UHF 센서 : 300MHz ~ 1,200MHz
		구동장치	☞ 구동 모터 동작전류 과도 및 정격전류와 파형패턴의 변화 추기 ☞ 모터구동 접점 : 동작시간, 동작횟수
2	Local Unit (OLU)		- DAU (Data Acquisition Unit) ☞ CU (Communication Unit : IEC 61850 기반)

3	진단 Unit	Main Server 운영 / 진단 소프트웨어

다. OLTC 부분방전 센서

구 분	내 용	비 고
제품 사진		
주파수 검출대역	300 MHz ~ 1,200 MHz	
센서 감도	IEC60270에 의한 겉보기 방전크기 100pC 이하의 신호 검출	
커넥터	N형 커넥터 (IEC 61169-16)	
방수 및 방진	IP65 (IEC 60529)	

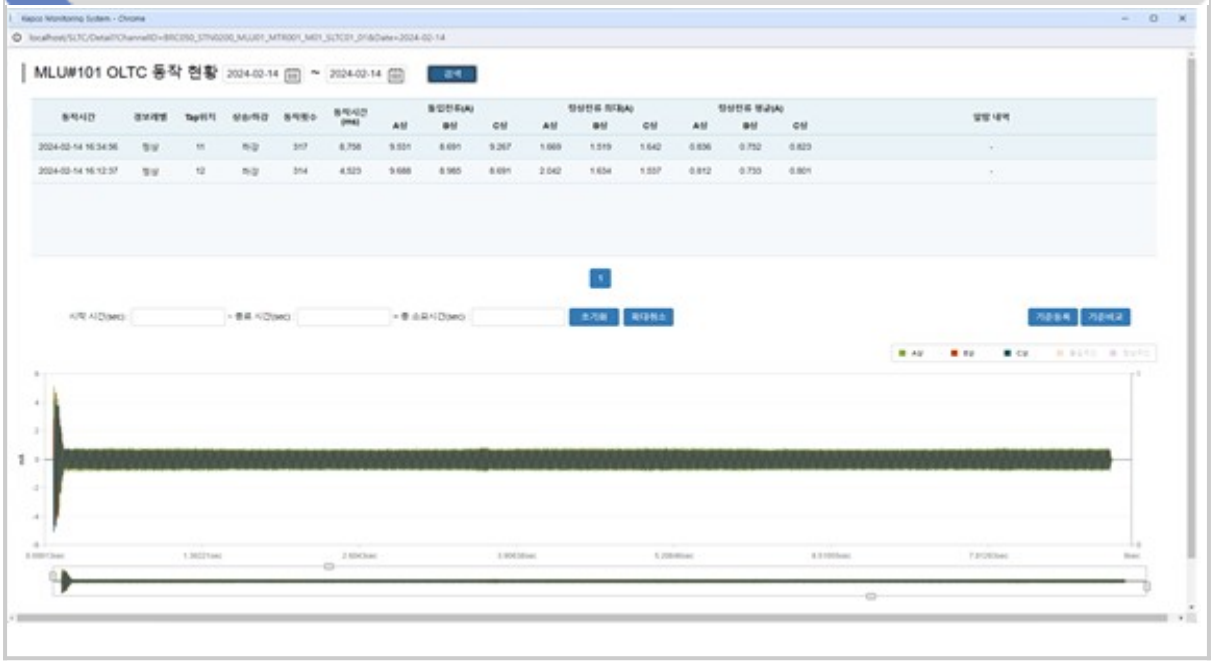
라. OLTC 구동부 감시 센서

구 분	내 용	비 고
Feature		
Model	JC10F-5A / 1.66 mA	
Output	50A / 16.6mA	
Current Range	0.01 ~ 80A	
오차율	1.0 %	
Max Continuous Current	120A	

