MATLAB EXPO

2024.06.11 | 그랜드 인터컨티넨탈 서울 파르나스

대규모 국가전력망 실시간 시뮬레이터

이종주, 한국전기연구원

MathWorks

목차

1. 개요
2. 시뮬레이션 비교
3. 실시간 시뮬레이터 구성
4. 구현 사례
   - ❖ 대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션
   - ❖ PDT/TSA → EMT 모델 변환
5. Summary & Future plan

개요 [1/3]

필요성 (1/2)

1. 국가 전력망의 특성이 AC와 DC가 혼재된 형태로 변화
   → 국내 전력망 변화에 대한 체계 점검과 연구 필요
2. 대규모 발전을 통한 공급 중심에서 분산형 발전과 수요반응 중심으로 변화
3. 전력계통 수동적/정적
   → 능동적/동적 특성으로 변화
4. HVDC, FACTS 전력전자 기반의 신전력기기의 도입 증가
5. 신재생 에너지원과 같은 불확실성이 큰 발전원의 증가

개요 [2/3]

필요성 (2/2)

1. 결정론적 기반 시스템보다 확률론적 특성을 반영하는 계통 계획과 운영 시스템 개발 필요
2. 대규모 계통의 정전 및 연쇄 사고 원인 분석결과 → AC-DC 시뮬레이터와 실시간 상황인식 기술의 필요성이 증대됨
3. 계통의 안정적 운영과 재해/재난 대비 및 미래 전력망 잠재적 위험요소를 고려한 계통계획 수립 → 실시간 시뮬레이션 → EMS의 연계 구축 필요

개요 [3/3]

목표 및 방법

1. 대규모 국가전력망 실시간 시뮬레이터
   - ❖ 계획 및 운영데이터를 기반하는 대규모 전력망 시뮬레이터 구성
2. 시뮬레이션 영역
   - ❖ PDT/TSA : 대규모 전력망 안정성 및 운영관리
   - ❖ EMT : 상세 모델, 과도현상 및 전력전자
   - ❖ Hybrid (PDT+EMT) : 대규모 전력망과 연계된 특정 영역이나 설비
3. 모델링
   - ❖ Top-down : PDT data → EMT modeling
   - ❖ Bottom-up : EMT data → PDT modeling

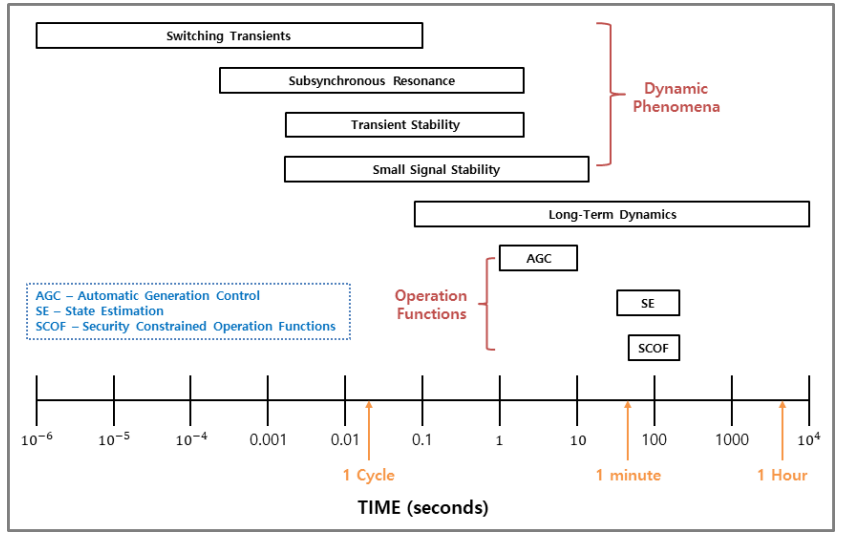
Phasor-Domain Transients (PDT)
Transient Stability Analysis (TSA)
Electro-Magnetic Transients (EMT)

시뮬레이션 비교 [1/6]

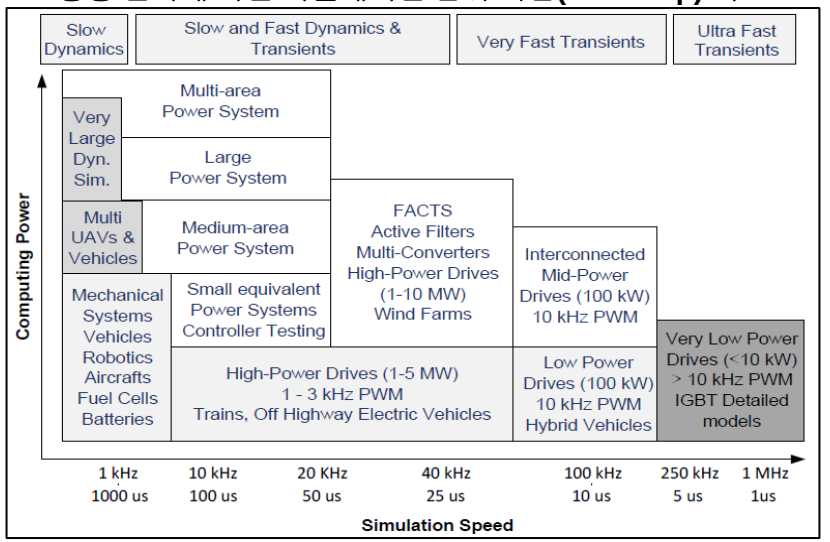
EMT V.S. PDT/TSA 시뮬레이션 비교 (1/2)

구분	Electro-Magnetic Transients (EMT)	Phasor-Domain Transients (PDT) Transient Stability Analysis (TSA)
시구간	2~50 [us]	50~200 [ms]
출력 값	순시값(Instantaneous values)	실효값(Magnitude and angle)
주파수 범위	0~3 [kHz]	공칭 주파수 기준(Nominal and off-nominal frequency)
상세 등급	3상 순시 상세 모델 구현	위상 영역(phasor domain) 정상분(positive seq.) 단순 모델 및 네트워크 특성 무시
규모	100 모선 이하 소규모 네트워크	1,000 모선 이상 대규모 전력망
프로그램 툴	MATLAB, PSCAD, EMTP, HYPERSIM, RTDS/RSCAD	MATLAB, PSS/E, TSAT, PSLF, Powerworld, ePHASORsim

다양한 과도 현상의 시간 프레임

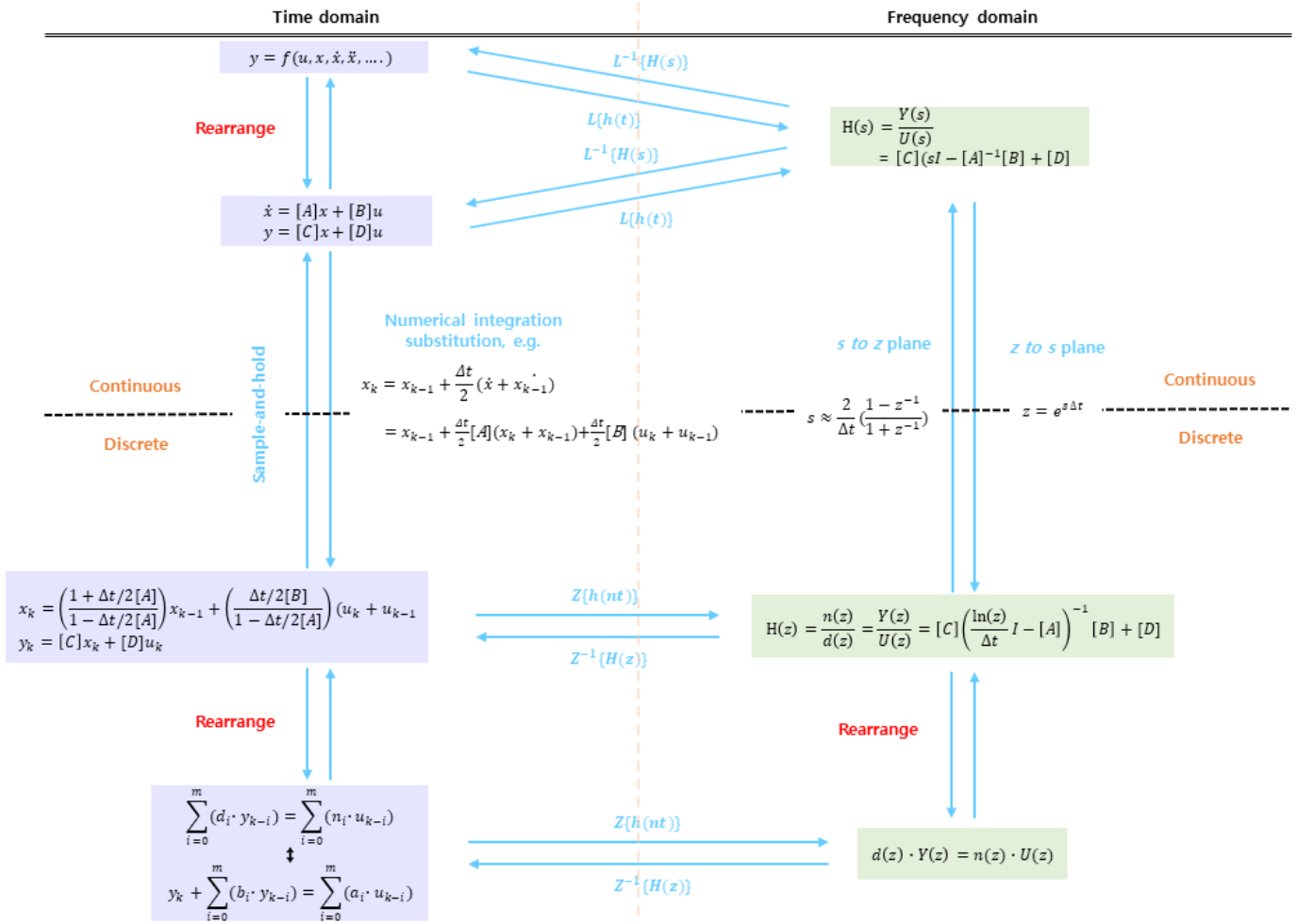


응용 분야에 따른 시뮬레이션 단위 시간**(time step)** 비교



시뮬레이션 비교 [2/6]

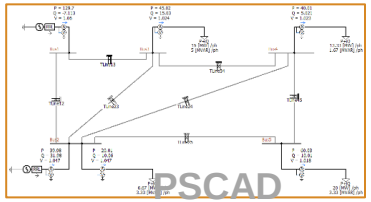
EMT V.S. PDT/TSA 시뮬레이션 비교 (2/2)

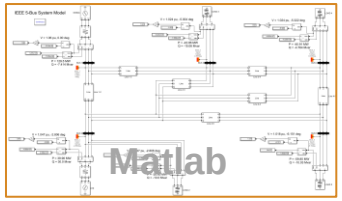


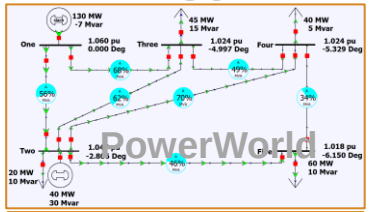
시뮬레이션 비교 [3/6]

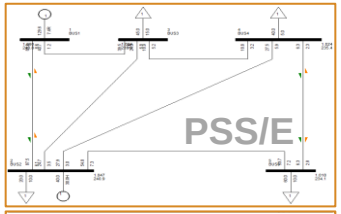
벤치마크 모델 구성 및 시뮬레이션 비교 : IEEE 5 BUS

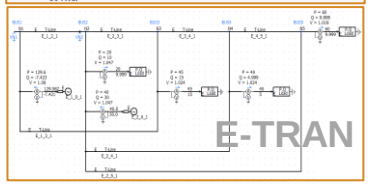
1. 시뮬레이션 성능 평가 및 비교를 위해 많은 논문들이 사용하는 모델
2. PSS/E(PDT/TSA)와 PSCAD/EMTDC(EMT) 기준 데이터 작성
3. 시뮬레이션 소프트웨어 : PSS/E, PowerWorld, ePHASORsim, E-TRAN, PSCAD/EMTDC, MATLAB – Simscape Electrical (구버젼, Simpowersystems) (continuous/discrete).

