

MATLAB EXPO

2024.06.11 | 그랜드 인터컨티넨탈 서울 파르나스

Simulink Real-Time을 활용한 Micro-Grid Test Bench 구축

오형록, ㈜위드비어



목 차


- 발표자 약력
- (주)위드비어 소개
- Project Overview
- Project Challenge
- 300kW Micro-Grid Test Bench Configuration
- SCADA System Design
- P-HILS System Design
- System Testing
- Training
- Summary

발표자 약력

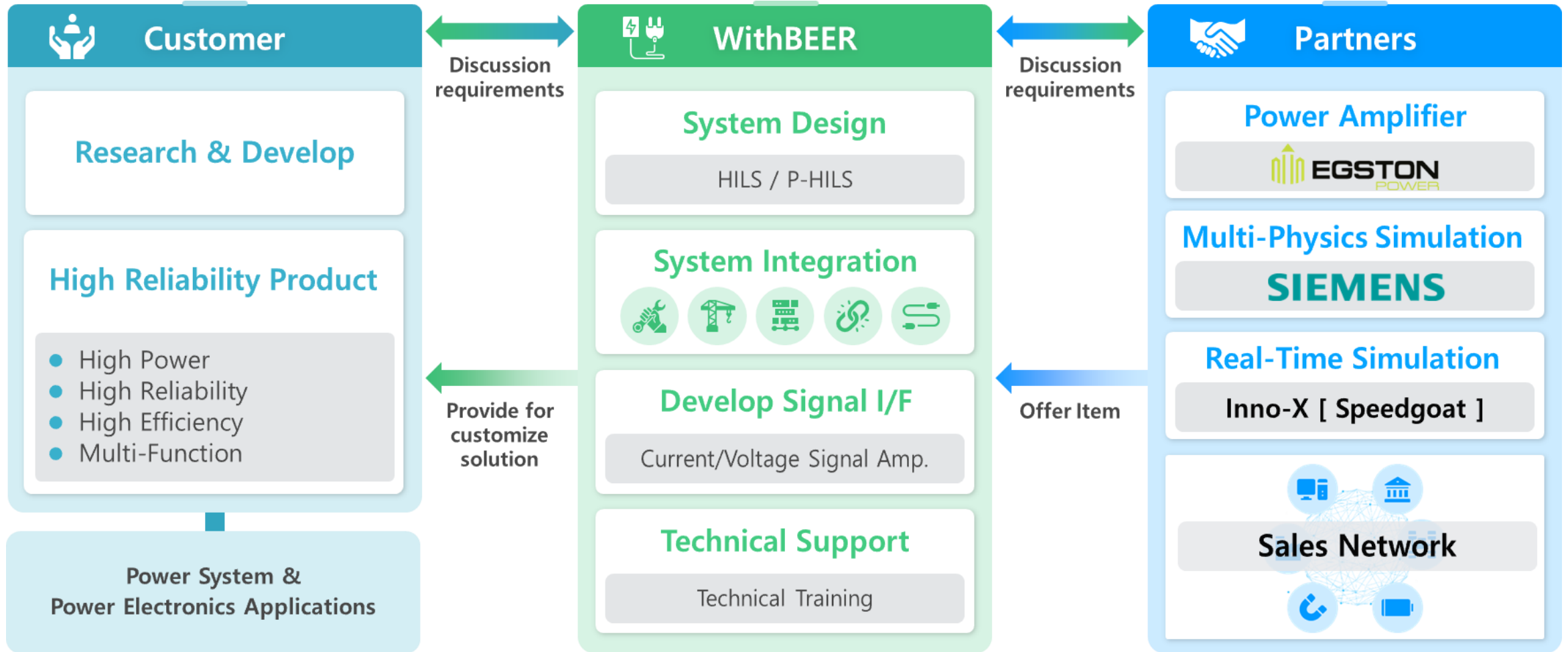
- (주)위드비어 대표이사
- 주요경력
 - (주)리얼타임웨이브 전력시스템 실시간 시뮬레이션 기술영업(5.5년)
 - (주)미림씨스콘 전력시스템 실시간 시뮬레이터 기술영업(1.5년)
 - (주)신호시스템 기술연구소 (7년)
- 최근사업
 - 한국전력 에너지신기술연구원 HILS 시스템 및 Power HILS 구축
 - 한전KPS HILS 기반 가상 테스트베드 통합 구축
 - MW급 P-HIL 구축[KETI]



회사개요

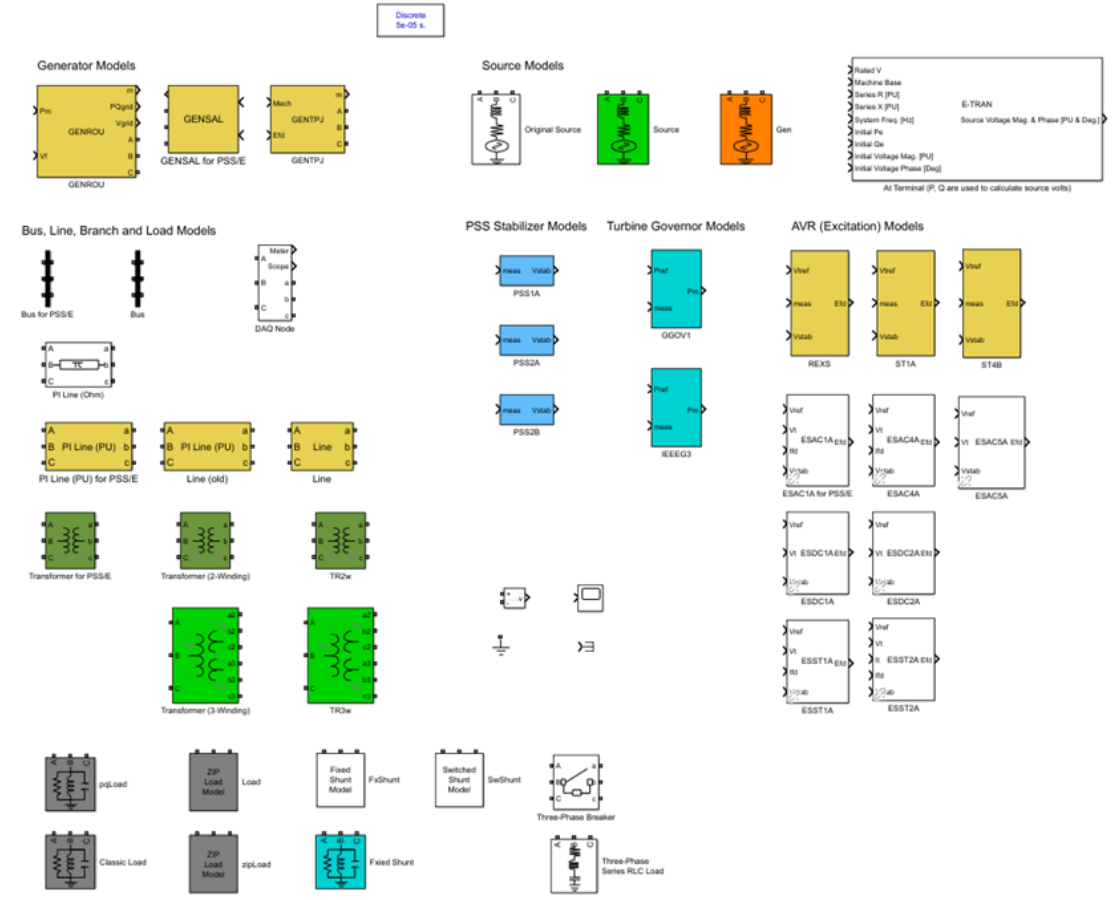
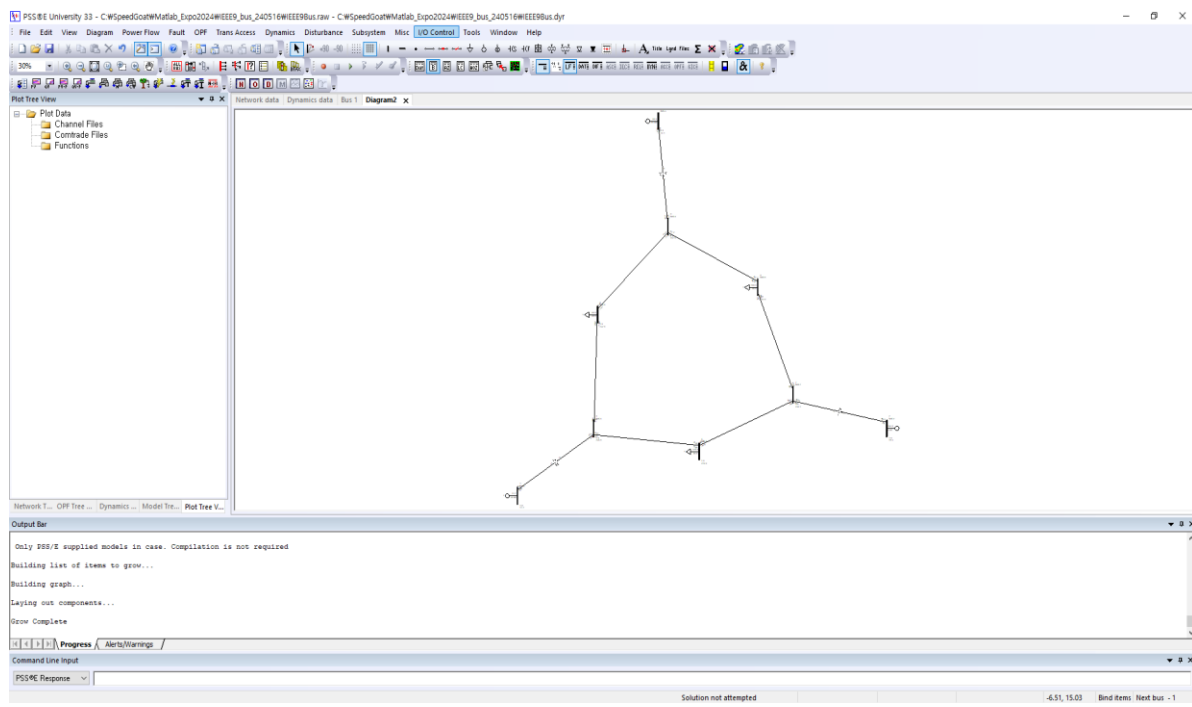
<p>회 사 명</p>	<p>(주)위드비어 WithBEER Co., Ltd (With Best Engineering & Essential Responsibility)</p>	<p>핵심역량</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● 실시간 시뮬레이터 <ul style="list-style-type: none"> - Speedgoat: 판매, 용역, 기술지원 - OPAL-RT: 용역 및 기술지원(유료서비스) ● RCP(Rapid Control Prototyping) <ul style="list-style-type: none"> - Speedgoat 및 PI-Innovo ● 신재생에너지 시험 및 개발기기 제작 ● 4상한 동작 전력 시뮬레이터 (EGSTONE Power Electronics / Austria) ● 서비스 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 시뮬레이션 분야 유지보수 및 기술지원, 교육 
<p>설 립 일</p>	<p>2020년 5월</p>		
<p>대표이사</p>	<p>오 형 록</p>		
<p>임직원수</p>	<p>7명</p>		
<p>회사위치</p>	<p>전남 나주시 교육길 13, 스마트파크지식산업센터 209호</p>		
<p>홈페이지</p>	<p>https://www.withbeer.co.kr</p>		