Turns Ratio	3000 : 1	
케이블	AWG 2464, 차폐 케이블	

마. OLTC 진단 소프트웨어

OLTC 구동모터 동작 이벤트-1

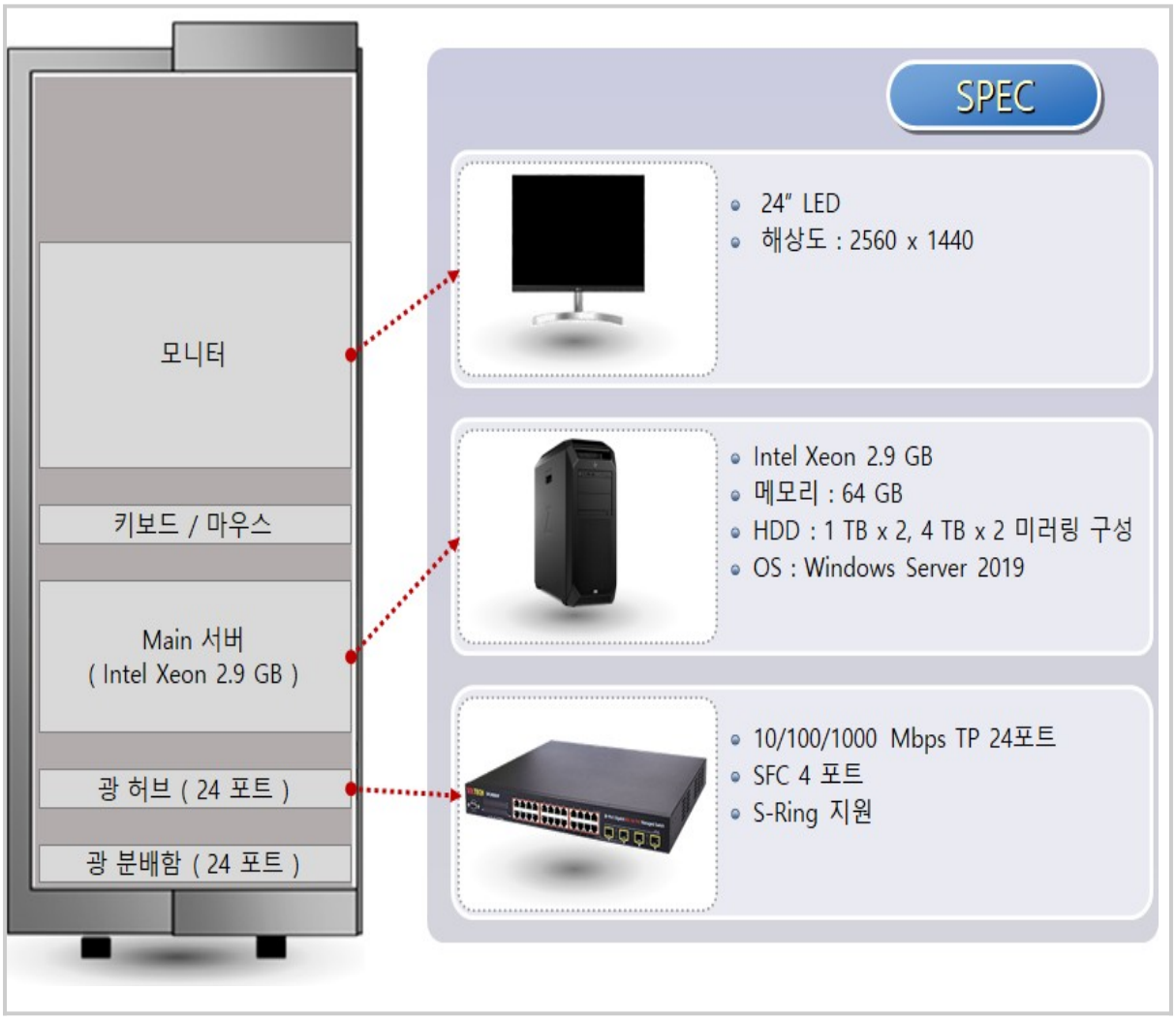


5. 진단 Unit

진단 Unit은 시스템 통제 및 운전, 장치를 구성하는 개별기기 전원제어, 센서가 설치된 전압과의 동기화(Synchronize), 자체 진단기능, Data Display, 데이터 저장 (최소 1년분), 모든 장치의 각종 기록(동작, 제어, remote access logging), 실시간 Alarm 데이터, 이상 신호 발생 내역, 검출된 신호 데이터 및 시스템 운영 상태 등의 정보 전송 기능을 구비했습니다.

5.1 구성

진단 Unit 구성



5.1.1. 메인 서버

구 분	내 용	비 고
제품 사진		HP Z8
CPU	Intel Xeon 5415+ (2.9 GHz, Max 4.10GHz) 8 cores	