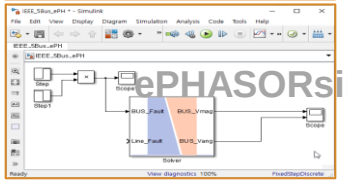












PSS®E

PSCAD

E-TRAN ELECTRANIX

MATLAB SIMULINK

ePHASORSIM

PowerWorld CORPORATION

IEEE 5 Bus 시뮬레이션 결과 비교

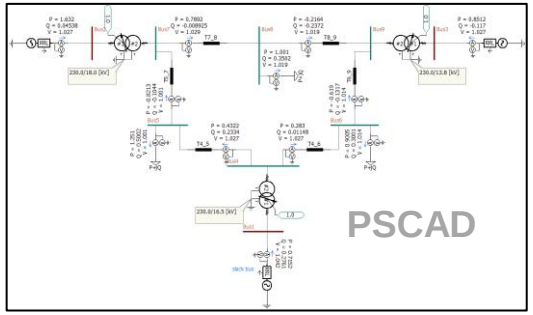
Bus	Simulation Model File Name (IEEE5Bus)	Generation MW	Generation Mvar	Load Demand MW	Load Demand Mvar	Bus Voltage Volt. (pu)	Bus Voltage Angle (deg)
1	Matlab(Continuous)	129.70	-7.63	-	-	1.06	0.00
	Matlab(Discrete)	129.60	-7.42	-	-	1.06	0.00
	PSS/E	129.58	-7.42	-	-	1.06	0.00
	PSCAD	129.61	-7.36	-	-	1.06	0.00
	E-TRAN	129.58	-7.42	-	-	1.06	0.00
	ePHASORsim	129.58	-7.42	-	-	1.06	0.00
	PowerWorld	129.58	-7.42	-	-	1.06	0.00
2	Matlab(Continuous)	40.02	29.98	20.00	9.99	1.04	-2.80
	Matlab(Discrete)	40.00	30.00	20.00	10.00	1.04	-2.80
	PSS/E	40.00	30.00	20.00	10.00	1.04	-2.81
	PSCAD	40.06	30.08	20.00	10.07	1.04	-2.80
	E-TRAN	40.00	29.99	19.99	9.99	1.04	-2.80
	ePHASORsim	40.00	30.00	-	-	1.04	-2.80
	PowerWorld	40.00	30.00	-	-	1.04	-2.81
3	Matlab(Continuous)	-	-	45.01	15.08	1.02	-5.00
	Matlab(Discrete)	-	-	45.00	15.00	1.02	-4.99
	PSS/E	-	-	45.00	15.00	1.02	-5.00
	PSCAD	-	-	45.02	15.02	1.02	-4.99
	E-TRAN	-	-	44.99	14.99	1.02	-4.99
	ePHASORsim	-	-	-	-	1.02	-4.99
	PowerWorld	-	-	-	-	1.02	-5.00

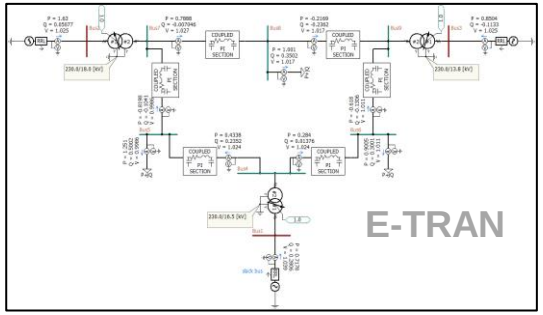
Bus	Simulation Model File Name (IEEE5Bus)	Generation MW	Generation Mvar	Load Demand MW	Load Demand Mvar	Bus Voltage Volt. (pu)	Bus Voltage Angle (deg)
4	Matlab(Continuous)	-	-	40.03	4.83	1.02	-5.32
	Matlab(Discrete)	-	-	40.00	5.00	1.02	-5.32
	PSS/E	-	-	40.00	5.00	1.02	-5.33
	PSCAD	-	-	40.02	5.01	1.02	-5.33
	E-TRAN	-	-	39.99	4.99	1.02	-5.33
	ePHASORsim	-	-	-	-	1.02	-5.32
	PowerWorld	-	-	-	-	1.02	-5.33
5	Matlab(Continuous)	-	-	60.00	10.02	1.01	-6.15
	Matlab(Discrete)	-	-	60.00	10.00	1.01	-6.15
	PSS/E	-	-	60.00	10.00	1.01	-6.15
	PSCAD	-	-	60.03	10.02	1.01	-6.15
	E-TRAN	-	-	59.99	9.99	1.01	-6.15
	ePHASORsim	-	-	-	-	1.01	-6.15
	PowerWorld	-	-	-	-	1.01	-6.15

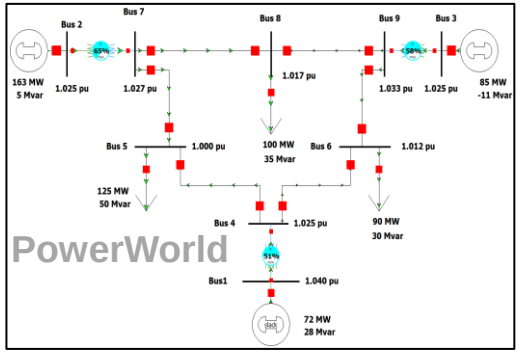
시뮬레이션 비교 [4/6]

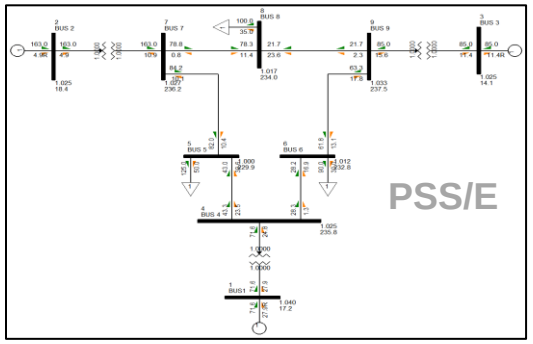
벤치마크 모델 구성 및 시뮬레이션 비교 : IEEE 9 BUS

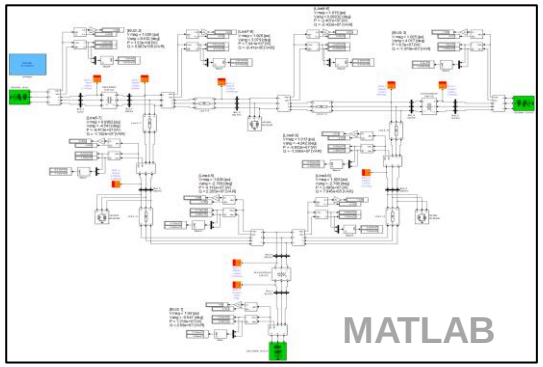
1. 시뮬레이션 소프트웨어 : 5모선 계통과 동일











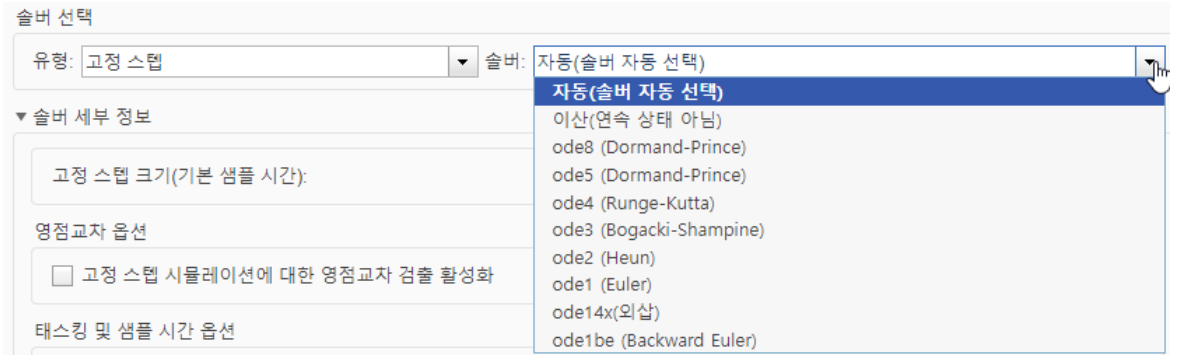
IEEE 9 Bus 시뮬레이션 결과 비교 (모선)

BUS	Meter	Values						
		PSCAD Bergeron	PSCAD PI	E-tran PI	Matlab Continu.	Matlab Discrete	PSS/E	Power -world
1	Vpu	1.041	1.039	1.040	1.040	1.040	1.040	1.040
	Vdeg	0.023	-0.030	0.000	0.000	-0.541	0.000	0.000
	Pe [MW]	71.522	71.775	71.631	68.620	72.190	71.627	71.630
	Qe [Mvar]	27.612	28.061	27.910	24.380	26.800	27.914	27.910
2	Vpu	1.027	1.025	1.026	1.025	1.025	1.025	1.025
	Vdeg	9.326	9.330	9.349	9.173	8.632	9.350	9.350
	Pe [MW]	163.224	163.037	162.998	163.000	163.000	163.000	163.000
	Qe [Mvar]	4.537	5.077	4.899	6.690	6.687	4.903	4.900
3	Vpu	1.026	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025
	Vdeg	5.117	5.115	5.141	4.558	4.017	5.141	5.140
	Pe [MW]	85.124	85.042	84.998	85.000	85.000	85.000	85.000
	Qe [Mvar]	-11.698	-11.332	-11.451	-10.780	-10.790	-11.448	-11.450

IEEE 9 Bus 시뮬레이션 결과 비교 (선로)

Line (F-T)	Meter	Values						
		PSCAD Bergeron	PSCAD PI	E-tran PI	Matlab Cont.	Matlab Discrete	PSS/E	Power -world
4-5	Vpu	1.026	1.024	1.025	1.026	1.026	1.025	1.025
	Vdeg	-2.184	-2.256	-2.218	-2.226	-2.768	-2.217	-2.220
	Pe [MW]	43.218	43.376	43.290	41.120	41.130	43.300	43.290
	Qe [Mvar]	23.342	23.517	23.447	22.650	22.650	23.500	23.450
4-6	Pe [MW]	28.304	28.399	28.341	30.850	30.850	28.300	28.340
	Qe [Mvar]	1.147	1.375	1.315	0.795	0.794	1.300	1.320
5-7	Vpu	1.001	0.998	0.999	0.996	0.996	0.999	0.999
	Vdeg	-3.637	-3.724	-3.681	-4.002	-4.543	-3.680	-3.680
	Pe [MW]	-82.134	-81.981	-81.991	-84.130	-84.130	-82.000	-81.990
	Qe [Mvar]	-10.444	-10.407	-10.407	-11.520	-11.520	-10.400	-10.410
6-9	Vpu	1.013	1.011	1.012	1.013	1.013	1.012	1.012
	Vdeg	-3.525	-3.610	-3.567	-3.701	-4.242	-3.566	-3.570
	Pe [MW]	-61.897	-61.801	-61.804	-59.320	-59.320	-61.800	-61.810
	Qe [Mvar]	-13.167	-13.057	-13.066	-13.660	-13.660	-13.100	-13.070
7-8	Vpu	1.028	1.026	1.027	1.026	1.026	1.026	1.026
	Vdeg	3.774	3.765	3.795	3.620	3.079	3.796	3.800
	Pe [MW]	78.923	78.882	78.847	76.410	76.410	78.800	78.850
	Qe [Mvar]	-0.892	-0.704	-0.771	-0.839	-0.841	-0.800	-0.770
8-9	Vpu	1.018	1.016	1.017	1.016	1.016	1.017	1.017
	Vdeg	1.321	1.300	1.336	0.633	0.092	1.337	1.340
	Pe [MW]	-21.637	-21.688	-21.656	-24.070	-24.070	-21.700	-21.660
	Qe [Mvar]	-23.718	-23.620	-23.626	-24.320	-24.320	-23.600	-23.630

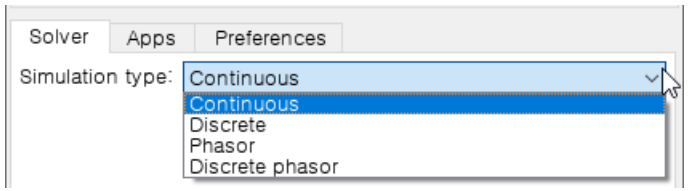
MATLAB Simulink Solver 옵션 →



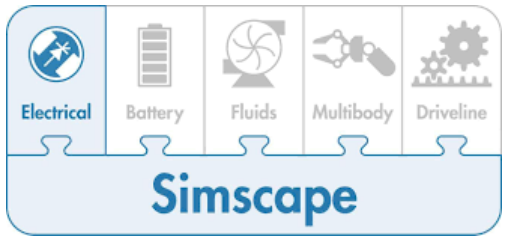
시뮬레이션 비교 [5/6]

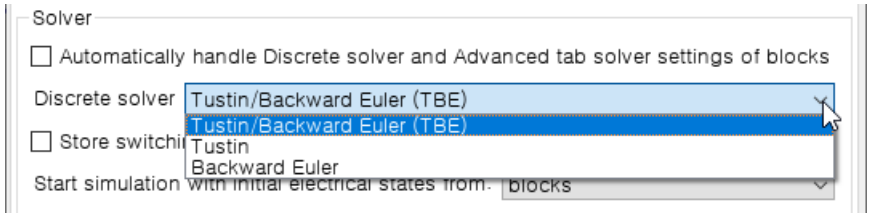
시뮬레이션 결과 차이점

1. 모델의 규모 : 계통의 크기(size), 노드의 개수 …
2. 해석 영역 : Phasor domain V.S. EMT domain …
3. 평형 V.S. 불평형 : 시스템, 고장, 부하, 시퀀스 …
4. 연산 방법 및 솔버(solver) : 미분 V.S. 대수 방정식, continuous V.S. discrete, Dommel's algorithm, ARTEMIS solver, state space solution (multiple Integration rules) method …
5. 정적 모델 구성 : 임피던스 (전원, 선로, 부하 등), 선로 및 부하 타입 …
6. 동적 모델 구성 : 동적 모델의 정확도, 파라미터 및 처리 데이터 범위 …
7. 상태 및 이벤트 : Overrun 제어, 데이터 초기화 및 상태(변위), 예외 처리 …



MATLAB SIMULINK





시뮬레이션 비교 [6/6]