사업 및 서비스영역



사업 및 서비스영역

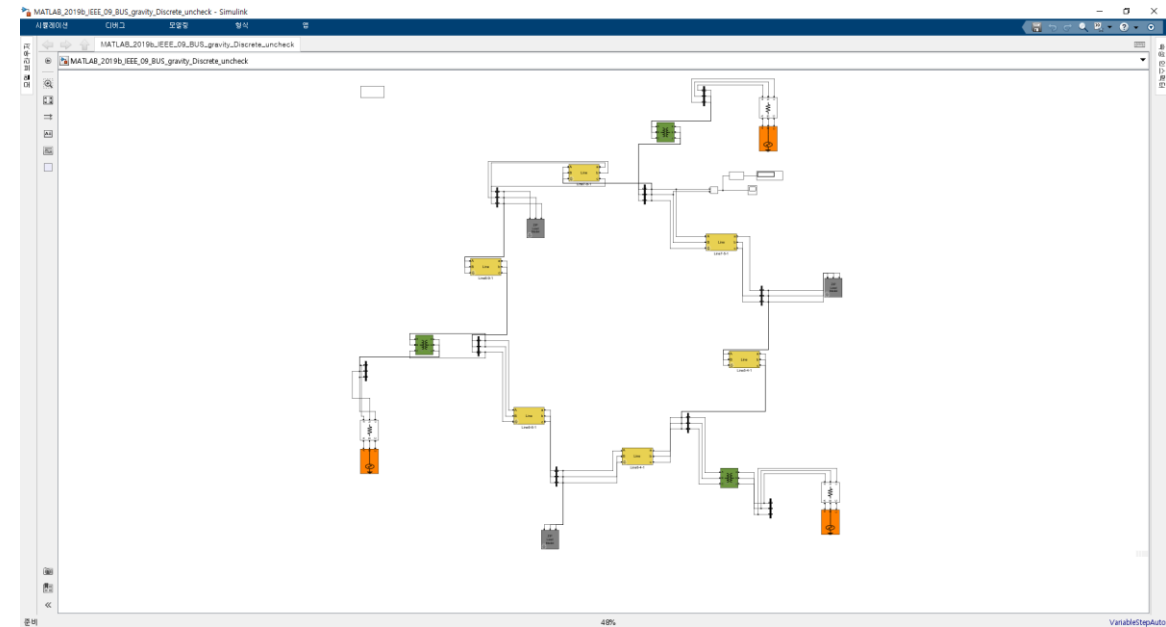
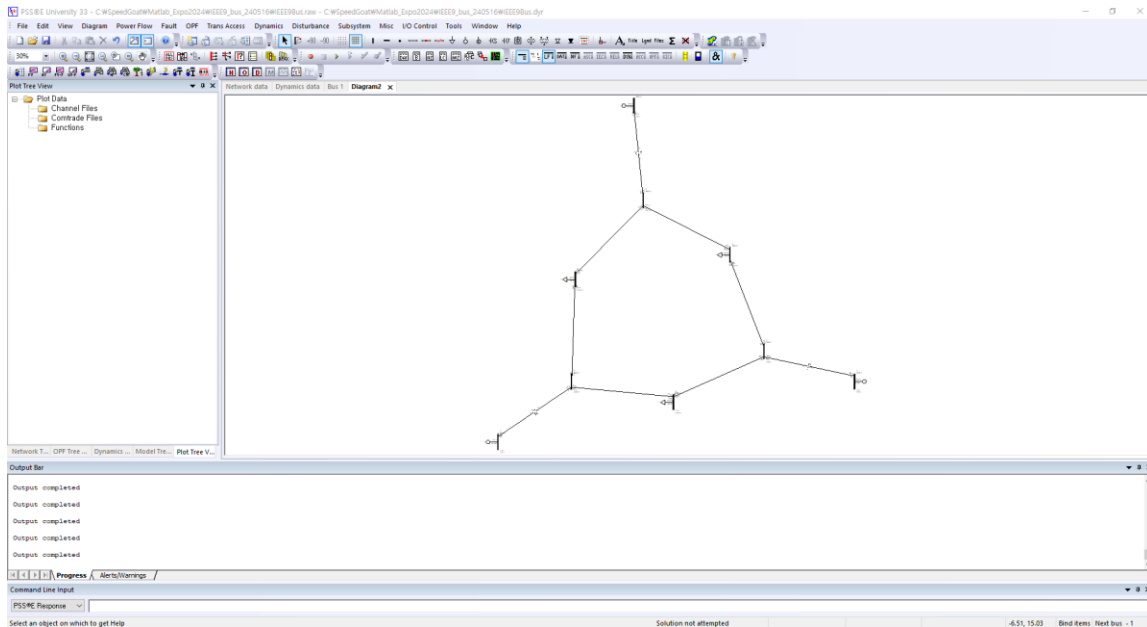
- 신규사업
 - PSS/E 대응 라이브러리 개발
 - PSS/E to Simulink Conversion Service



 **MathWorks®**
 다양한 응용분야로 확대가 가능한 MATLAB/Simulink 활용 [전문성 확보]

사업 및 서비스영역

- 신규사업
 - PSS/E 대응 라이브러리 개발
 - PSS/E to Simulink Conversion Service



Project Overview(1/2)

- 사업명 : 모로코 녹색기술 연구개발 종합지원사업
- 주관기관 : 한국국제협력단[KOICA]
- 사업구성 : 건축 / 기자재(참여) / 전문가파견 / 역량강화 / 스마트그리드 구축 / 사업관리
- 사업장소 : 모로코 벵게리[Ben Guerir] / 그린에너지파크[IRESEN]
- 사업내용
 - 모로코 4대 녹색기술 연구개발단지(플랫폼) 구축 지원
 - 신재생에너지 공급증가 계획에 대처 및 에너지효율성 개선을 GSBP 플랫폼 구축을 통해 도출
 - 신재생에너지 자원을 사용하여 모로코의 화석연료 수입 감소
 - GSBP 구축지원을 통한 향후 모로코 건축에너지 효율성 연구개발과 그린시티 개발에 활용
 - 그린에너지(신재생, 열병합) 통합 공정을 모로코와 기타 아프리카 지역사업에 적용 가능하도록 영향력을 발휘, 기여
 - 관련분야 정책 결정자, 연구원, 학생의 지식 및 역량 강화

Project Overview(2/2)



■ 참여내용

- 300kW급 Micro-Grid Test Bench 전체시스템 구성 설계 및 구축
- SCADA System 구축
- Power HILS 구축
- 교육 : SCADA / Power HILS
- 기술지원