메모리	64GB	
하드디스크	1 TB x 2EA	듀얼 미러링 구성
	4 TB x 2EA	
그래픽	NVIDIA RTX 5060	
모니터	24“ 모니터	
운영체제	한글 Windows Server 2025 Standard	
RDBMS	SQL Server 2025 Standard Edition	
Report Tool	Office Excel 2021	
백신	V3 Net For Windows Server 9.0	

5.1.2. 광허브

구 분		내 용	비 고
제 품			
인터페이스	RJ45	POE 10/100/1000Mbps TP 24포트	
	광포트	SFP 4슬롯(콤보 포트 : 23, 24)	

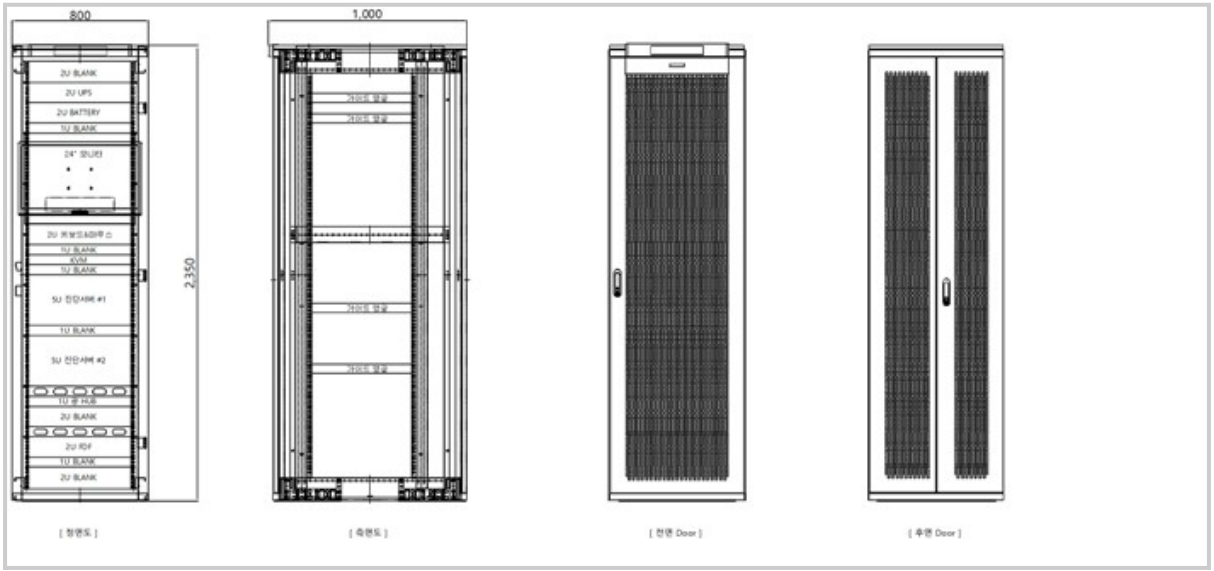
		1000Mbps-SX/LX SFP 지원, 100Mbps-FX SFP 지원	
입력전원		100~240VAC, 50/60Hz	