실시간 구현 성능 비교

※ 한국전기연구원 실시간 시뮬레이션 시스템 자체 시험 결과

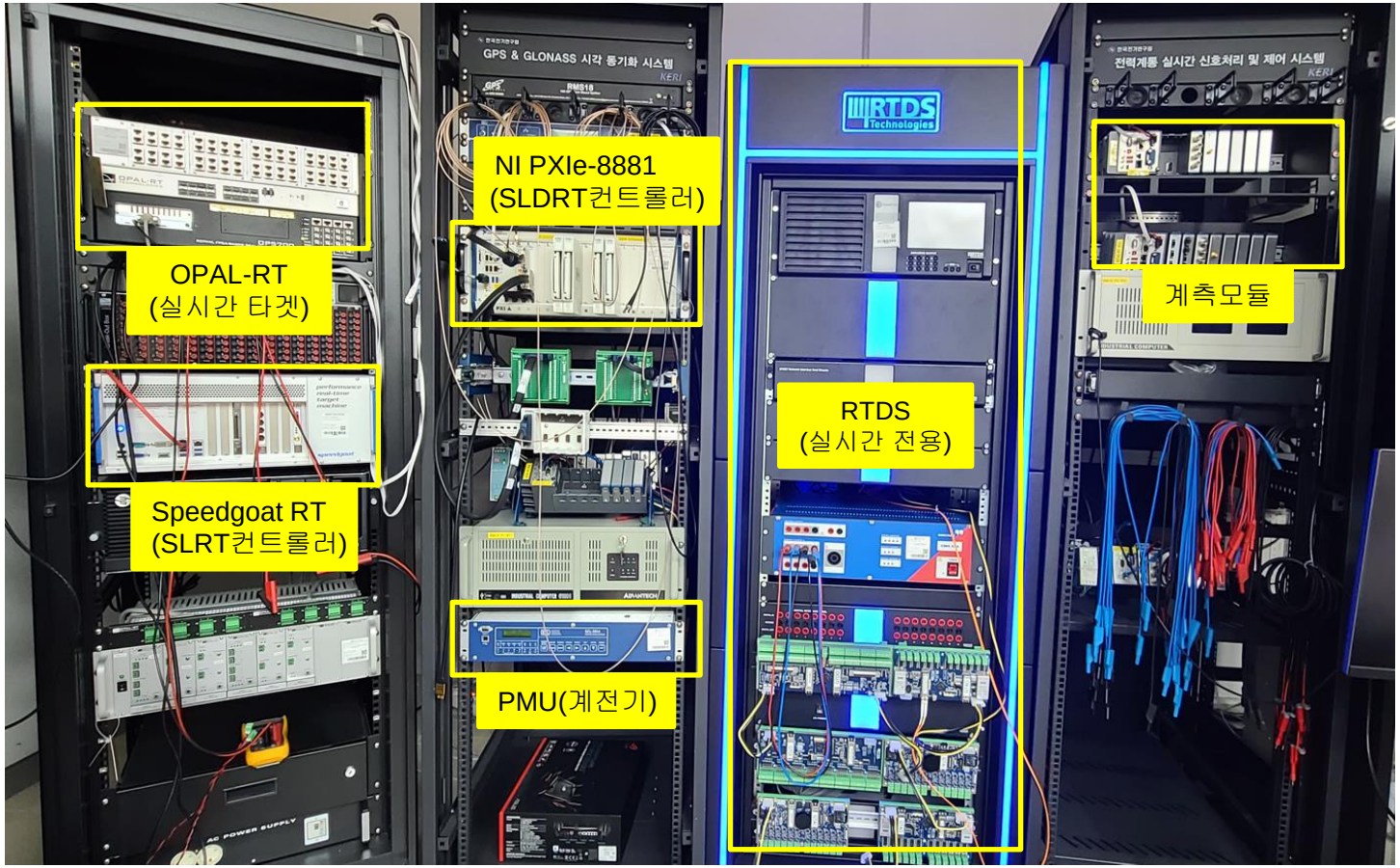
구분			MathWorks								Opal-RT						RTDS	
대상 / Target			Intel CPU				Speedgoat				ePHASORsim (phasor)		eMEGASim		HYPERSIM		RTDS	
개발 환경			• MATLAB 2019b 64bit • MATLAB 2020b 64bit				MATLAB				MATLAB				HYPERSIM 2020.2.0.o7		RSCAD® FX	
							2019b 64bit		2021b 64bit		2015b 32bit		2020b 64bit					
											RT-LAB v2022.1		RT-LAB v2022.1					
Target 모델			NI PXIe-8881				Speedgoat Performance				Opal-RT OP5707 (2x8 Cores, 3.2 GHz)						NovaCor	
운영체제			Windows 10 Pro 64bit				FreeDOS 32bit		QNX Neutrino 64bit		Red Hat Enterprise Linux Server release 5.2 (Tikanga) 32bit						-	
H/W 사양			• Intel Xeon CPU W-2245, 3.9GHz, 8 cores. (cache 16.5 MB) • RAM 32GB, DDR4-2666		• Intel Xeon CPU W-2295, 3.0GHz, 18 cores. (cache 24.75 MB) • RAM 64GB, DDR4-2666		• Intel Core i7 4.2 GHz, 4 cores. (cache 8 MB) • RAM 64GB, DDR4		• Intel Xeon dual CPU E5-2687W v4 3.0GHz, 24 cores. (cache 30 MB × 2) • RAM 64GB, DDR4		• Intel Xeon CPU E5-2667 v3 @ 3.20GHz (8 cores) × 2EA, Total 16 cores. (cache 20 MB × 2) • ECC RAM 32GB, (Kingston 8GB DDR4-2133MHz RegECC × 4EA)						• IBM POWER8™ 3.5 GHz • (per core) 64/32 KB L1, 512 KB L2, 8 MB L3 cache	
model	Node Type		Status, time [us]		Status, time [us]		Status, time [us]		Status, time [us]		Status, time [us]		Status, time [us]		Status, time [us]		Status, time [us]	
	Generator	Load	Normal	3GFault	Normal	3GFault	Normal	3GFault	Normal	3GFault	Normal	3GFault	Normal	3GFault	Normal	3GFault	Normal	3GFault
IEEE 5 Bus	V source	pqz	20	30	25	30	10	10	15	20	N/A	N/A	10	10	10	10	50	50
		zip	40	50	45	50	20	20	25	25	100	100	20	20	10	10	50	50
IEEE 9 Bus	V source	pqz	20	30	25	35	10	20	15	20	N/A	N/A	10	20	10	10	50	50
		zip	40	50	45	50	10	20	20	25	110	110	20	20	10	10	50	50
IEEE 14 Bus	V source	pqz	30	110	25	95	10	40	15	45	N/A	N/A	10	40	10	10	50	50
		zip	110	170	110	180	40	80	50	100	190	190	40	60	20	20	50(3)	50(3)
IEEE 39 Bus	V source	pqz	20	300	25	430	10	180	20	230	N/A	N/A	10	160	15	15	50(3)	50(3)
		zip	290	650	380	900	250	1400	300	2200	310	320	1000	1100	25	30	50(4)	50(4)

- 단일 코어 실시간 시뮬레이션 결과 (Overrun 확인)
- 샘플링 주파수 기준 : 50[us]=20 [kHz] 및 100[us]=10 [kHz] (60Hz×32=1,920Hz → 520us, 60Hz×64=3,840Hz → 260us)

실시간 시뮬레이터 구성 [1/2]

실시간 시뮬레이션 시스템 구축

1. 실시간 시뮬레이션 인프라
   - MathWorks Speedgoat
   - OPAL-RT
     - ePHAOSRsim
     - eMEGAsim
     - HyperSIM
   - RTDS(NovaCor)



실시간 시뮬레이터 구성 [2/2]

실시간 검증을 위한 HILS 인터페이스

※ 보호계전기 시방서 규격 충족

구분			MathWorks		Opal-RT			RTDS
유형	입출력	사양	NI	Speedgoat	ePHASORsim	eMEGAsim	HYPERSIM	RSCAD
디지털	입력	채널	16	32	32			64
		절연 방식	-	-	Optical			Optical
		표본화 속도	1 MSPS	10 MSPS	10 MSPS			1 MSPS
		입력 범위	2-5Vdc	2-5Vdc	4-50Vdc			5-24Vdc
	출력	채널	16	32	32			64
		절연 방식	-	-	Galvanic			Optical
		표본화 속도	1 MSPS	10 MSPS	40 MSPS			1 MSPS
		출력 범위	2-5Vdc	3.3/5.0Vdc	5-30Vdc			5-30Vdc
아날로그	입력	채널	16	16	16			12
		해상도 [bit]	16	16	16			16
		표본화 속도	1 MSPS	5 MSPS	500 KSPS			166.666 KSPS
		입력 범위	±5V, ±10V	±10V, ±20V	±20V, ±40V, ±60V, ±80V, ±100V, ±120V			±10Vpeak
	출력	채널	8	16	16			16
		해상도 [bit]	16	16	16			16
		표본화 속도	1 MSPS	1 MSPS	1 MSPS			1 MSPS
		출력 범위	±10V	±10V	±16V			±10Vpeak
HIL 인터페이스 장치			PXIe-6363, PXI-6733	IO334-325k Xilinx Kintex-7	OP5353, OP5354, OP5340, OP5330			GTIO
PHILS 인터페이스 전압/전류 출력 앰프			OMICRON CMS 356 3x300V + 3x64A or 6x32A		OP8124, OP8121 150Vac@1mA RMS, 1V@5A RMS			CMS 356

구현 사례 [1/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (1/14)

1. 기본환경 구축

❖ 실시간 시뮬레이션 노드 구성

모델(model)	개수(node)	모델(model)	개수(node)
모선(Bus)	2,060	부하(Load)	1,382
선로(Line)	2,675	조상기(Shunt)	607
발전기(Gen. Unit)	429	변압기(2W/3W)	370/342

❖ 실시간 hybrid 시뮬레이션 노드 구성

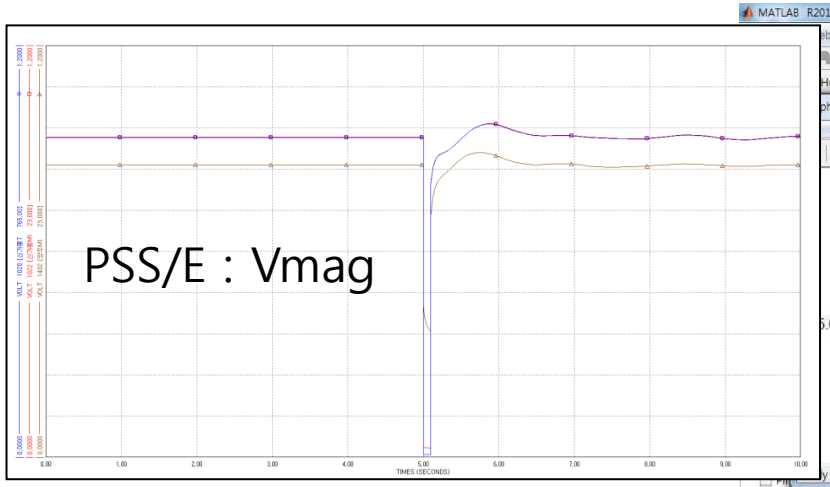
모델(model)	개수(node)	모델(model)	개수(node)
모선(Bus)	2,355	부하(Load)	1,210
선로(Line)	2,498	조상기(Shunt)	606
발전기(Gen. Unit)	267	변압기(2W/3W)	1,349

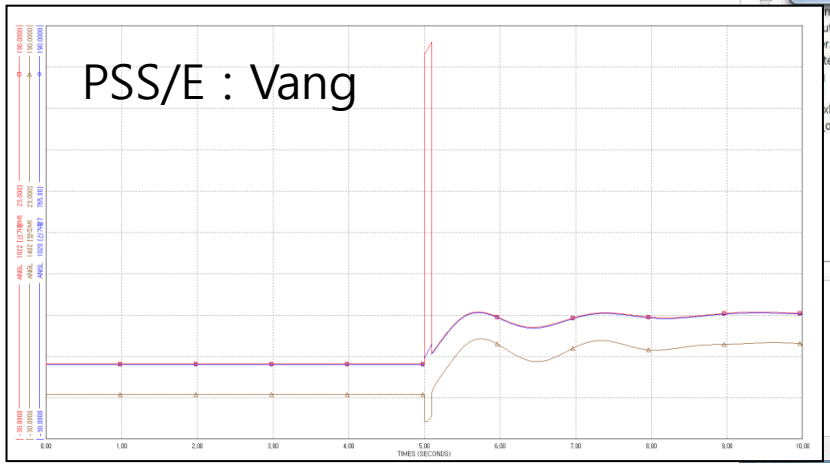
※ Gen. Unit : Generator, Exciter, Turbine-Governor, PSS 모델 포함된 Combination model

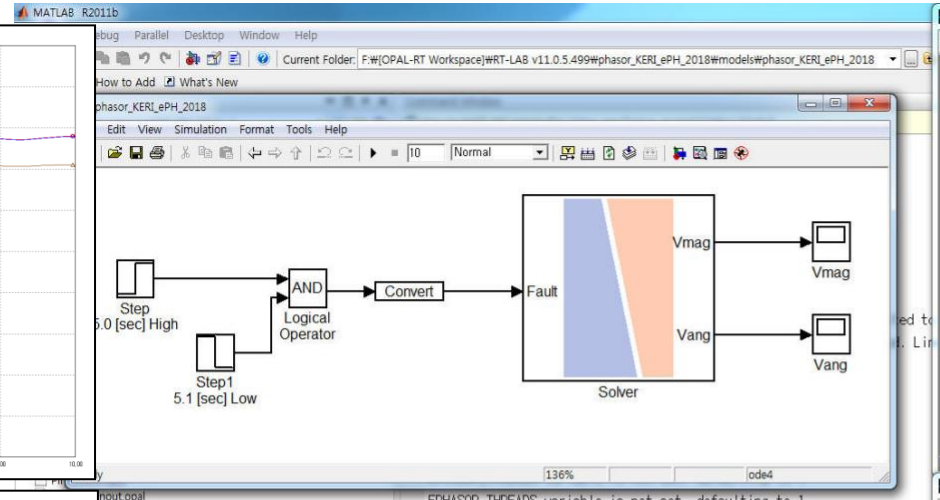
구현 사례 [2/20]

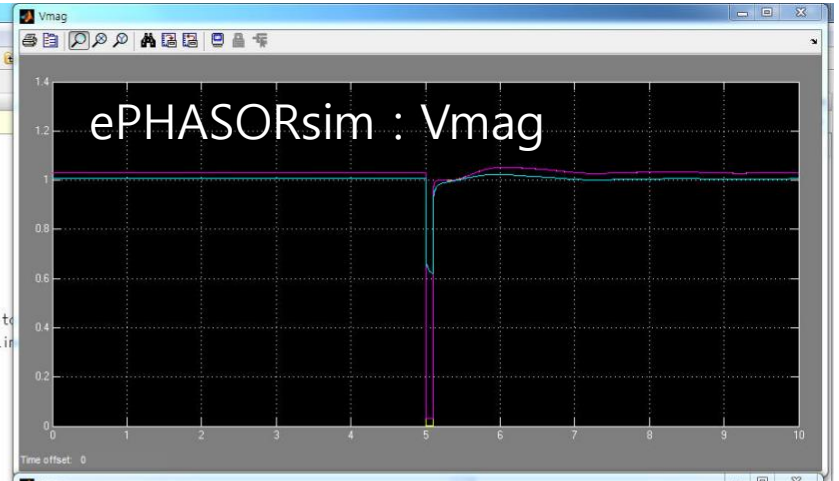
대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (2/14)