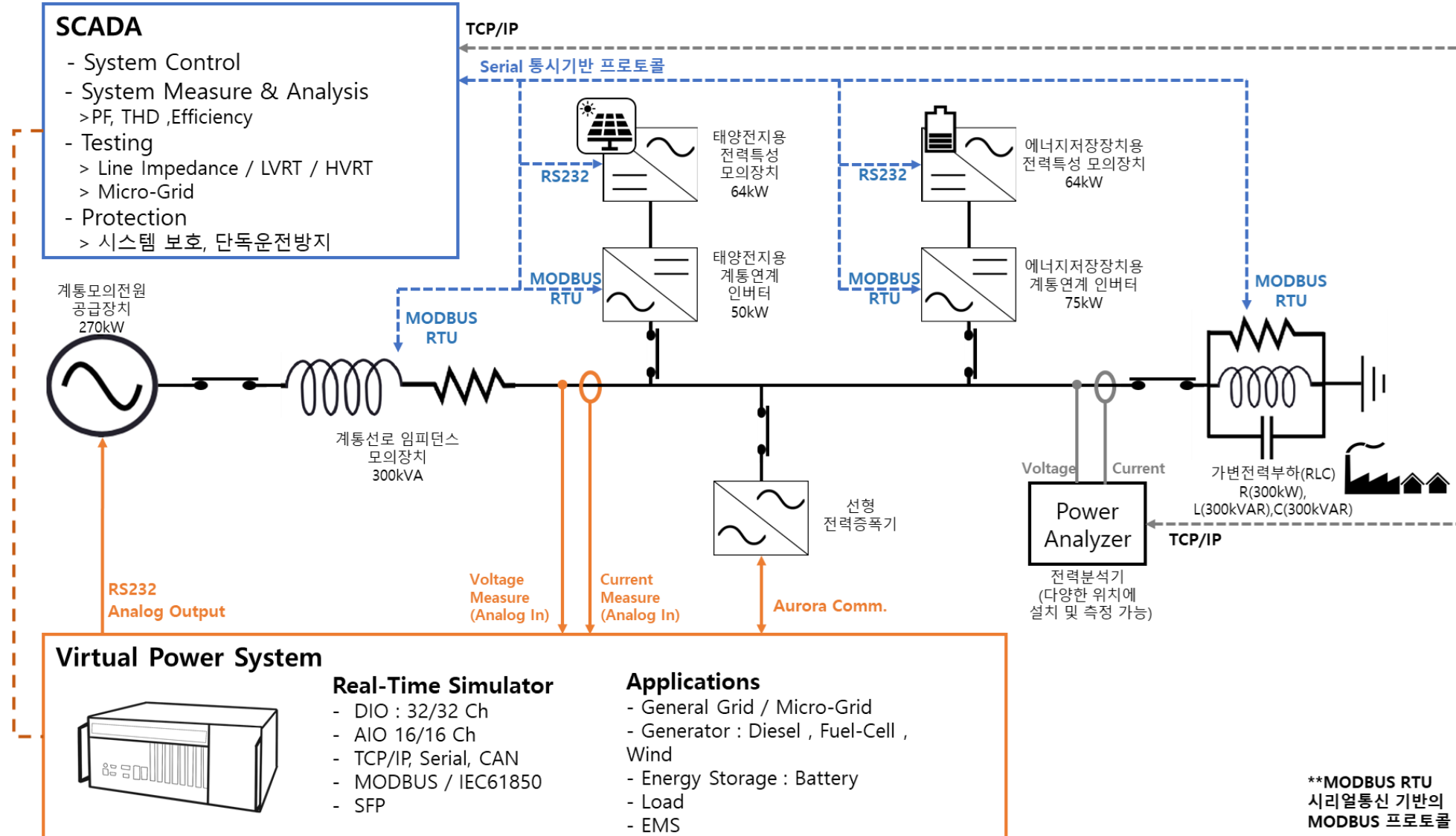
Project Challenge(1/2)

- 300kW Micro-Grid Test Bench 구축 을 위한 요구사항
 - Micro-Grid 시스템의 일반적인 구성 [기자재간 통합 연결]
 - SCADA 를 이용하여 통합제어 및 모니터링 구현 실현
 - 실시간 시뮬레이터(OPAL-RT[수원국 지정])를 이용한 Hardware in the Loop Simulation 가능한 환경 구성 필수.
- 고려사항
 - 일반적인 Micro-Grid 구성
 - Hardware in The Loop Simulation 구축
 - Power Amplifier와 Micro-Grid Test Bench와 연동
 - Micro-Grid Test Bench의 데이터 수집 가능
 - HILS와 SCADA와 연동 필요

Project Challenge(2/2)

- SCADA Test Bench 구축 요구사항
 - SCADA 프로그램을 통해 자동, 수동 테스트 지원 (기능 / 유연성 / 향후 활용)
 - 마이크로 그리드 테스트 장비를 구성하여, 목적에 맞는 테스트 환경을 구축
 - 각 장비의 개별 제어 가능
 - 각 시험 케이스에 따른 자동 테스트 구축
 - 시험 : PV PCS 효율시험, ESS PCS 효율시험, 단독운전 방지 시험, LVVRT/HVRT 시험, 라인임피던스 모의 시험
 - Micro-Grid 통합 운영 시험
- Power HILS 구축을 위한 제한사항 / 고려사항
 - OPAL-RT Simulator + Power Amplifier [SPS사 30kW 4상한 Amplifier]

300kW Micro-Grid Test Bench 구성



300kW Micro-Grid Test Bench 구성

■ 구성품

- AC Source : 270kW, AMETEK ACS270
- 300kW RLC Load
- 300kW Line Impedance Emulator
- Measurement : Power Analyzer & Digital Oscilloscope
- 30kW 4Q Power Amplifier
- Power Change System(Switch)
- ESS PCS(80kW)
- Battery Emulator(64kW)
- PV PCS(50kW)
- PV Emulator(64kW)
- Real-Time Simulator : OPALRT
- SCADA System



AC Source (270kW)
Power Analyzer
Oscilloscope



RLC Load (300kW)



Line Impedance (300kW)



Power Amplifier (30kW)



Power Change System
(Contactor)

300kW Micro-Grid Test Bench 구성

■ 구성품

- AC Source : 270kW, AMETEK ACS270
- 300kW RLC Load
- 300kW Line Impedance Emulator
- Measurement : Power Analyzer & Digital Oscilloscope
- 30kW 4Q Power Amplifier
- Power Change System(Switch)
- ESS PCS(80kW)
- Real-Time Simulator : OPALRT
- SCADA System
- Battery Emulator(64kW)
- PV PCS(50kW)
- PV Emulator(64kW)



ESS PCS (80kW)



실시간 시뮬레이터 & 센서박스



SpeedGoat Baseline (SCADA System)



ESS Emulator [64kW]



PV Emulator [64kW]



PV PCS (50kW)

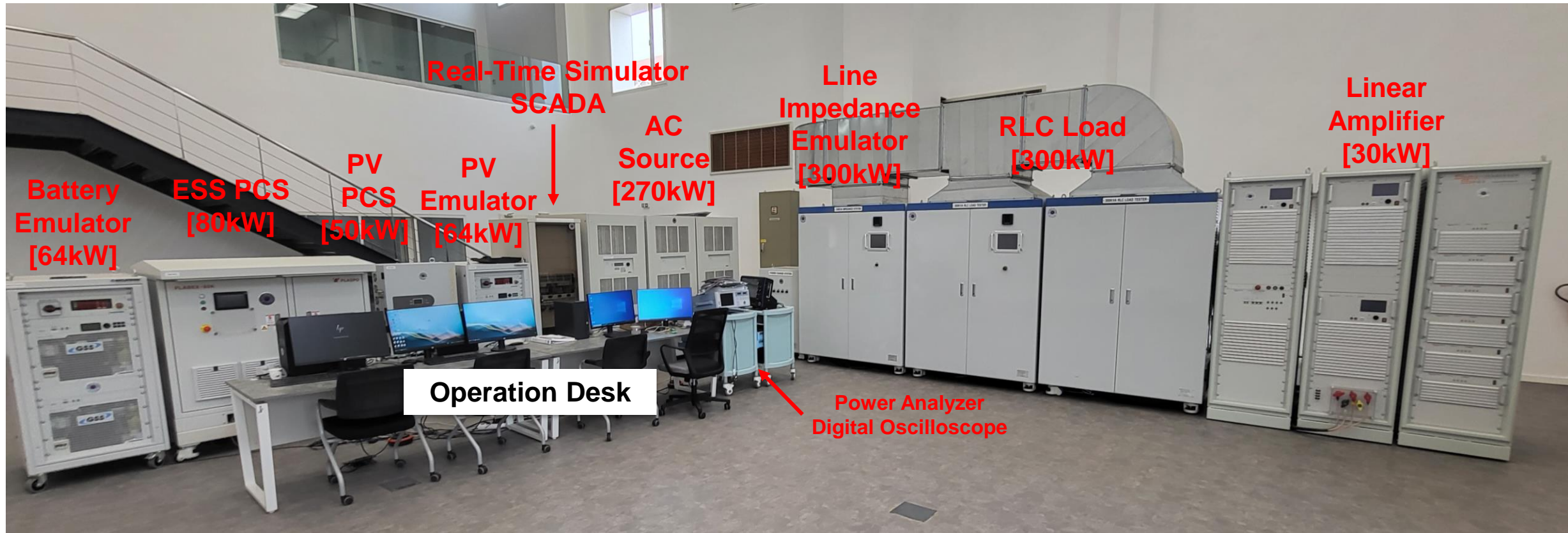
300kW Micro-Grid Test Bench 구성

- 시스템 설치



300kW Micro-Grid Test Bench 구성

- 시스템 완성



SCADA System Design

▪ 사양 선정을 위한 고려사항

- SCADA 프로그램을 통해 자동, 수동 테스트 지원 (기능 / 유연성 / 향후 활용)
- 마이크로 그리드 테스트 장비를 구성하여, 목적에 맞는 테스트 환경을 구축
- 각 장비의 개별 제어 가능
- 각 시험 케이스에 따른 자동 테스트 구축
- 시험 : PV PCS 효율시험, ESS PCS 효율시험, 단독운전 방지 시험, LVRT/HVRT 시험, 라인임피던스 모의 시험
- **Micro-Grid 통합 운영 시험**
- 현장설치 시 요구사항 반영 필요
- 실시간 시뮬레이터와 쉽게 연동
- 사용자가 향후 쉽게 운용 및 수정 활용 가능 하도록 제작
- 유지보수 용이 → 거리 문제 (Korea ↔ Morocco)