5.1.3. FDF

구 분	내 용	비 고
제 품		
인터페이스	LC 24C, 1U	

5.1.4. 외함

진단 Unit 외함 구성도 (예시)



6. 운영 소프트웨어

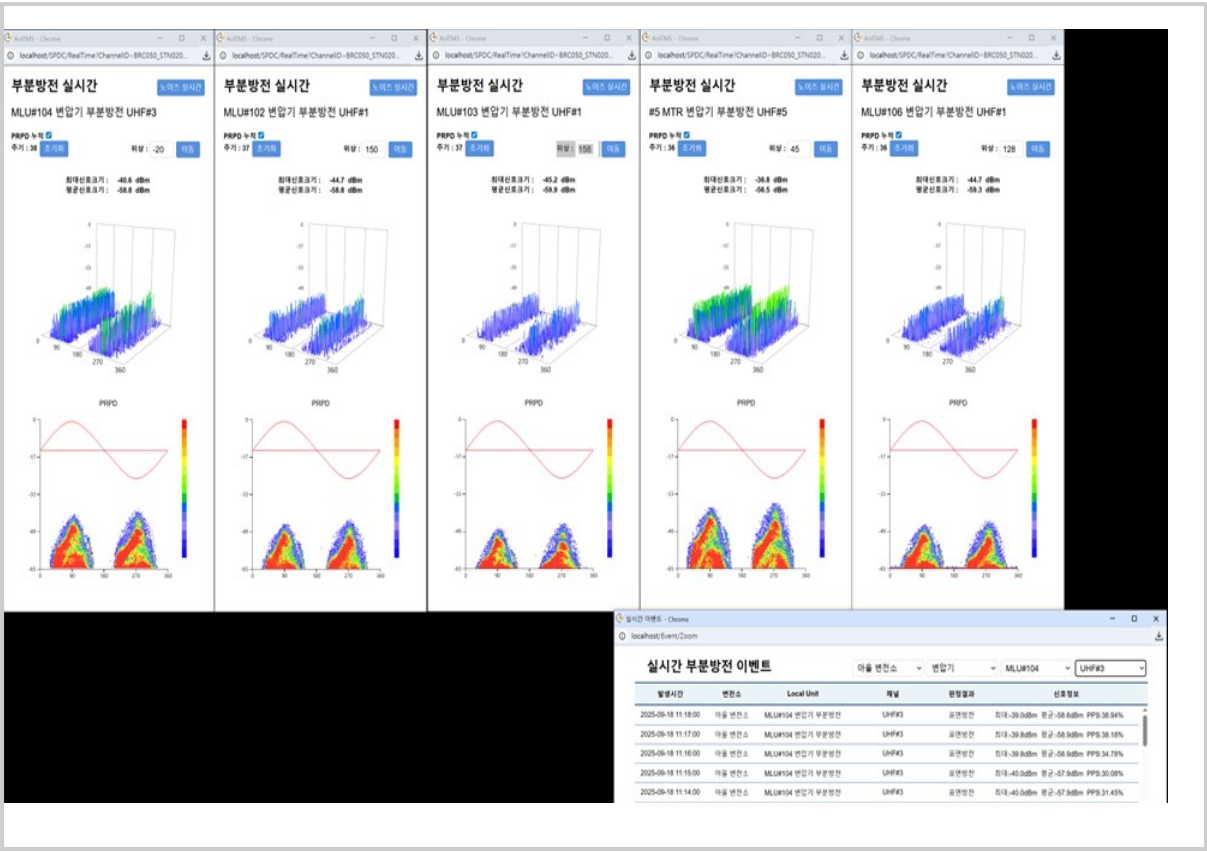
진단 Unit의 운영 소프트웨어, 진단 소프트웨어, Web Link는 사용자에게 친숙하고 사용가 익숙하고 편리한 최신의 한글 Windows Server 2019 OS 환경으로 구축하였으며, 진단 소프트웨어와 운영 소프트웨어로 구분하여 운영됩니다.