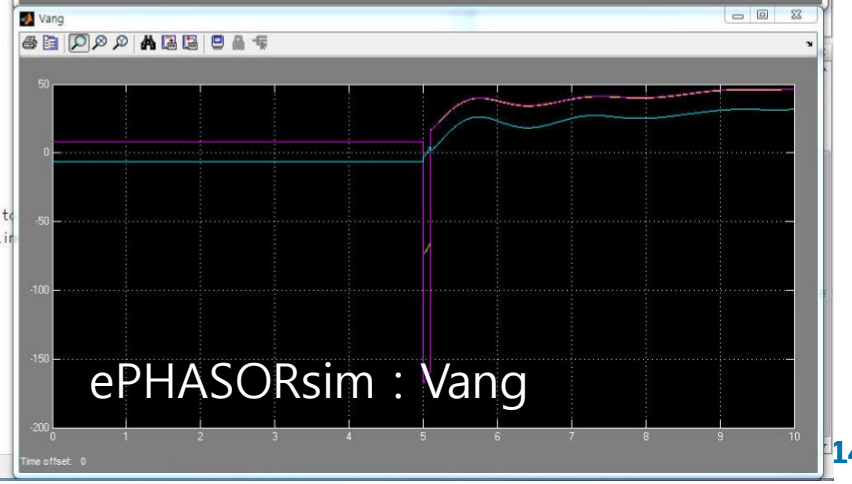
1. PDT/TSA 실시간 시뮬레이션 결과 : PSS/E V.S. ePHASORsim

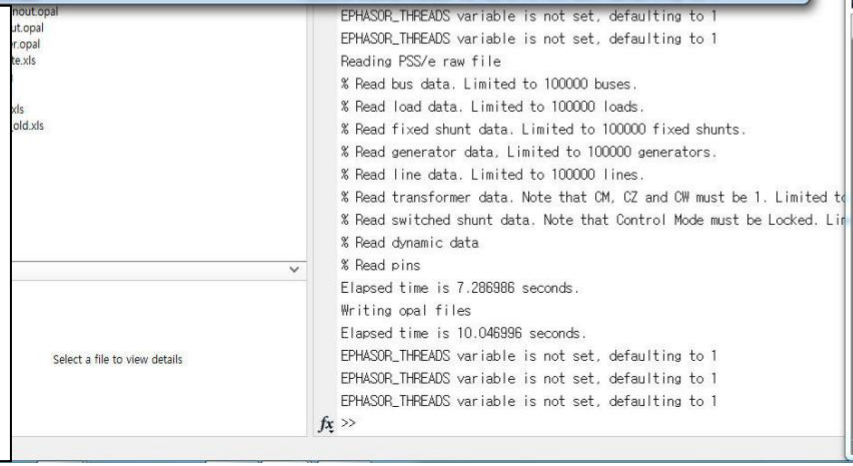








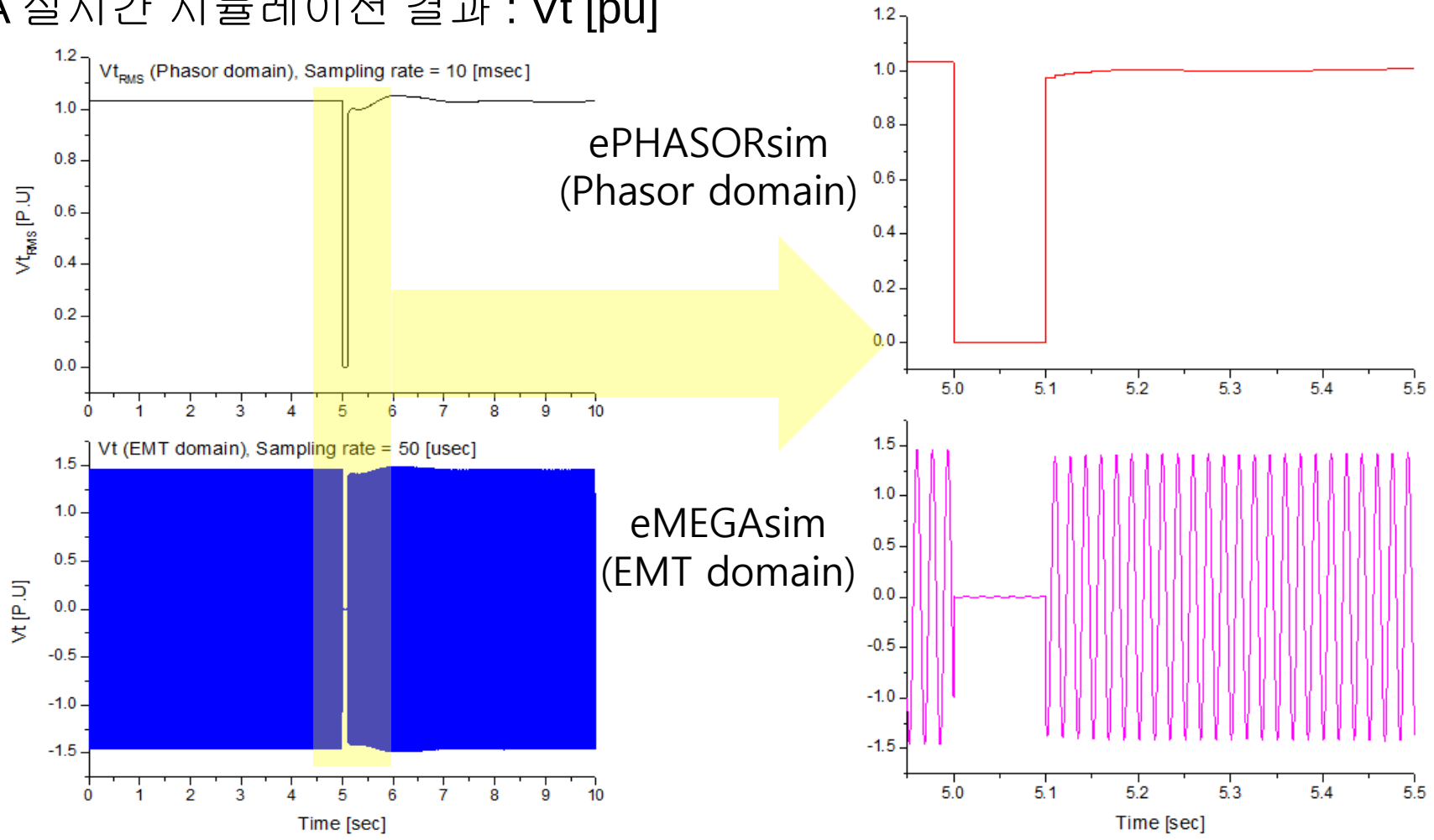




구현 사례 [3/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (3/14)

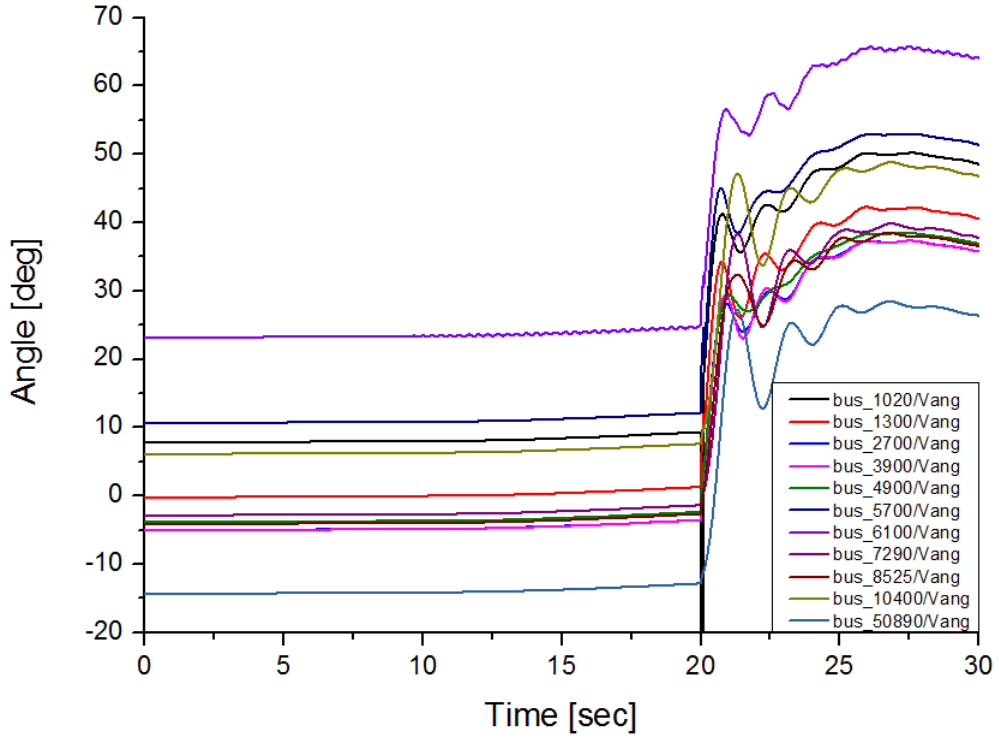
1. PDT/TSA 실시간 시뮬레이션 결과 : Vt [pu]



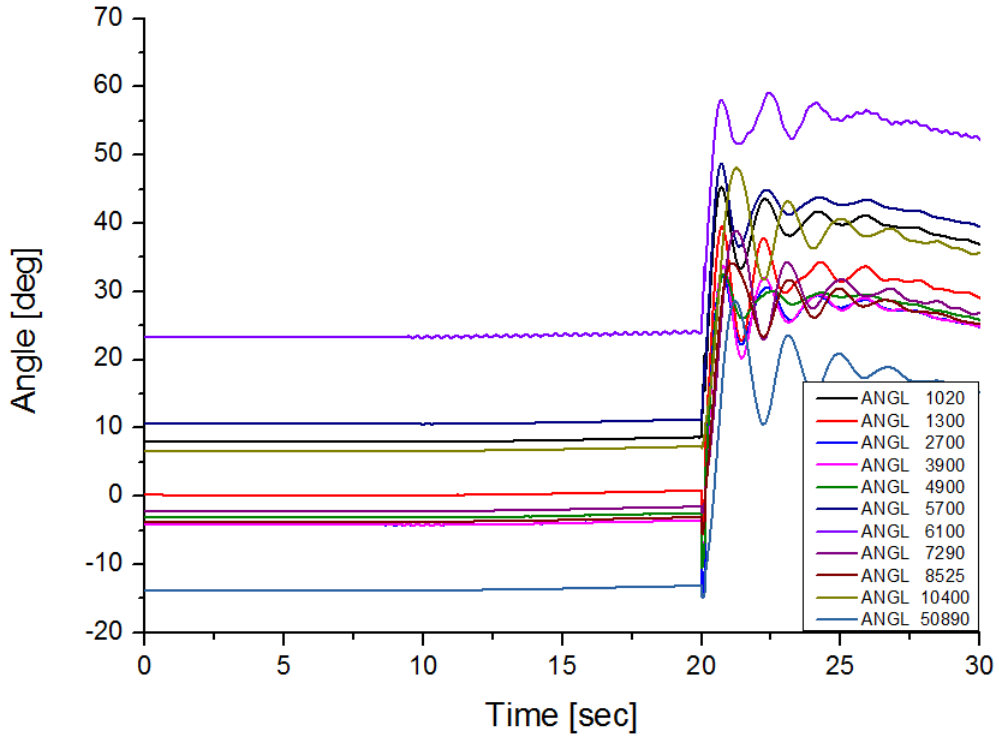
구현 사례 [4/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (4/14)