SCADA System Design

■ SCADA System 선정

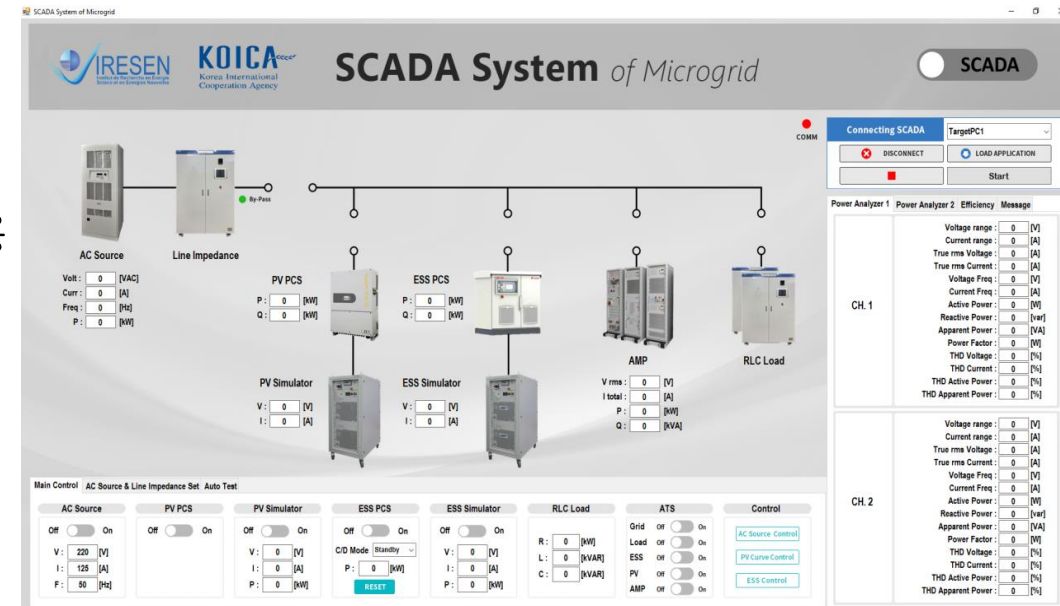
– Purpose : **Test Bench Control**

– Software

- Modeling Software [Modeling & Simulation] 활용 용
- MATLAB(ML) / Simulink (SL)
- Control system toolbox (CT)
- MATLAB Coder(ME) / Simulink Coder(RT)
- Simscape (SS) / Simscape Electrical (PS)
- **Simulink Real-Time → SCADA를 위한 신규 추가**

– Graphical User Interface

- **Simulink Real-Time API**
- C# or App Designer.



SCADA System Design

■ SCADA System 선정

– Hardware

- Speedgoat Baseline
- Intel Celeron 2 GHz 4 cores / 4GB DDR3 RAM / 32 GB SSD

– Communication

- TCP/IP : AC Source (AMETEK RS270)
- Serial : REGATRON (PV & Battery)
- MODBUS TCP

RLC Load, Line Impedance, Power Change System

PV PCS, ESS PCS, Power Analyzer

OPAL-RT



SCADA System Design

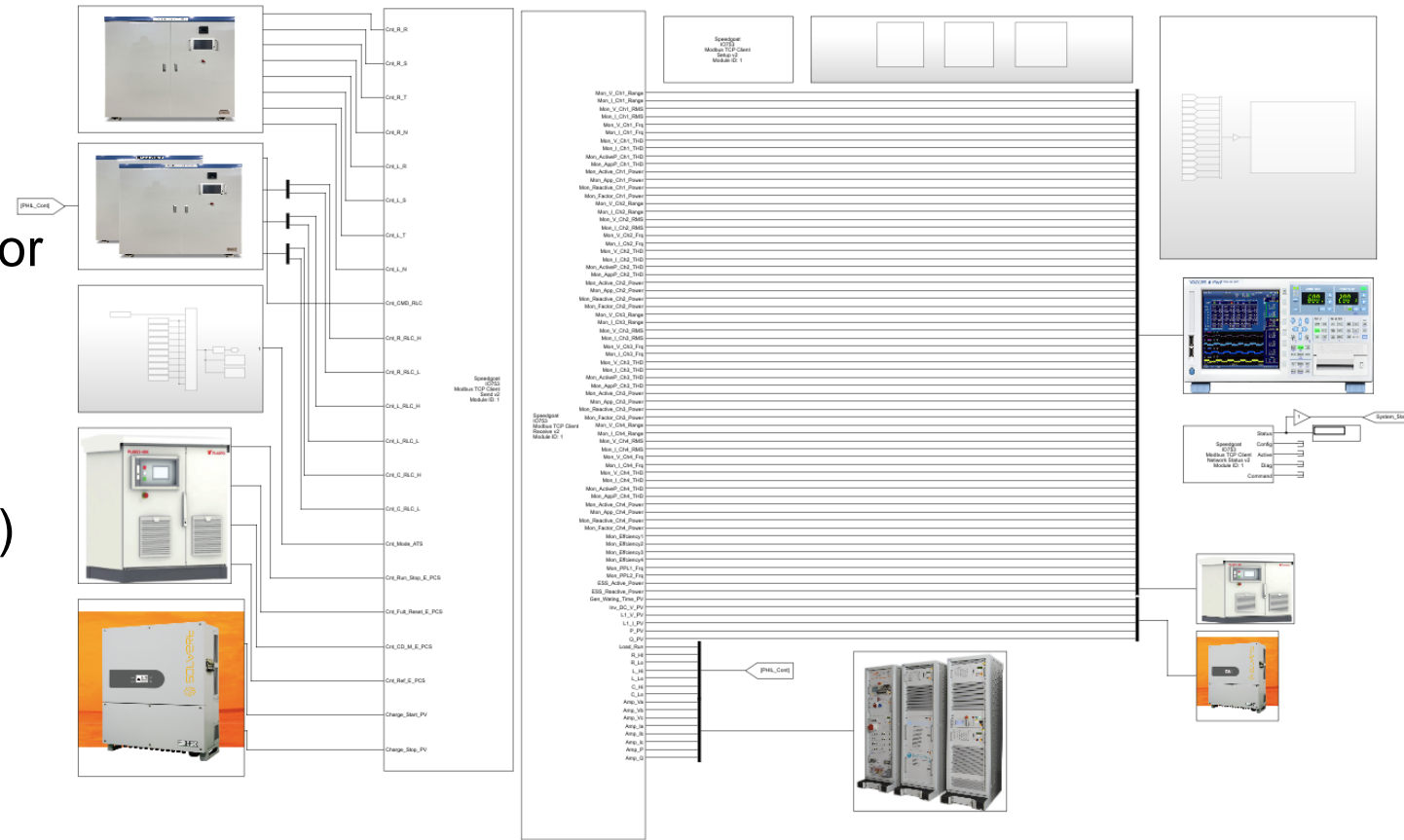
▪ MBD를 사용한 SCADA System의 장점

- MATLAB/Simulink 활용으로 현지 연구원의 활용도 상승 (실제 만족도 매우 높음)
- Speedgoat의 장점을 그대로 활용
 - MATLAB/Simulink를 활용한 Hardware 제어
 - 라이선스 없이 모든 코어 사용 가능(Task 분할)
- SCADA 시스템 미사용 시 다른 용도(실시간 시뮬레이션)로 활용 가능
- EMS(Energy Management System) 구축 등 다양한 제어기 구축 가능
- 다양한 장비와 통신을 활용한 연동 가능
- 다양한 기능 추가 가능 : 분석 알고리즘 / 수식연산 / 조건부 제어기능
- 다양한 Source/Load 프로파일 적용 가능
- 유지보수 용이