6.1 주요 기능

6.1.1. 실시간 부분방전 이벤트 모니터링 기능

GIS, 변압기 센서로부터 취득되는 데이터를 실시간 모니터링이 가능합니다.

실시간 부분방전 모니터링 화면



가. 채널별 모니터링 가능

나. 초기화 버튼을 데이터 누적 시점을 정할 수 있음

다. 위상 조정 가능

라. 실시간으로 데이터를 분석하여 PD로 판단되면 이벤트를 발생시키며 가시, 가청적으로 확인이 가능합니다.

6.1.2. 이벤트 데이터 다운로드 및 재생 기능

데이터 분석 후 PD로 판단되면 이벤트로 저장을 하며, 화면과 같이 저장된 이벤트 내역은 조회가 가능합니다.

이벤트 데이터 조회 화면 (다운로드 및 재생)

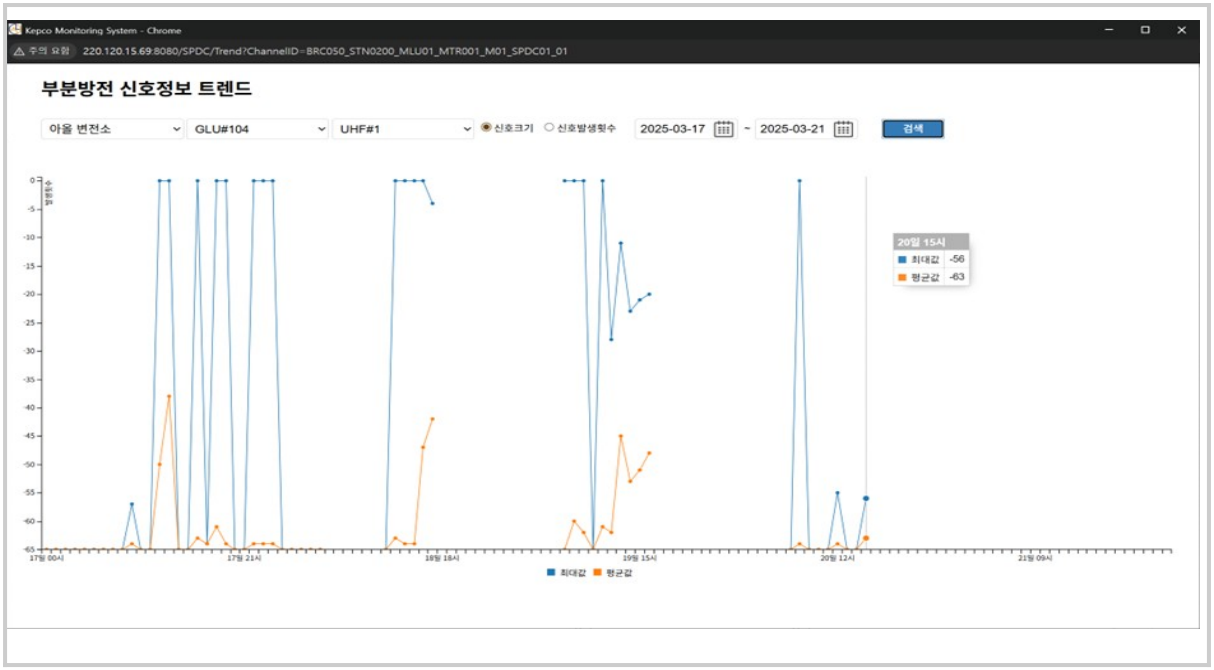


가. 이벤트 내역을 선택하면 저장된 파일에 대한 세부내역 확인이 가능

나. 이벤트 내역은 파일로 다운로드가 가능하며, 파형을 재생이 가능합니다.