1. PDT/TSA 실시간 시뮬레이션 결과 : Angle [deg.]



ePHASORsim 시뮬레이션 결과

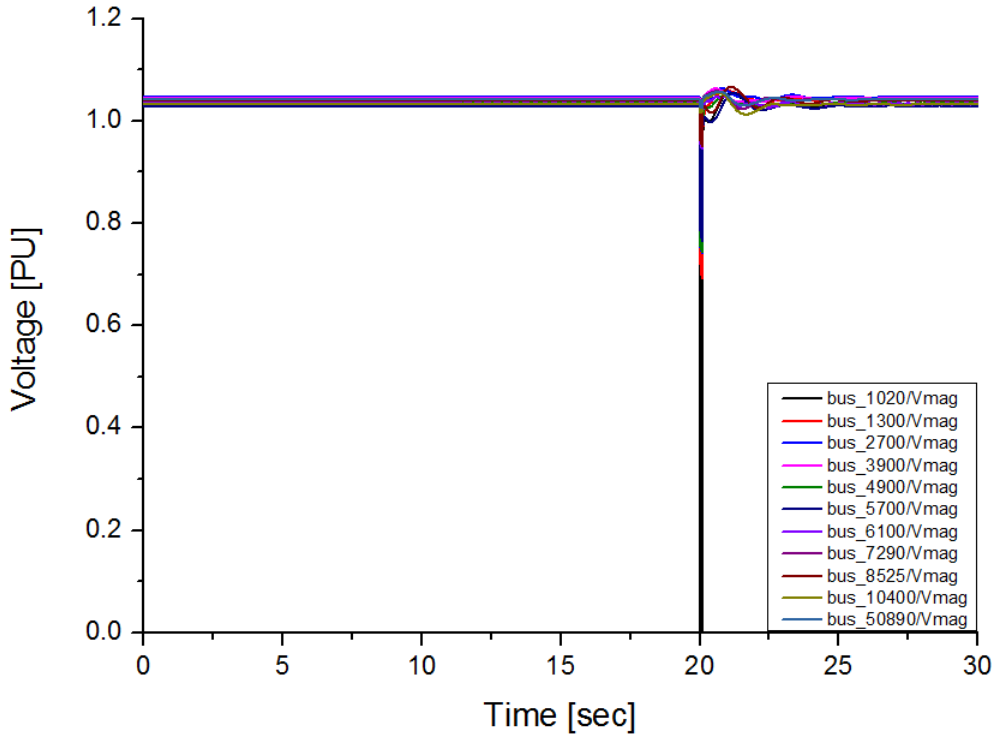


PSS/E 시뮬레이션 결과

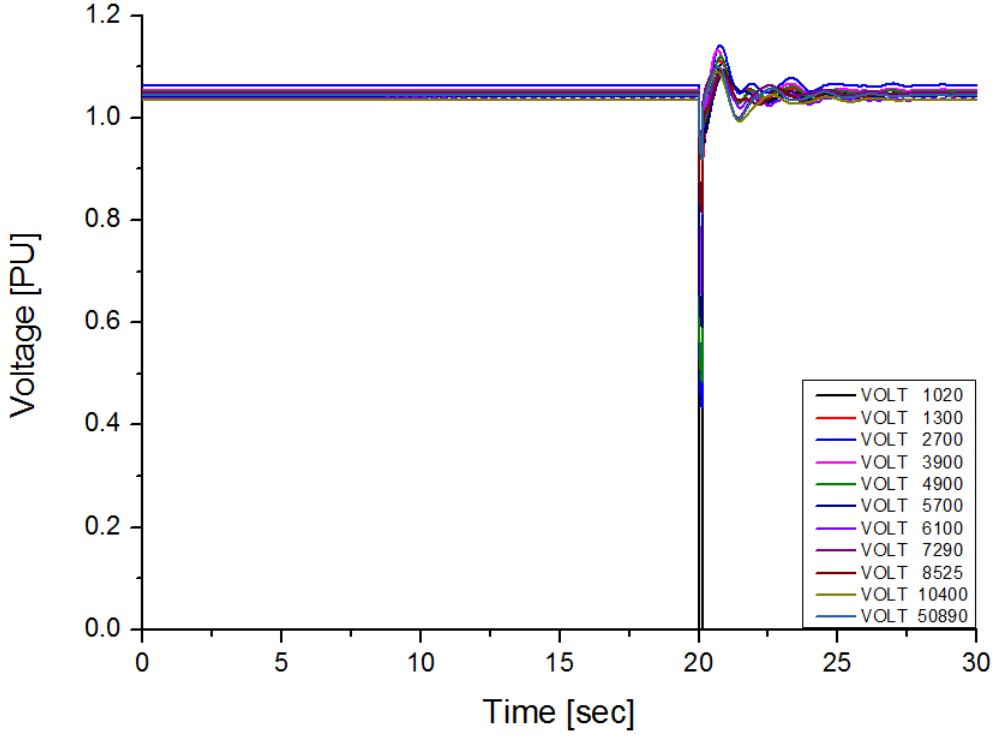
구현 사례 [5/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (5/14)

1. PDT/TSA 실시간 시뮬레이션 결과 : Voltage [pu]



ePHASORsim 시뮬레이션 결과

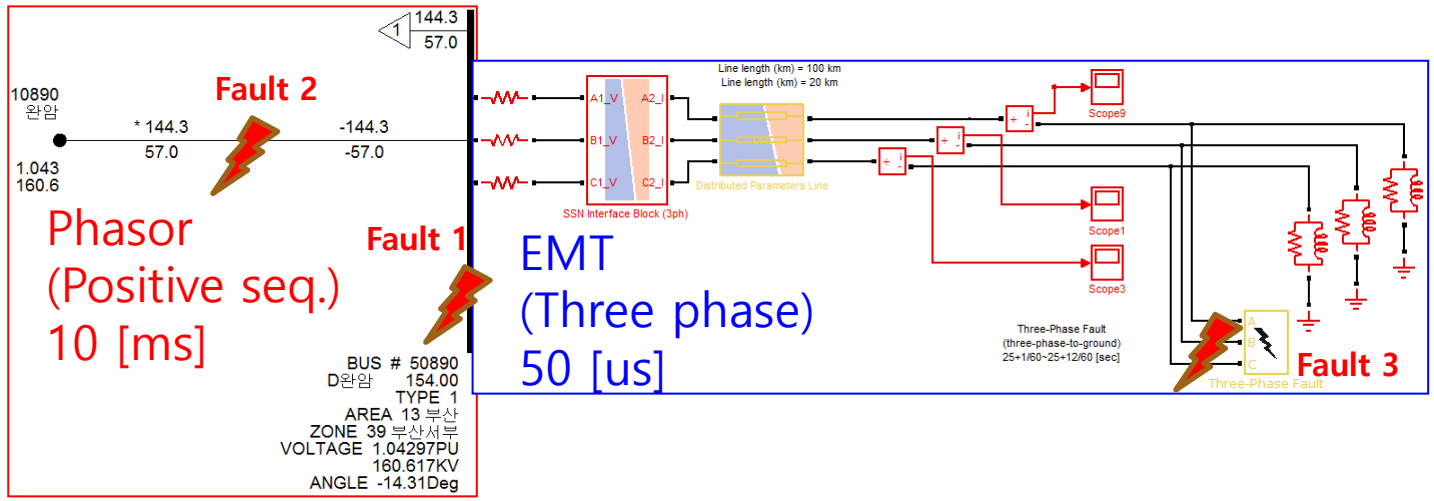


PSS/E 시뮬레이션 결과

구현 사례 [6/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (6/14)

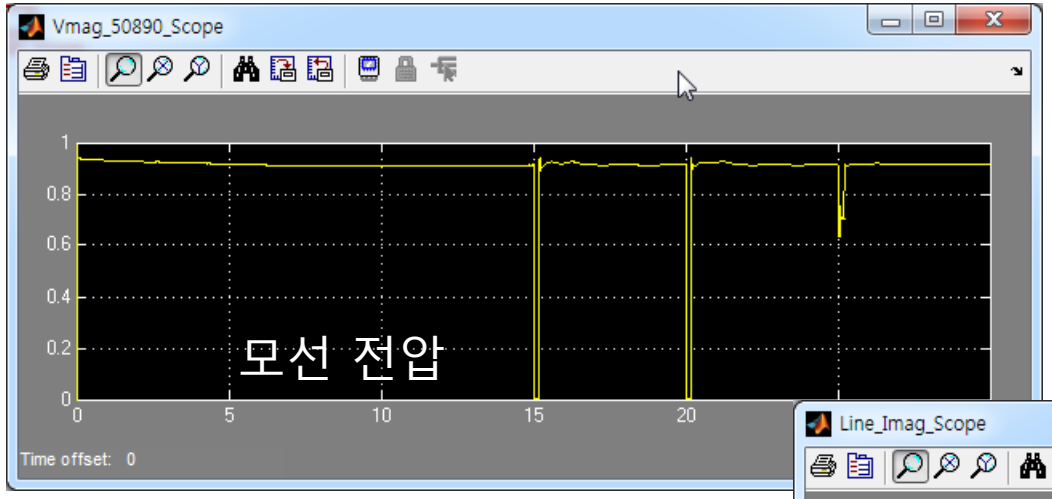
1. Hybrid 실시간 시뮬레이션 CASE 1
   - ❖ 모선-부하선로 : radial
   - ❖ Fault 1 : Phasor domain : BUS 3GFault 15.0~15.2 [sec]
   - ❖ Fault 2 : Phasor domain : three-phase-to-ground 20.0~20.1 [sec]
   - ❖ Fault 3 : EMT domain : Three-phase-to-ground, 25+1/60~25+12/60 [sec]

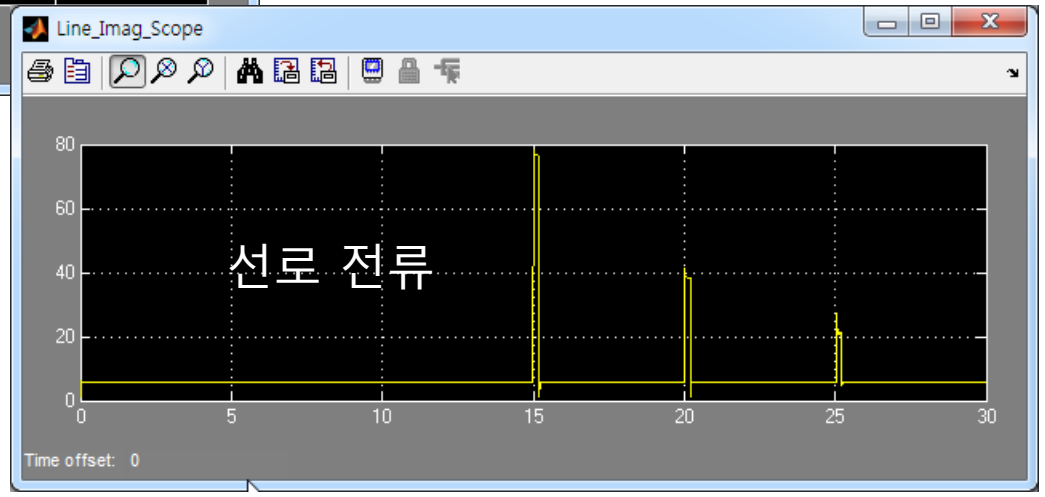


구현 사례 [7/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (7/14)

1. Hybrid 실시간 시뮬레이션 CASE 1
   - ❖ ePHASORsim(Phasor domain) : 전압, 전류





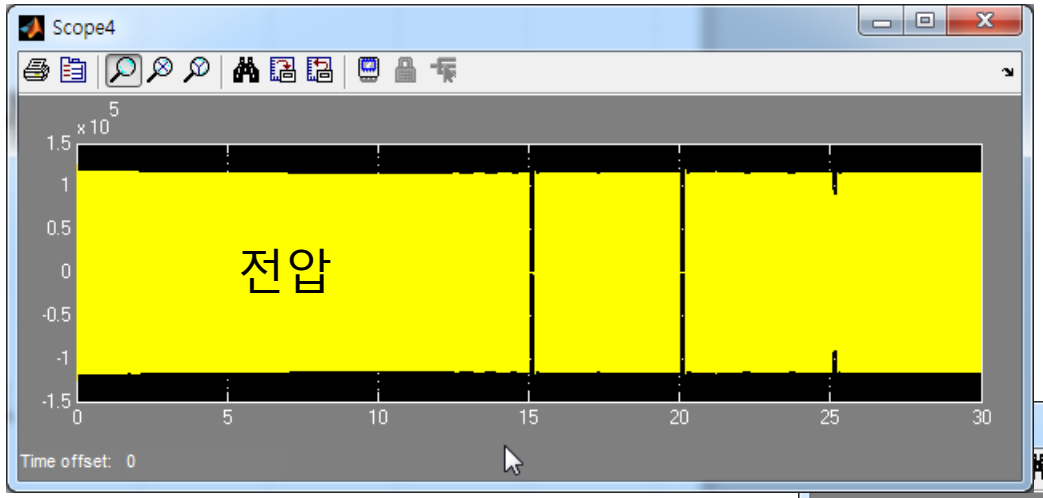
Fault 관련사항 (시간순서)

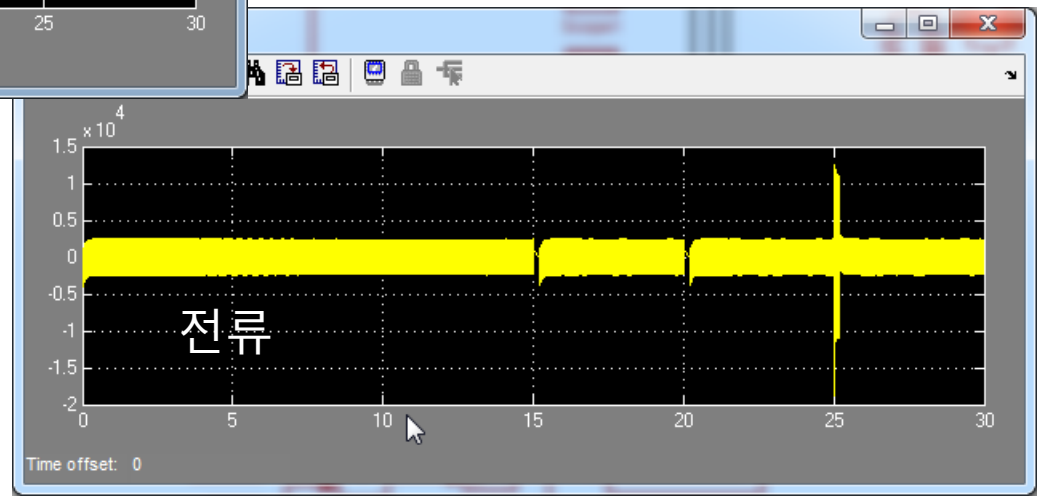
Fault 1 : BUS Fault (Phasor)
Fault 2 : Line Fault (Phasor)
Fault 3 : Load Line Fault (EMT)

구현 사례 [8/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (8/14)