SCADA System Design

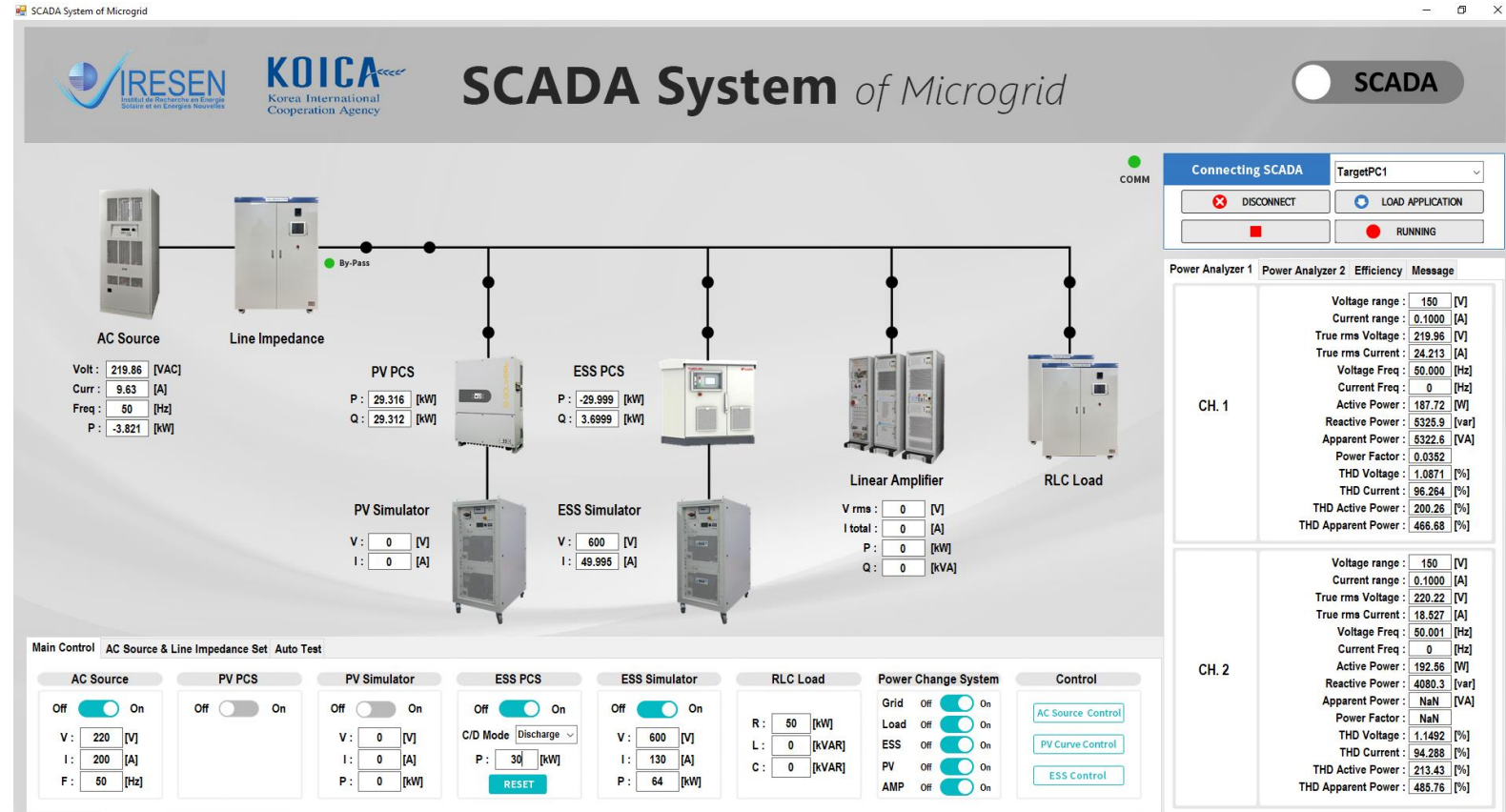
- Modeling

- TCP/IP : AC Source
- MODBUS TCP
 - RLC Load / Impedance Emulator
 - PV PCS / ESS PCS
 - Power Analyzer
 - Real-Time Simulator(OPAL-RT)
- Serial Communication
 - PV Emulator
 - Battery Emulator