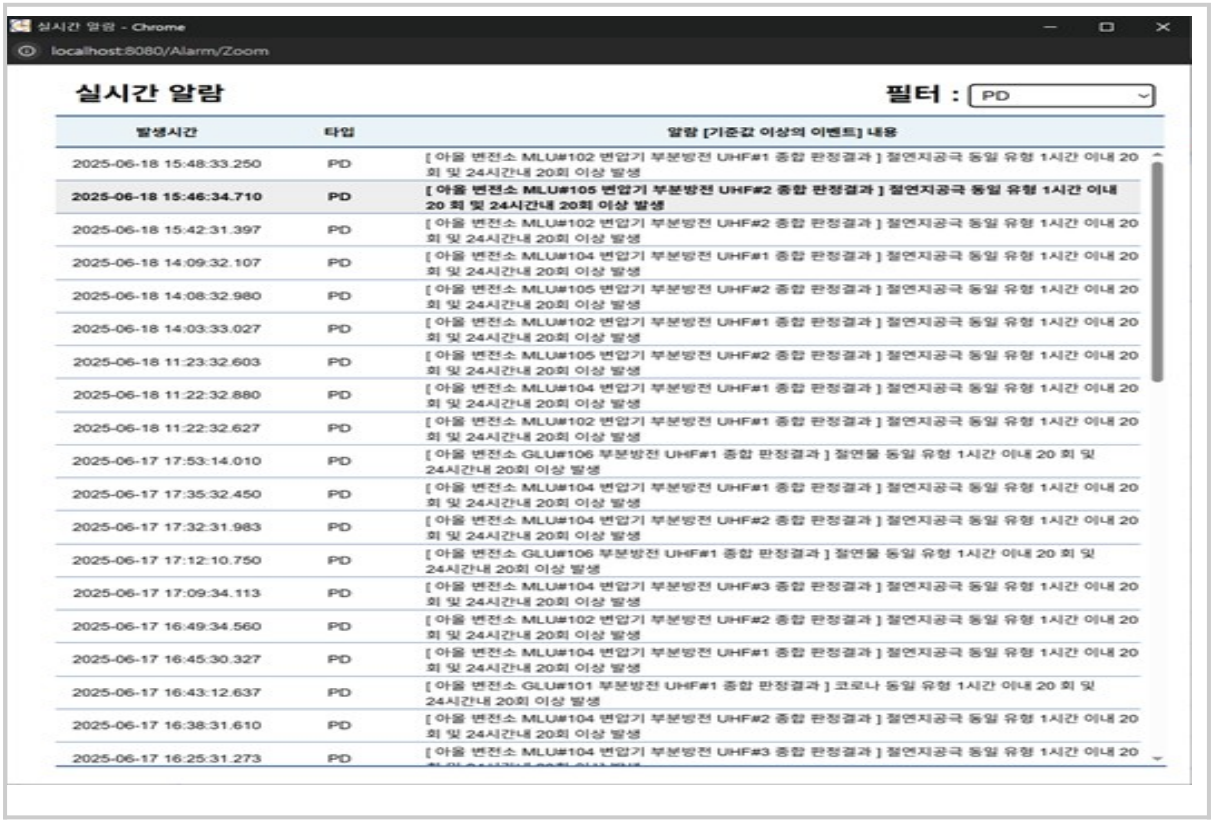
6.1.3. 데이터베이스에 저장된 알람 및 이벤트 데이터에 의한 변화경향

부분방전 신호 정보 트렌드



6.1.4. 알람 및 이벤트 발생 및 조회

알람 리스트 (PD)