1. Hybrid 실시간 시뮬레이션 CASE 1
   - ❖ eMEGAsim(EMT domain) : 전압, 전류





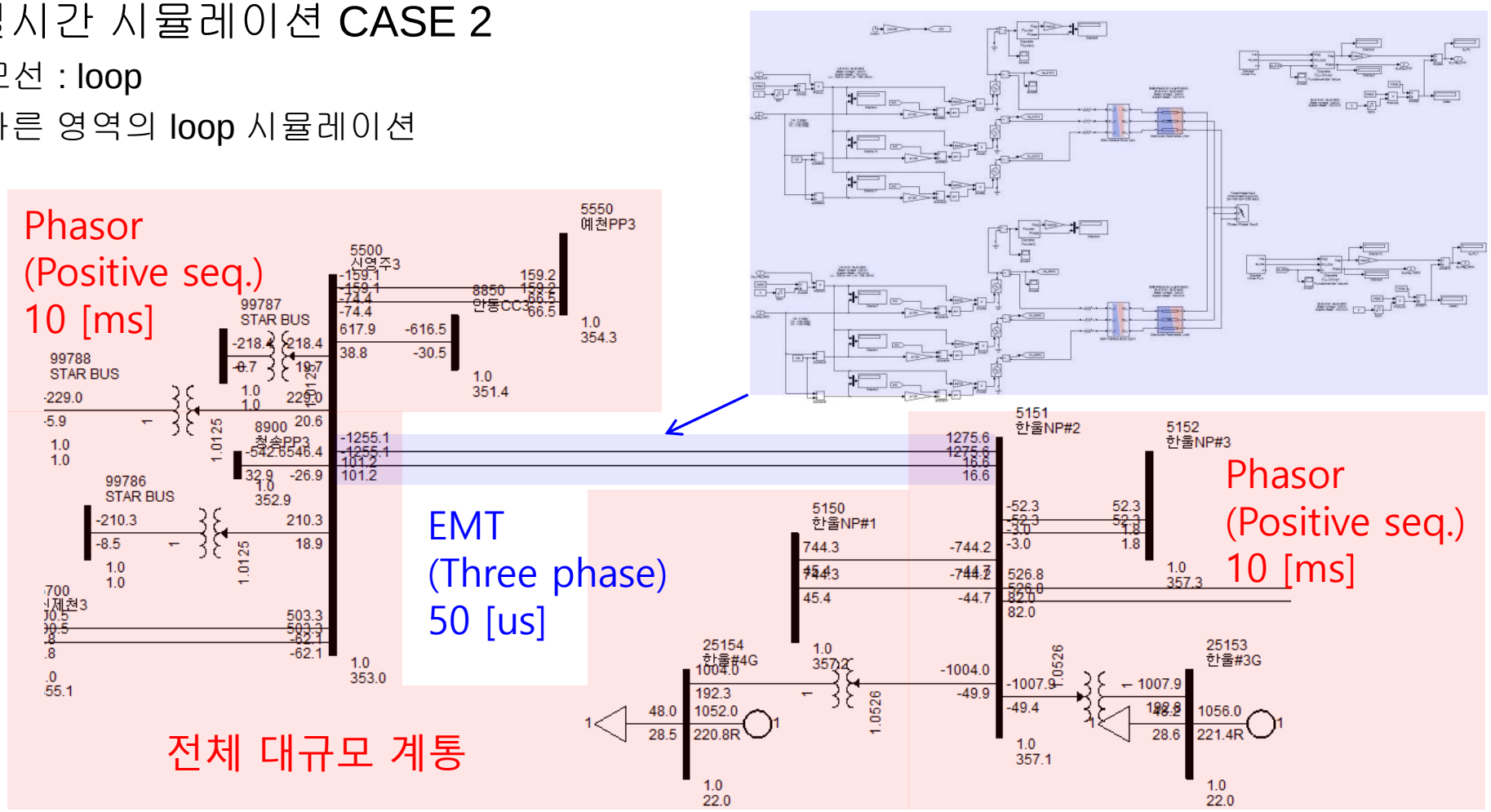
Fault 관련사항 (시간순서)

Fault 1 : BUS Fault (Phasor)
Fault 2 : Line Fault (Phasor)
Fault 3 : Load Line Fault (EMT)

구현 사례 [9/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (9/14)

1. Hybrid 실시간 시뮬레이션 CASE 2
   - ❖ 모선-모선 : loop
   - ❖ 서로 다른 영역의 loop 시뮬레이션

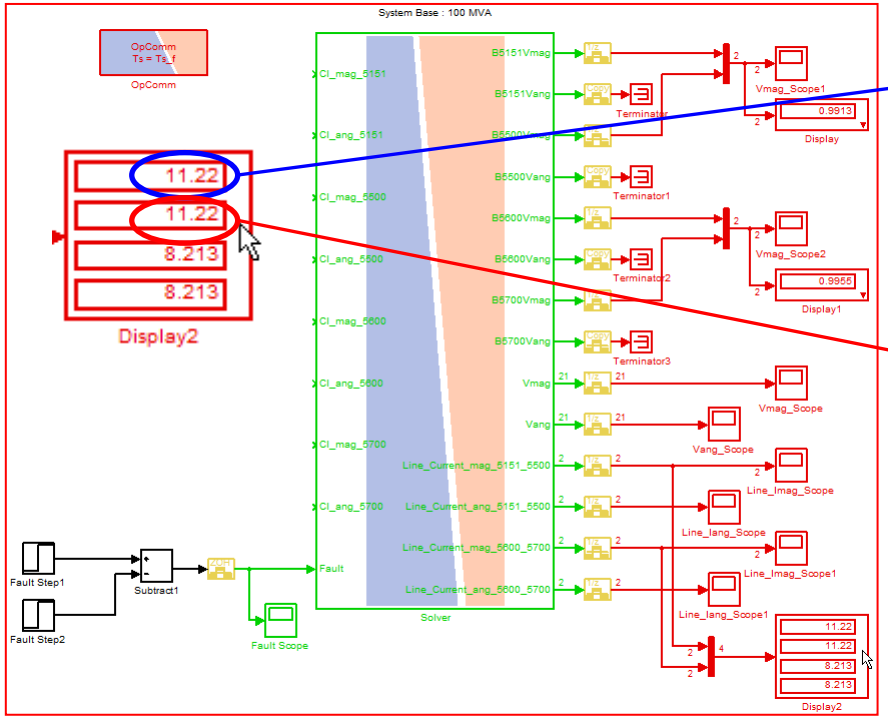


구현 사례 [10/20]

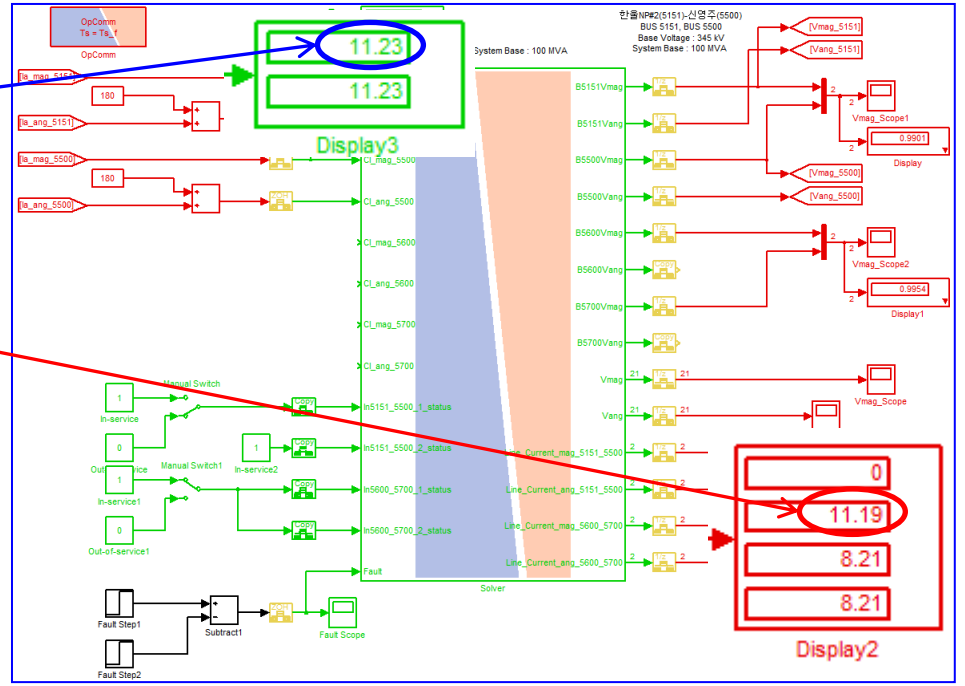
대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (10/14)

1. Hybrid 실시간 시뮬레이션 CASE 2
   - ❖ 2회선 중 1회선 만 EMT 모델로 구성
   - ❖ 서로 다른 영역의 loop 시뮬레이션 분리 (Phasor과 EMT 존재 및 상호 연관성 검토)

Phasor domain



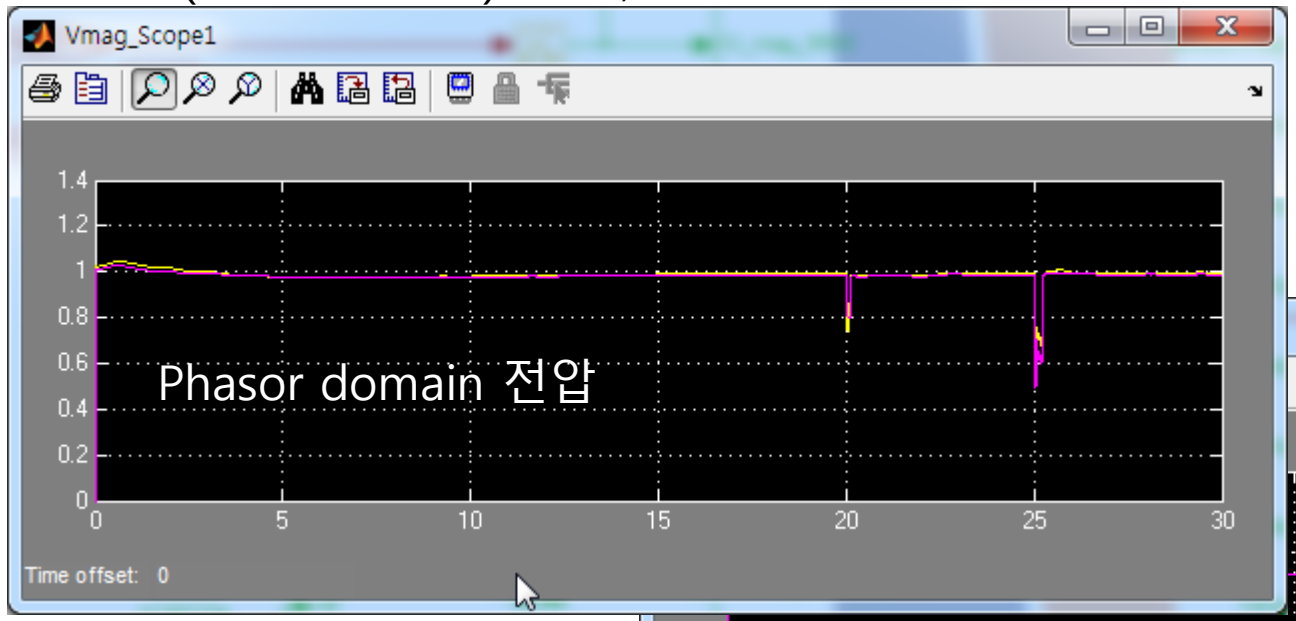
Hybrid

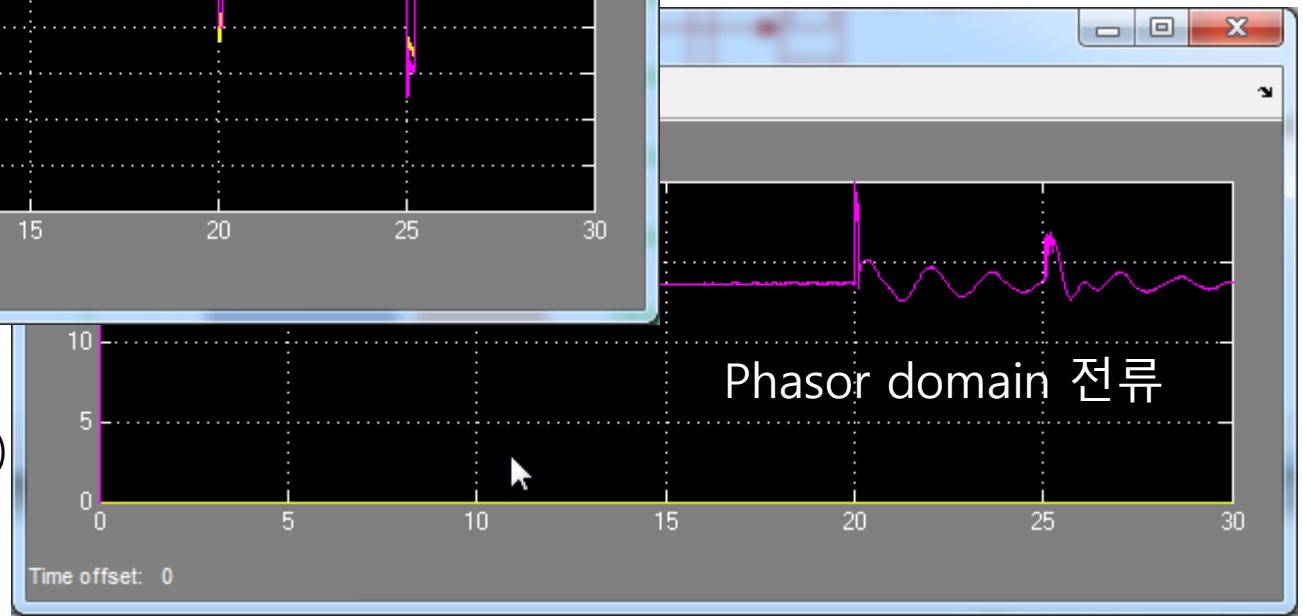


구현 사례 [11/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (11/14)

1. Hybrid 실시간 시뮬레이션 CASE 2
   - ❖ ePHASORsim(Phasor domain) : 전압, 전류





Fault 관련사항 (시간순서)