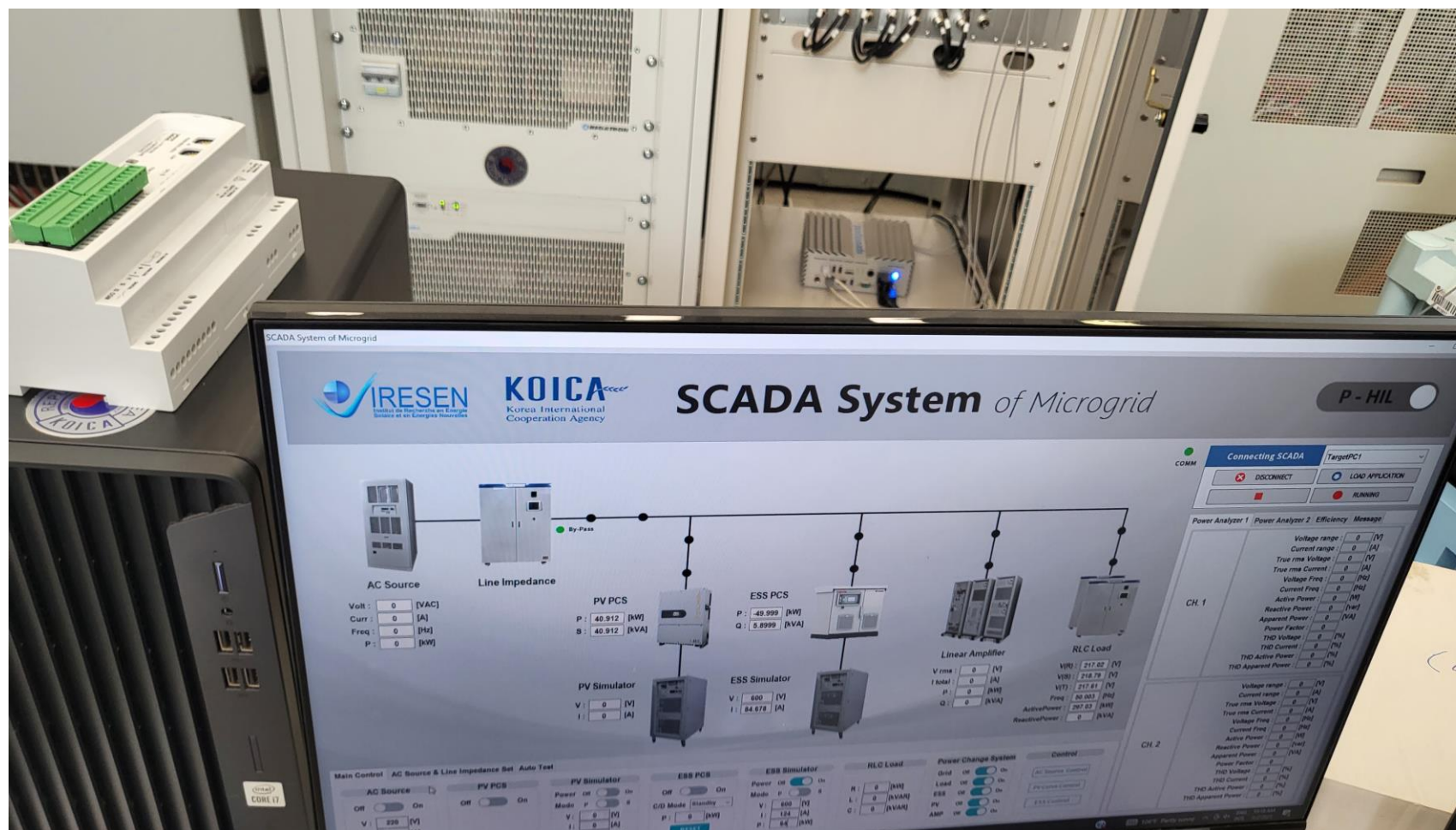
SCADA System Design

- Graphical User Interface
 - Simulink App Designer
 - Simulink Realtime API 활용



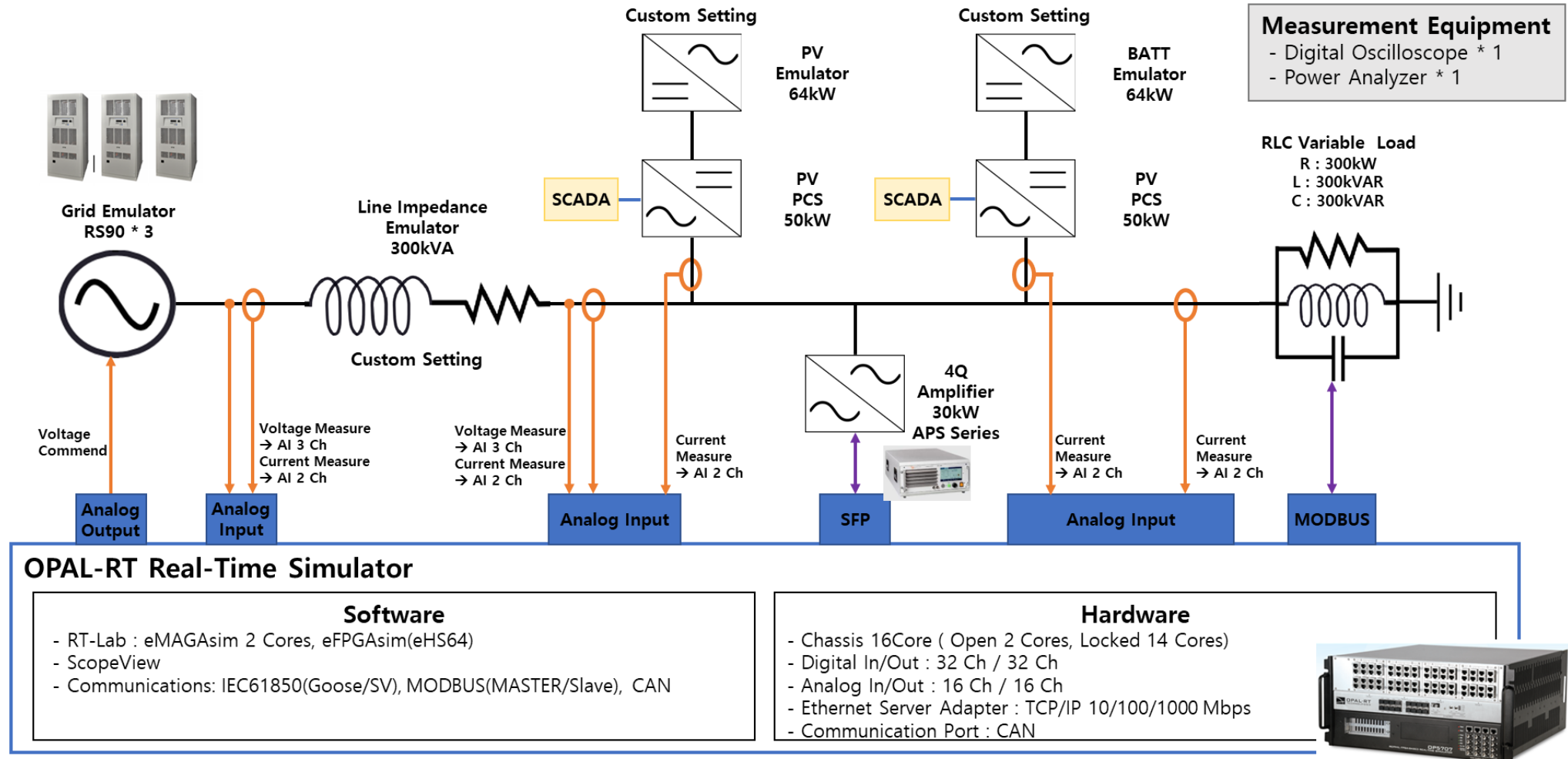
SCADA System Design

- SCADA System



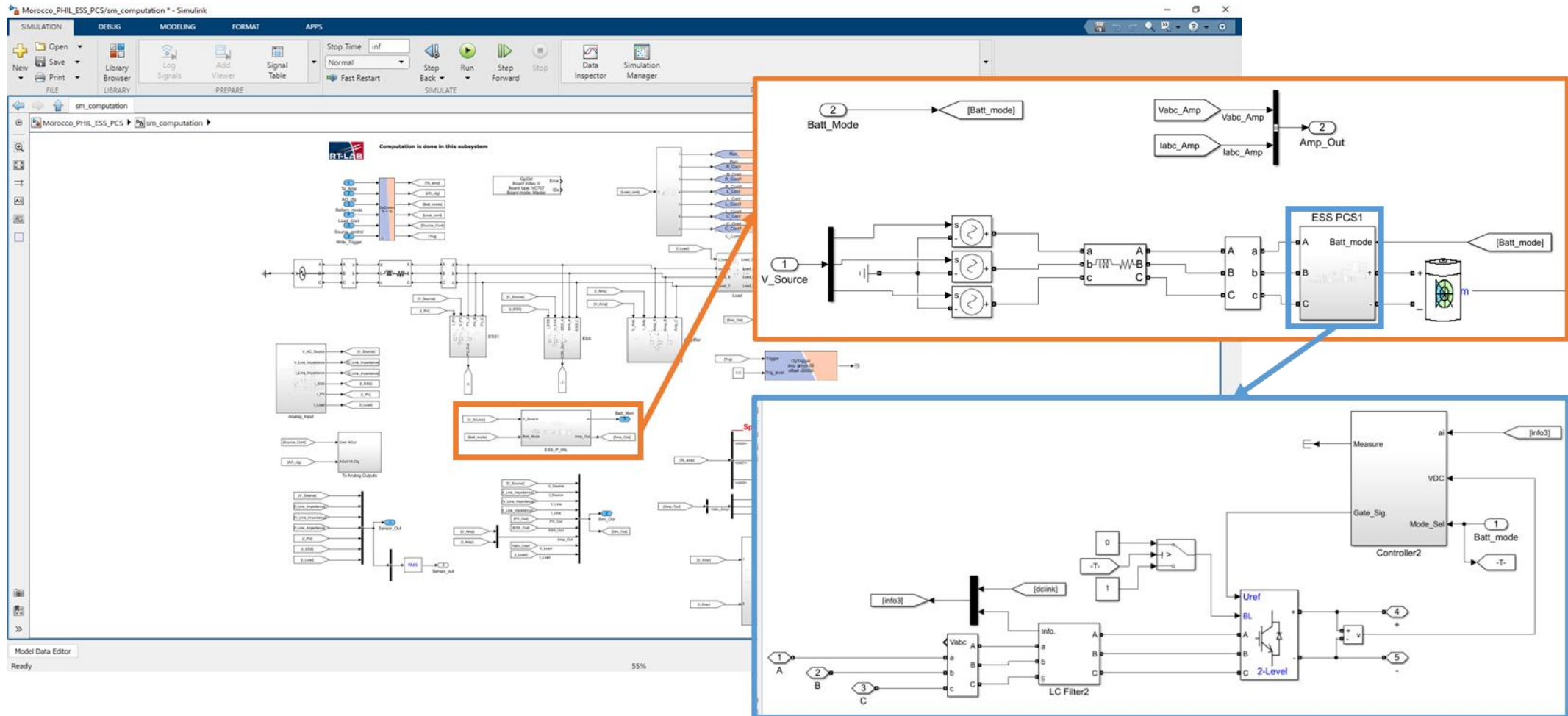
P-HILS System Design

Power HILS 시스템 구성



P-HILS System Design

- ESS Emulation Power HIL Test Model



System Testing

■ Testing Conditions

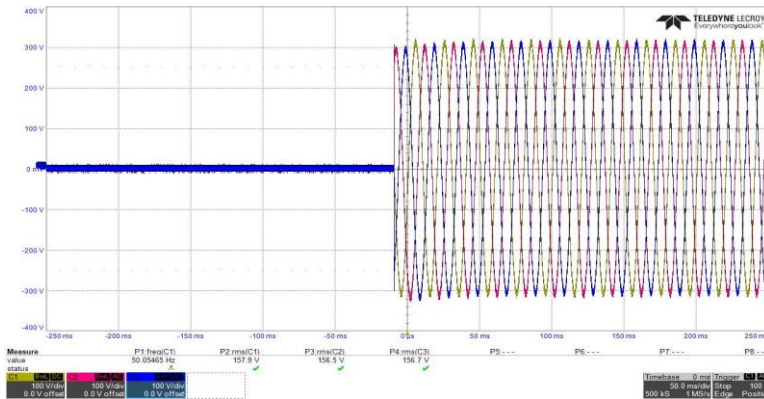
- 각 장비와 SCADA System 개별 연동 시험
- 각 장비 최대 부하 시험
- HIL System 연동 시험
- Auto Test 시험[Micro-Grid 시스템 구동]

No.	AC Source			RLC Load	PV	ESS		Linear Amplifier	Total Load
	Voltage [Line to Neutral]	Max Current	Frequency	Resistive Load		Mode	Ref. Commend	ESS Discharge mode	
1	220Vrms	180 A	50 Hz	0 kW	-	-	-	-	0 kW
2	220Vrms	180 A	50 Hz	90 kW	-	-	-	-	90 kW
3	220Vrms	180 A	50 Hz	90 kW	50 kW	-	-	-	90 kW
4	220Vrms	180 A	50 Hz	90 kW	50 kW	Discharge	30 kW	-	90 kW
5	220Vrms	180 A	50 Hz	90 kW	50 kW	Discharge	20 kW	13 kW	90 kW

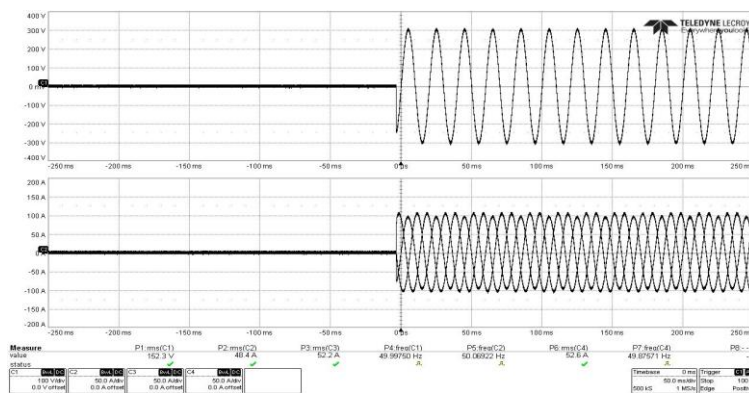
System Testing

- 시스템 통합 구동

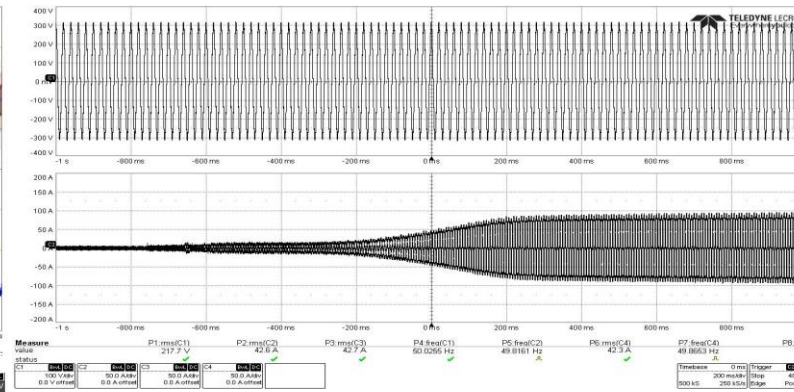
“AC Source Power On”
Waveform [RST Phase Voltage]



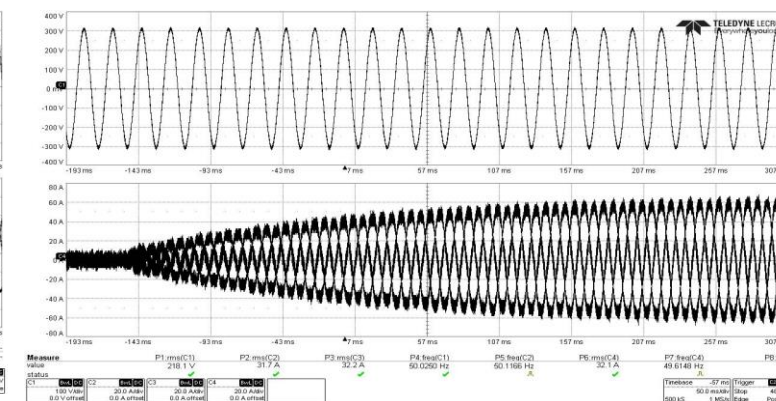
“AC Source Power On”
Waveform [RST Phase Voltage] Load 90kW