발생시간	타입	알람 [기준값 이상의 이벤트] 내용
2025-06-18 15:48:33.250	PD	[아울 변전소 MLU#102 변압기 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-18 15:46:34.710	**PD**	**[아울 변전소 MLU#105 변압기 부분방전 UHF#2 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생**
2025-06-18 15:42:31.397	PD	[아울 변전소 MLU#102 변압기 부분방전 UHF#2 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-18 14:09:32.107	PD	[아울 변전소 MLU#104 변압기 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-18 14:08:32.980	PD	[아울 변전소 MLU#105 변압기 부분방전 UHF#2 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-18 14:03:33.027	PD	[아울 변전소 MLU#102 변압기 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-18 11:23:32.603	PD	[아울 변전소 MLU#105 변압기 부분방전 UHF#2 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-18 11:22:32.880	PD	[아울 변전소 MLU#104 변압기 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-18 11:22:32.627	PD	[아울 변전소 MLU#102 변압기 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 17:53:14.010	PD	[아울 변전소 GLU#106 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연물 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 17:35:32.450	PD	[아울 변전소 MLU#104 변압기 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 17:32:31.983	PD	[아울 변전소 MLU#104 변압기 부분방전 UHF#2 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 17:12:10.750	PD	[아울 변전소 GLU#106 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연물 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 17:09:34.113	PD	[아울 변전소 MLU#104 변압기 부분방전 UHF#3 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 16:49:34.560	PD	[아울 변전소 MLU#102 변압기 부분방전 UHF#2 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 16:45:30.327	PD	[아울 변전소 MLU#104 변압기 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 16:43:12.637	PD	[아울 변전소 GLU#101 부분방전 UHF#1 종합 판정결과] 코로나 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 16:38:31.610	PD	[아울 변전소 MLU#104 변압기 부분방전 UHF#2 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20 회 및 24시간내 20회 이상 발생
2025-06-17 16:25:31.273	PD	[아울 변전소 MLU#104 변압기 부분방전 UHF#3 종합 판정결과] 절연지공극 동일 유형 1시간 이내 20

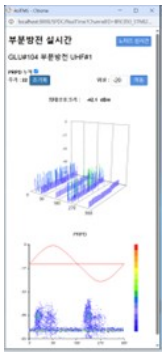
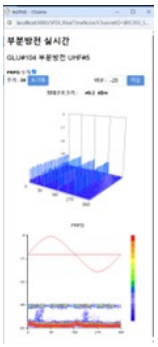
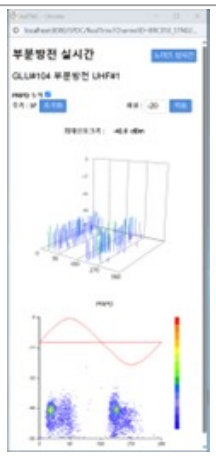
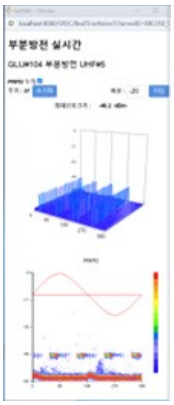
6.1.5. 노이즈 게이팅

가. 노이즈 채널로 입력되는 신호와 PD 채널로 유입되는 신호를 측정하여 노이즈를 제거합니다.

노이즈 게이팅 : 설비 외부에서 발생하는 노이즈 신호는 노이즈 안테나로 감지하여 설정값 이상이 발생하였을 때 부분방전 채널의 신호와 동기화하여, 외부의 노이즈 신호를 제거하는 기능입니다. 노이즈 채널과 PD채널을 동시에 비교 분석합니다.

노이즈 채널로 들어오는 외부 신호를 게이팅할 구역을 0 ~ 360도, -65dB ~ 0dB 사이의 구역을(Max 2개 구간) 별도 설정 가능하며, 게이팅 구역에 신호가 발생 시 PD 채널에 유입되는 외부 노이즈 신호를 제거합니다.

노이즈 게이팅 전/후 화면

노이즈 게이팅 적용 전	 [PD 채널]	 [노이즈 채널]
노이즈 게이팅 적용 후	 [PD 채널]	 [노이즈 채널]