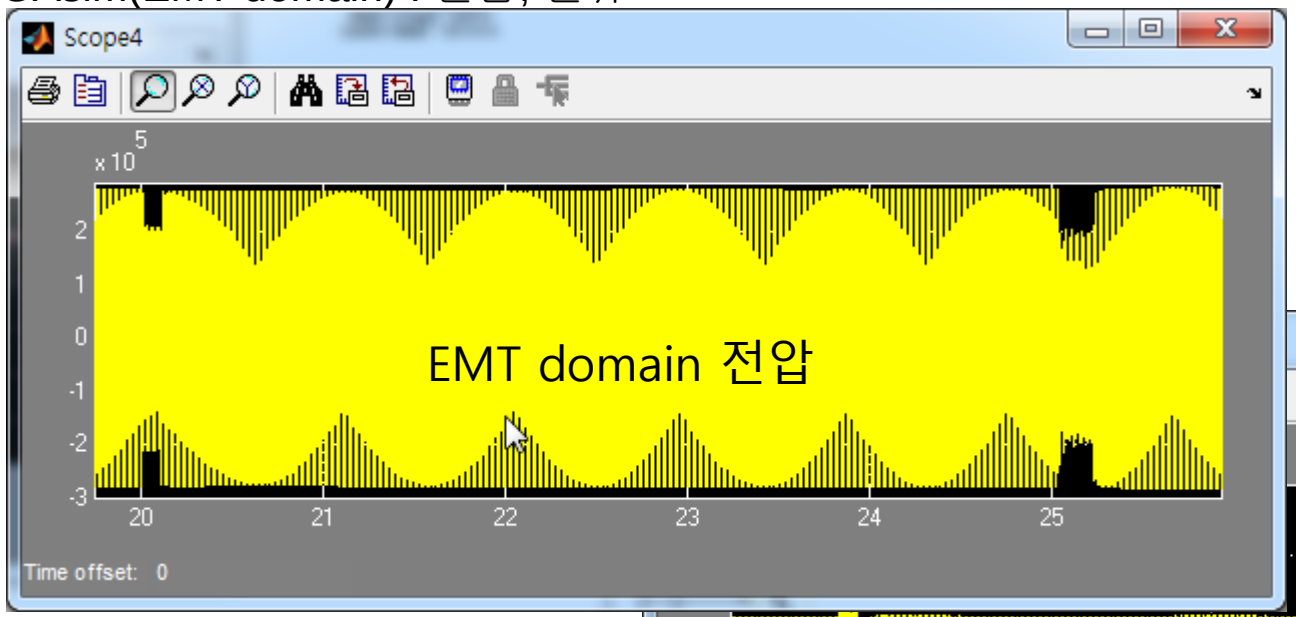
Fault 1 : BUS Fault (Phasor)

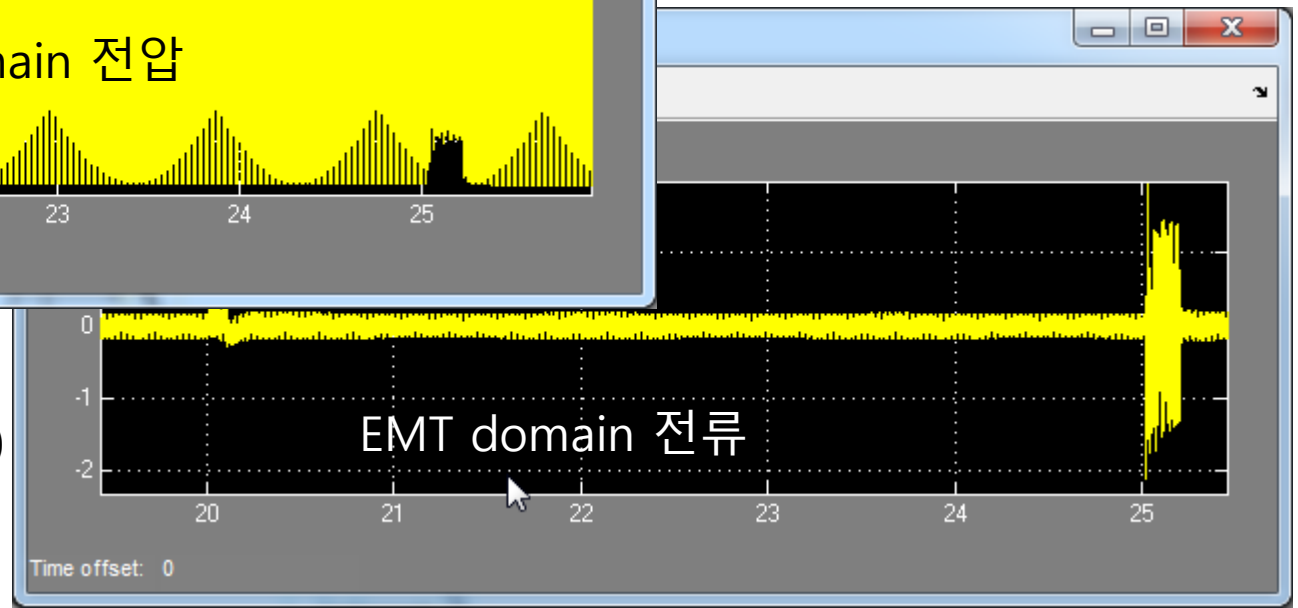
Fault 2 : Line Fault (EMT)

구현 사례 [12/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (12/14)

1. Hybrid 실시간 시뮬레이션 CASE 2
   - ❖ eMEGAsim(EMT domain) : 전압, 전류





Fault 관련사항 (시간순서)

Fault 1 : BUS Fault (Phasor)

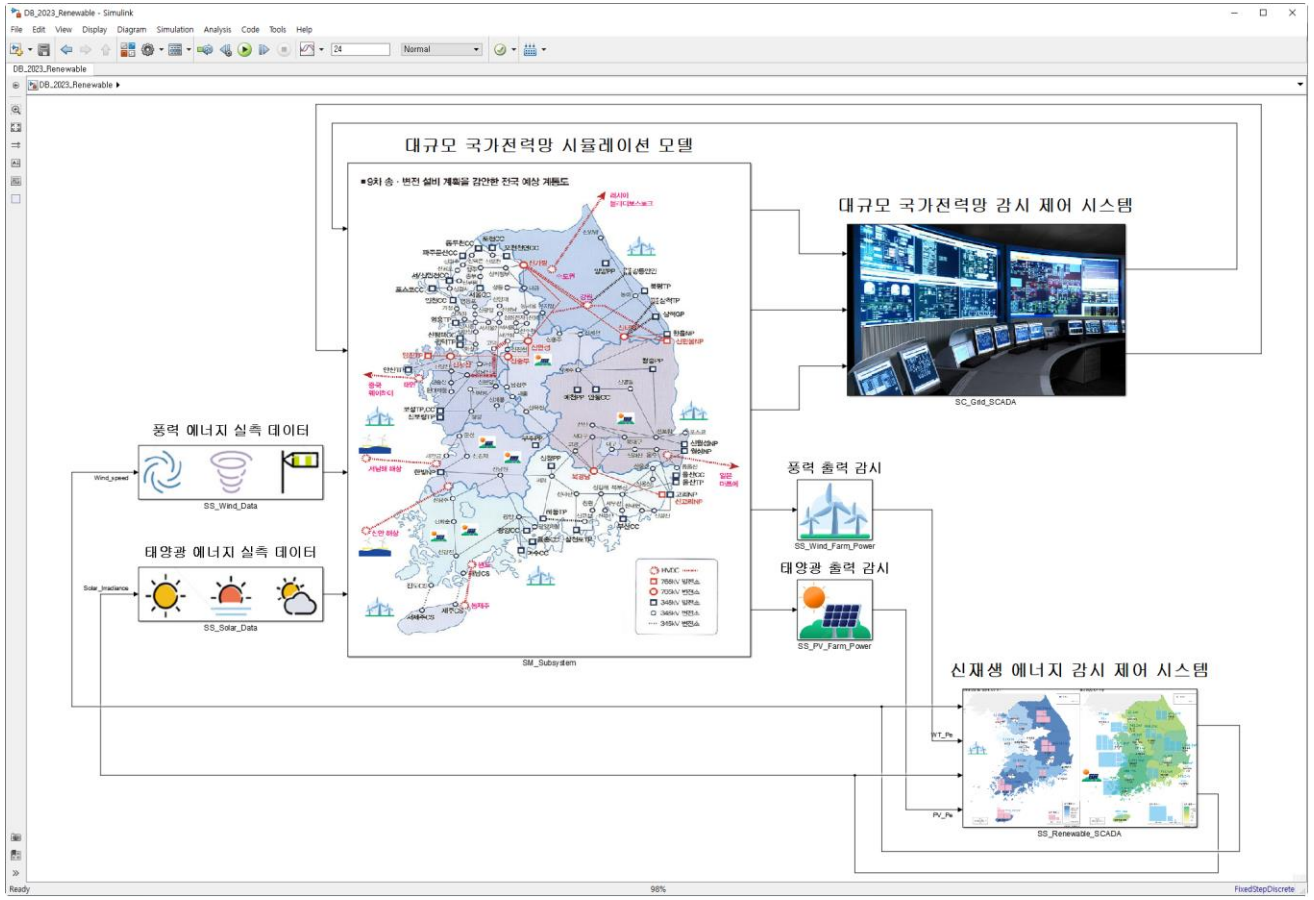
Fault 2 : Line Fault (EMT)

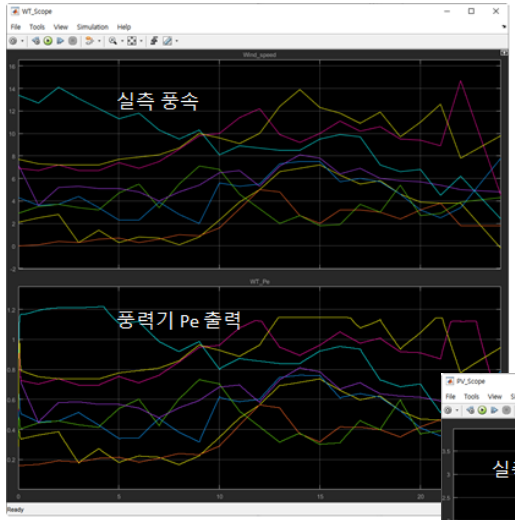
구현 사례 [13/20]

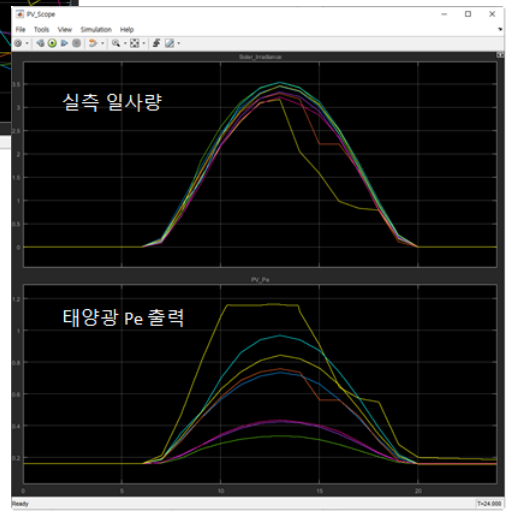
대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (13/14)

1. 국가전력망 통합분석 플랫폼 개발을 위한 실시간 시뮬레이션 (1/2)

❖ 대규모 국가전력망 모델과 실측 기상데이터에 따른 신재생 에너지와 계통의 실시간 시뮬레이션 모델 구축



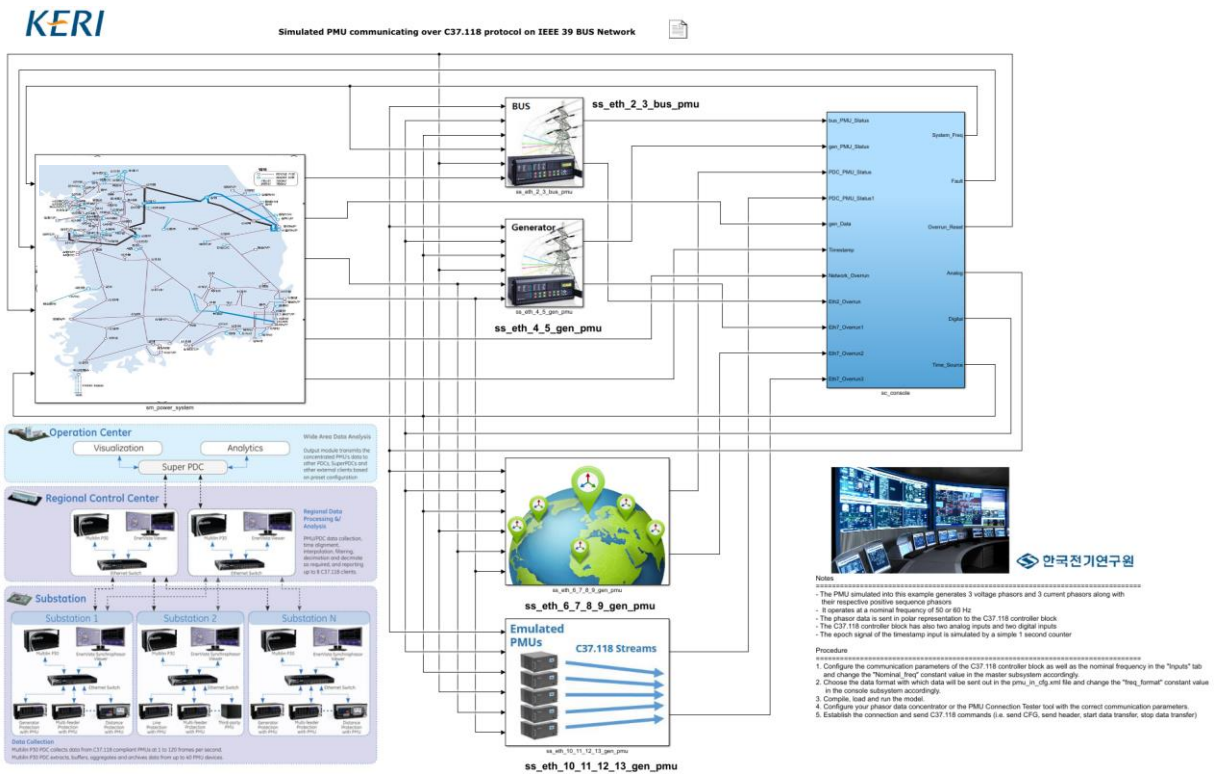




구현 사례 [14/20]