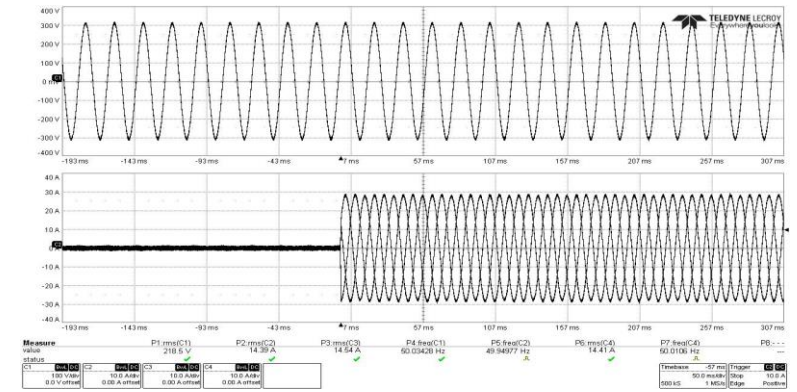
“PV Generation Start”
Waveform [R Phase Voltage & RST Phase Current]



“ESS Generation Start”
Waveform [R Phase Voltage & RST Phase Current]



“Linear Amplifier Start”
Waveform [R Phase Voltage & RST Phase Current]



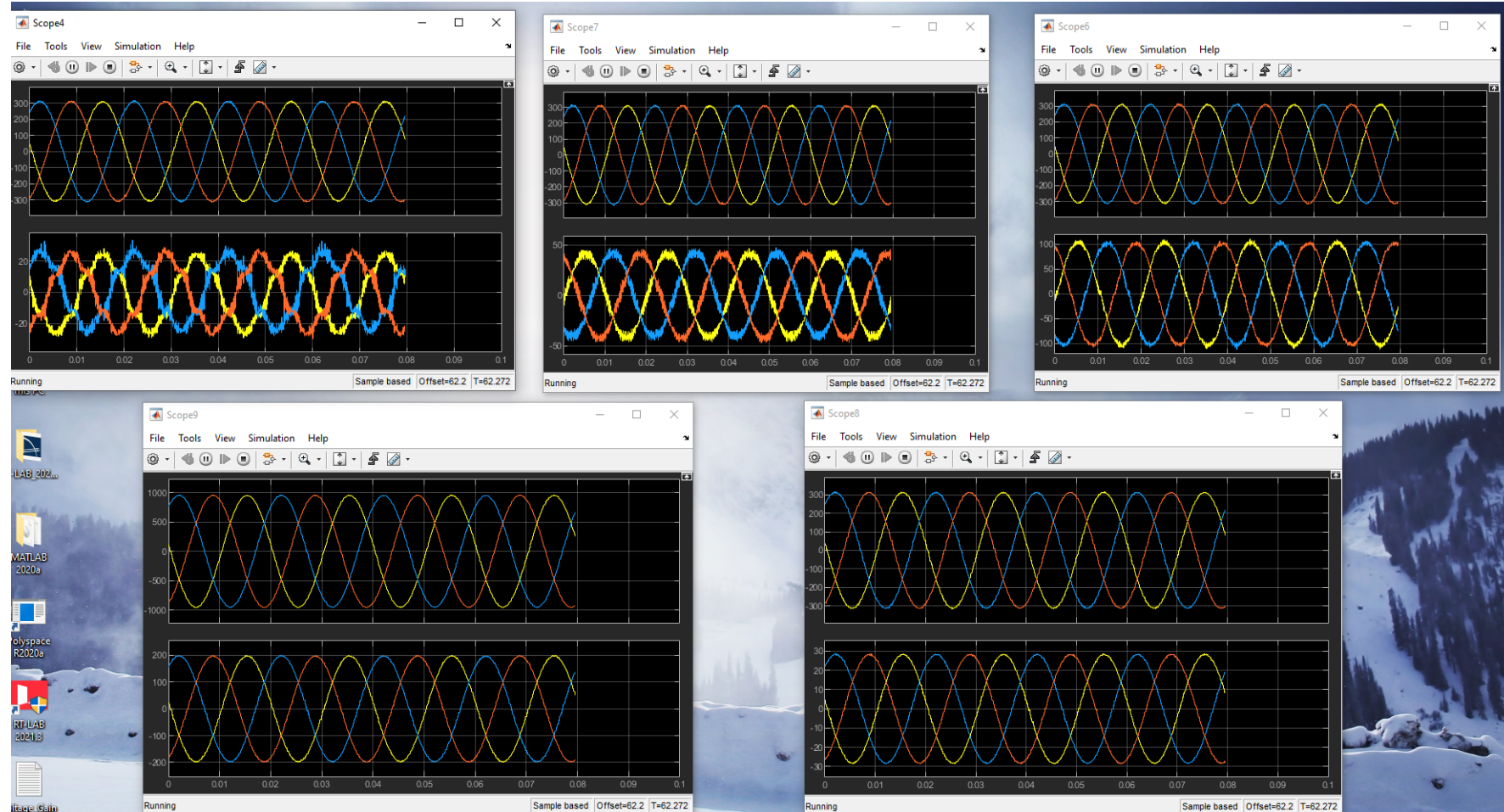
System Testing

- 시스템 통합 구동

항목	Item	Value
AC Source	Voltage(L2N)	220 Arms
	Current(Max)	180 Arms
	Frequency	50 Hz
RLC Load	R	R 90 [kW]
ESS	Mode	Discharge
	Ref.	20 [kW]
PV		50 [kW]
Linear Amplifier	ESS	13 [kW] Discharge

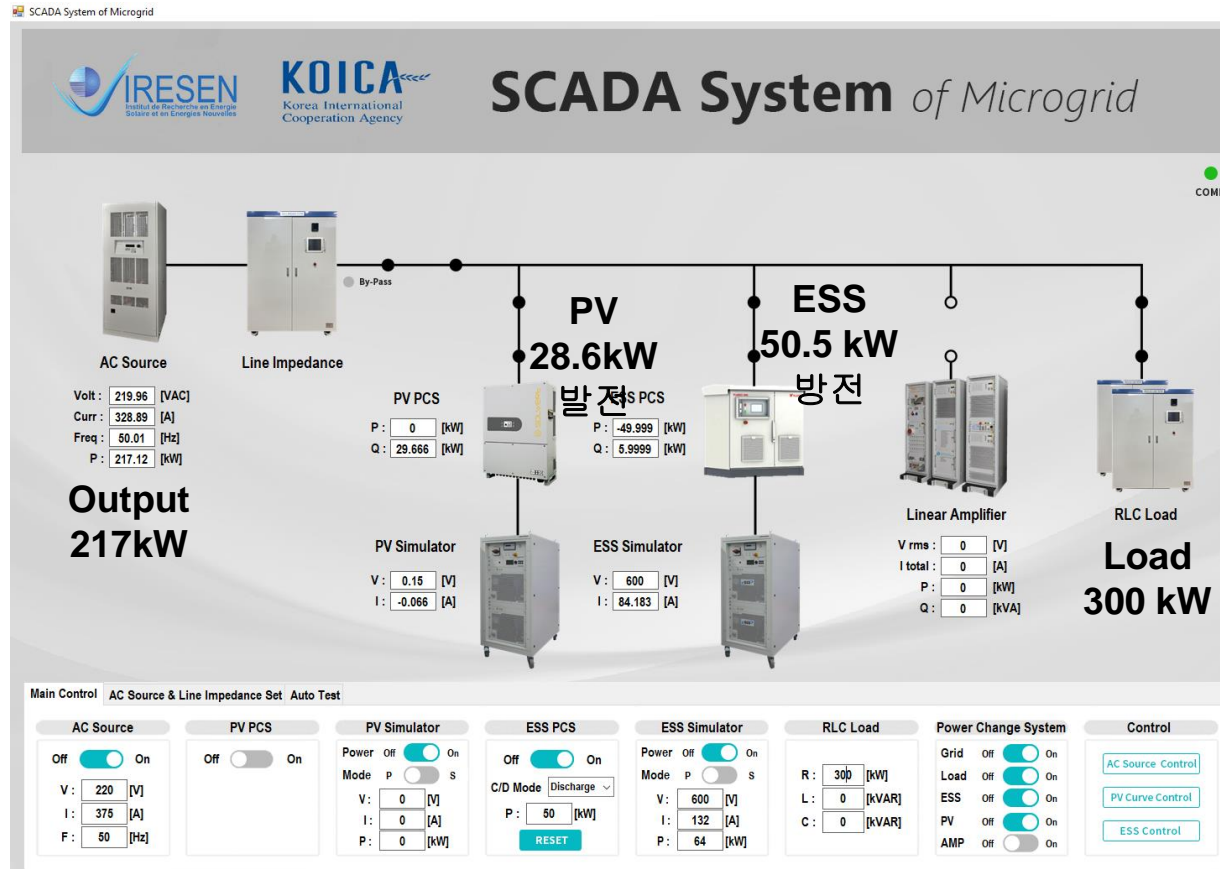
Measurement			
U1 _{AC}	219.30 V	P1	4.3865 kW
U2 _{AC}	219.73 V	P2	4.3946 kW
U3 _{AC}	219.70 V	P3	4.3947 kW
I1 _{AC}	20.007 A	PF1	1.000
I2 _{AC}	20.004 A	PF2	1.000
I3 _{AC}	20.007 A	PF3	1.000

U: 219.3 V P: 4386 W Range: 240 V U Limit: ● Aurora
 I: 20.01 A Coupling: DC Overload: ●

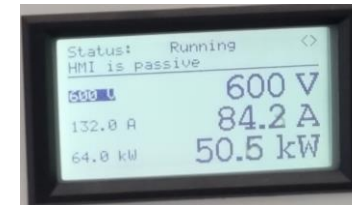


System Testing

- 시스템 Full Load 구동



PV Pannel



Battery Emulator



RLC Load Panel Meter
 [Vrms]
 [A_avg]
 [kW]

System Testing

- 시나리오작성 및 Auto Test
 - 시나리오 파일 Load
 - Auto Test 시작 및 종료
 - Auto Test 시나리오 리스트

The screenshot displays the SCADA System of Microgrid interface. At the top, it features logos for IRESEN and KOICA, and the title 'SCADA System of Microgrid'. Below this is a schematic diagram of the microgrid system, including components like AC Source, Line Impedance, PV PCS, ESS PCS, PV Simulator, ESS Simulator, AMP, and RLC Load. The bottom part of the interface shows a 'Test' control panel with a 'FILE LOAD' button, a 'Test Process' indicator, and a 'List of Test Scenario' table.

Type	description	Value	Delay	Excution
S	ATS IMPE off	1	10	SCADA_Model/ATS/Cnt_Mode
D	ATS Load off			ATS Load off
S	ATS Load off	3	10	SCADA_Model/ATS/Cnt_Mode
D	ATS ACS off			ATS ACS off
S	ATS ACS off	7	10	SCADA_Model/ATS/Cnt_Mode
D	Test Process			Test Process

①

Scenario file Load

②

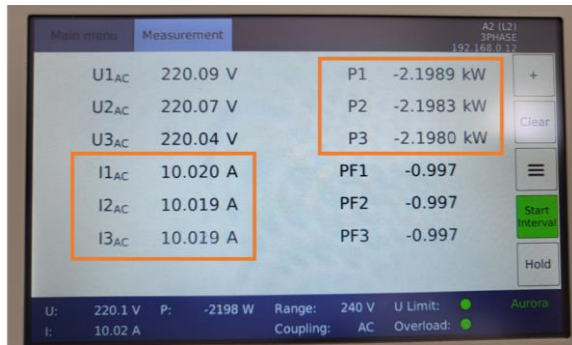
Start & Stop

③

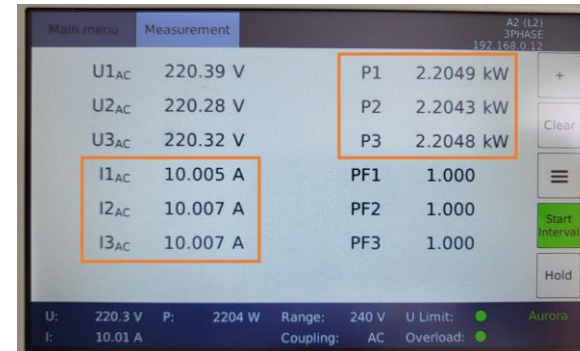
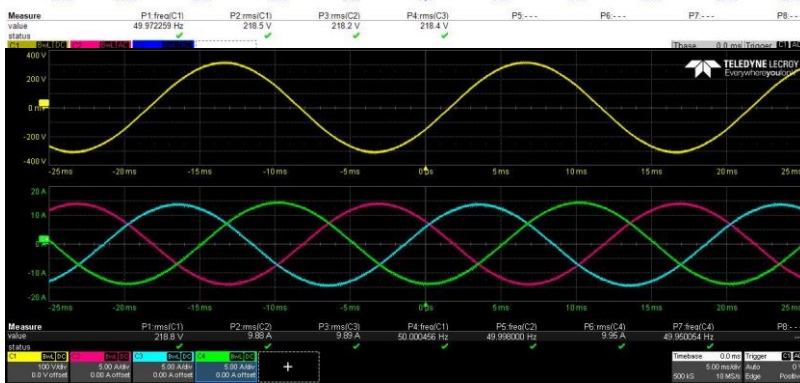
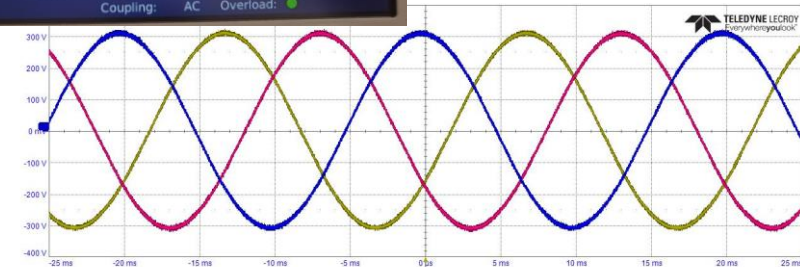
List of Test Scenario

System Testing

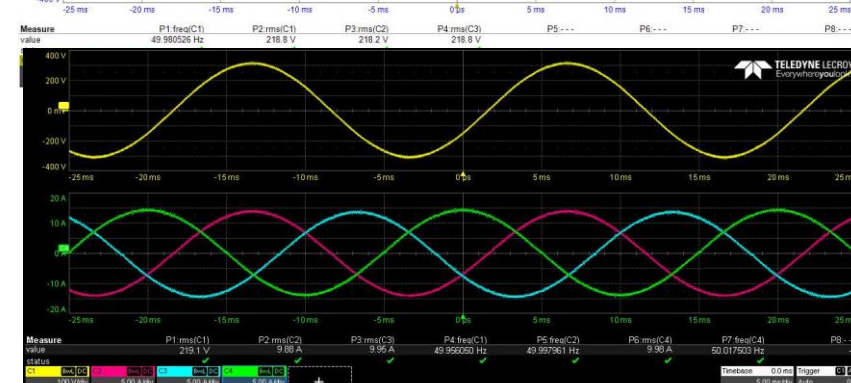
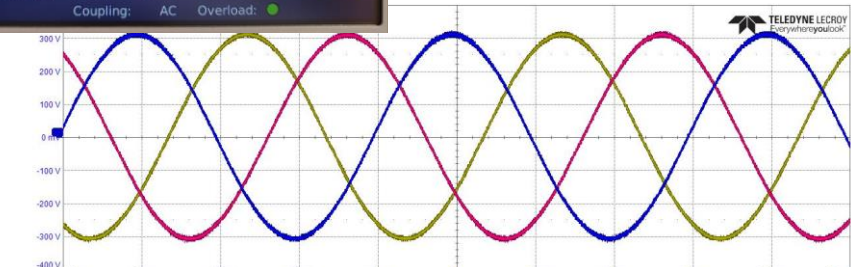
- Power-HILS 구동 [ESS Mode – Charging / Discharging]



Charge Operation

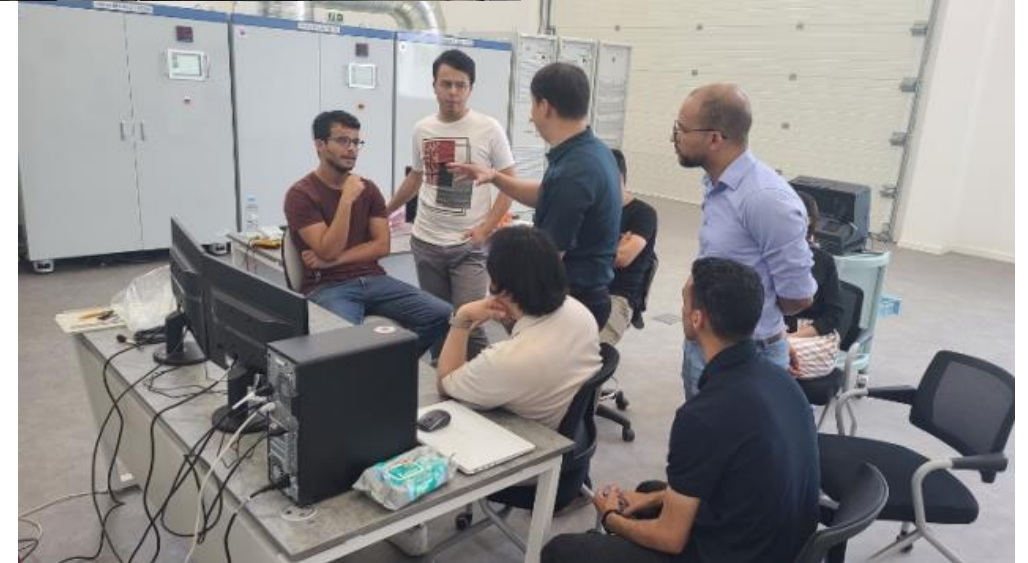


Discharge Operation



Training

- 기자재 운용 교육
 - SCADA System
 - Speedgoat / Simulink Real-Time 활용 교육
 - Power-HIL 운용
 - Micro-Grid 모사를 위한 모든 장비연동
- 유지보수 교육



Summary

- 모로코 녹색기술 연구개발 종합지원사업[주관 KOICA]
 - 300kW급 Micro-Grid Test Bench 전체 시스템 구성 설계 및 구축
- MBD기반 운용 시스템[SCADA] 구축
 - MATLAB/Simulink, Simulink Realtime
 - Speedgoat Baseline realtime target machine
 - TCP/IP, Serial, MODBUS, IO 활용
 - Simulink Real-Time API를 활용한 UI 구축
 - 현지 연구원 App designer 활용 가능
- 매우 유연한 시스템
 - 현지 연구원의 만족도 상승
 - 기술지원 용이
 - 다양한 기능 추가 용이(분석, 알고리즘 , 제어 등)

MATLAB EXPO



© 2024 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [mathworks.com/trademarks](https://www.mathworks.com/trademarks) for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.