대규모 전력망 및 하이브리드 시뮬레이션 (14/14)

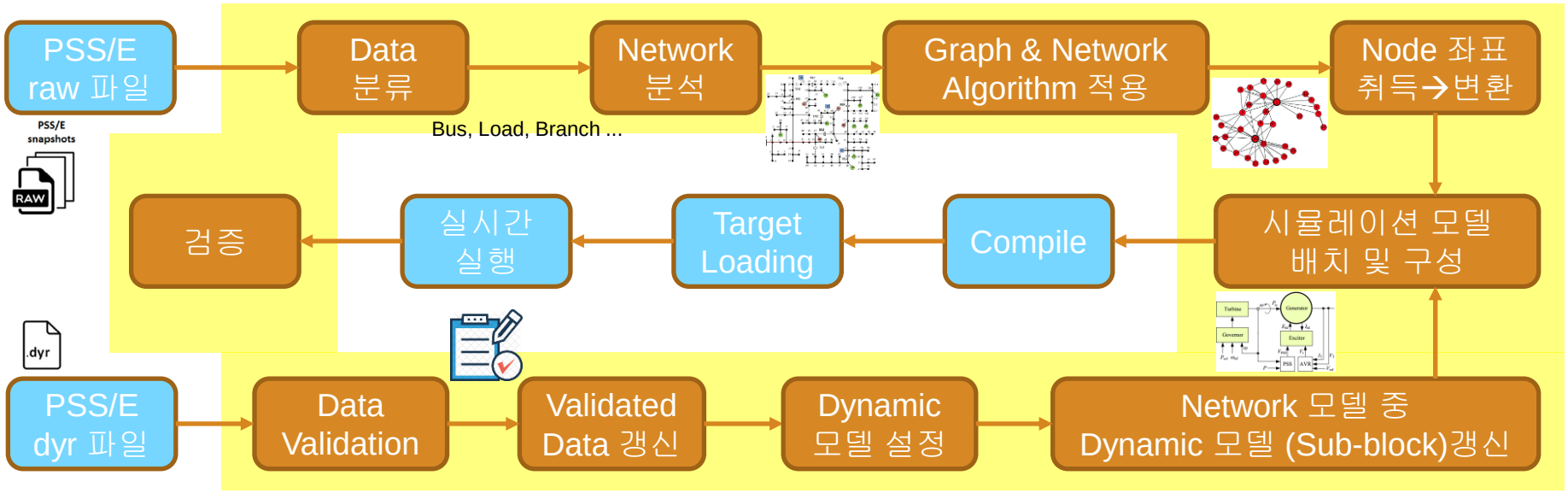
1. 국가전력망 통합분석 플랫폼 개발을 위한 실시간 시뮬레이션 (2/2)
   - ❖ PMU 및 C37.118 연동
   - ❖ 물리적 PMU 및 C37.118 Emulator 200개 이상



구현 사례 [15/20]

PDT/TSA → EMT 모델 변환 (1/6)

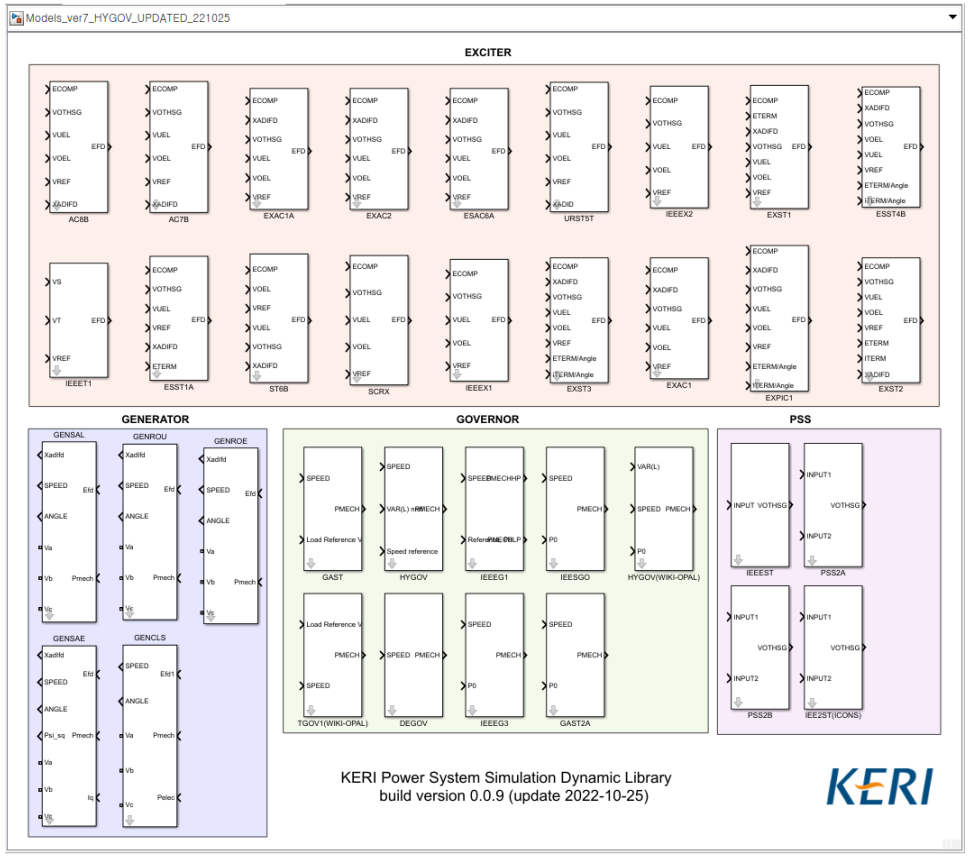
1. PSS/E RAW 파일 : 전압원 모델을 이용한 정적 해석
   - ❖ 전력망 구성 요소 데이터 분류 및 네트워크 분석 → 계통 모델 자동 배치 → 계통 정보 시각화
2. PSS/E DYR 파일 : 발전기 및 동적 모델 적용 동적 해석
   - ❖ 다이나믹 모델 파라미터의 검·교정 → 안정적인 시뮬레이션 조건 확보 (타 시뮬레이션 소프트웨어와 일관성 확보)
   - ❖ MATLAB Simulink에서 활용 가능한 다이나믹 모델 라이브러리 확보



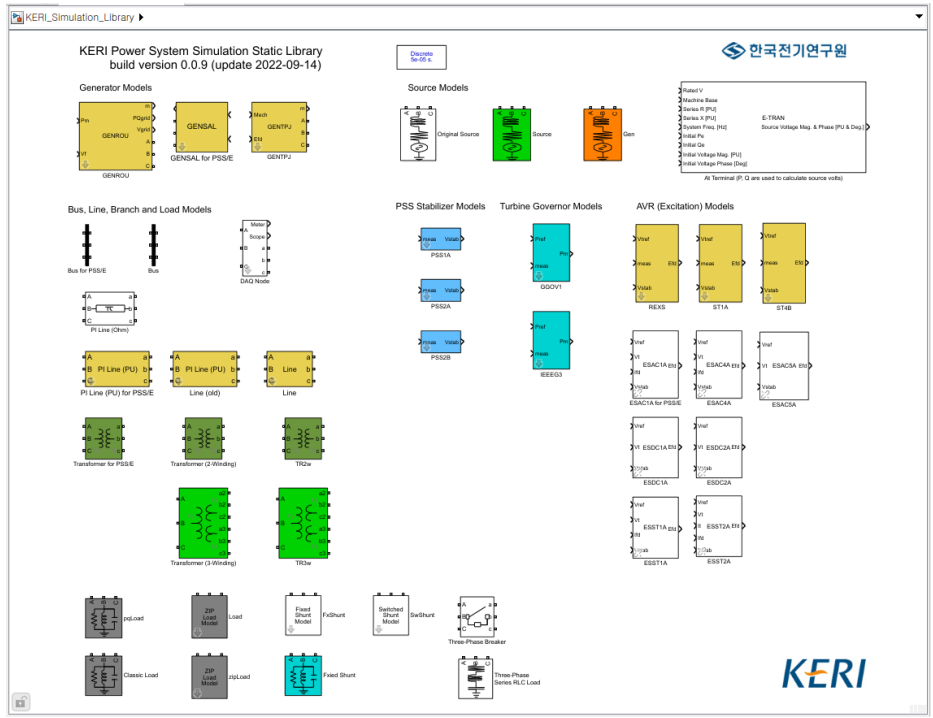
구현 사례 [16/20]

PDT/TSA → EMT 모델 변환 (2/6)

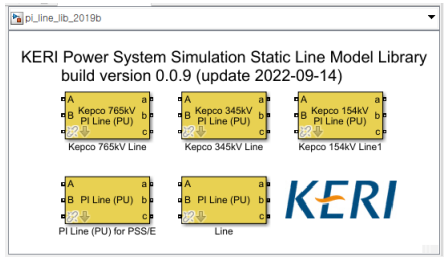
1. 정적 모델, 선로 모델, 동적 모델 라이브러리



개발된 시뮬레이션 동적(dynamic) 모델 라이브러리



개발된 시뮬레이션 정적(static) 모델 라이브러리

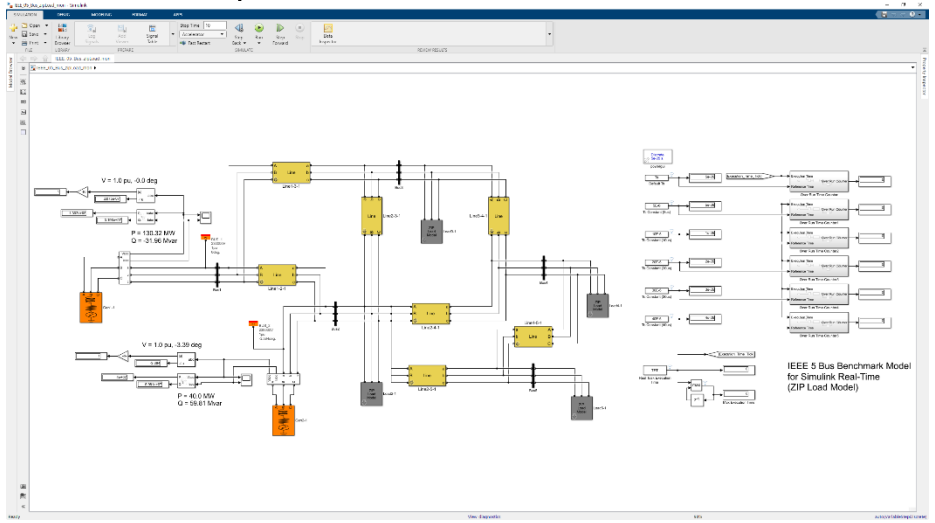


개발된 국내 선로 모델 라이브러리

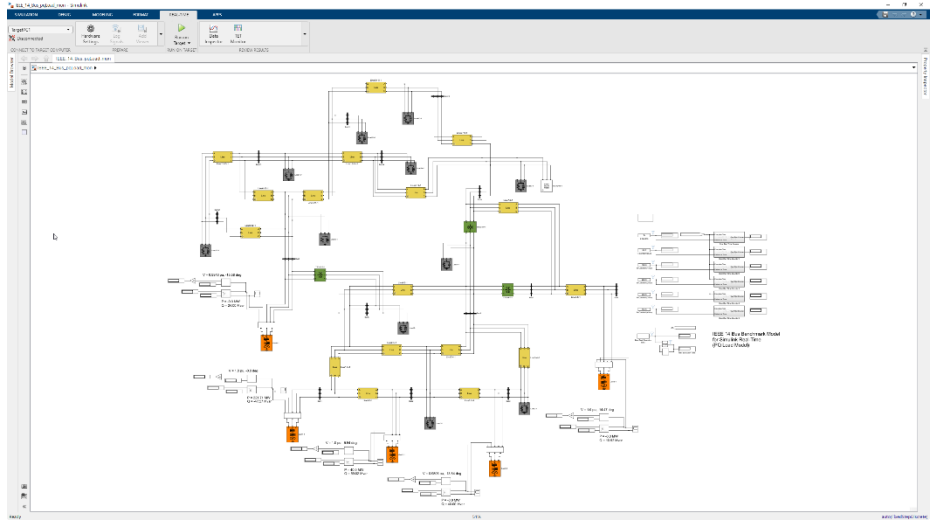
구현 사례 [17/20]

PDT/TSA → EMT 모델 변환 (3/6)

1. 변환된 IEEE 5, 14 Bus Benchmark 모델

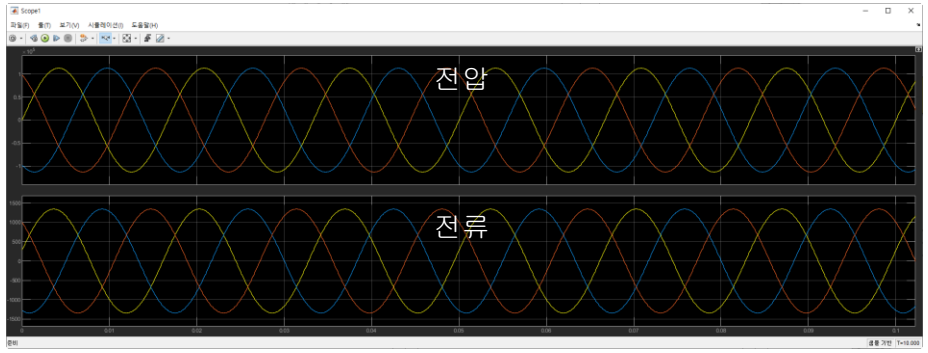


변환된 IEEE 5 Bus 실시간 시뮬레이션 모델



변환된 IEEE 14 Bus 실시간 시뮬레이션 모델

IEEE 5 Bus의 Gen 1-1 실시간 전압, 전류 출력

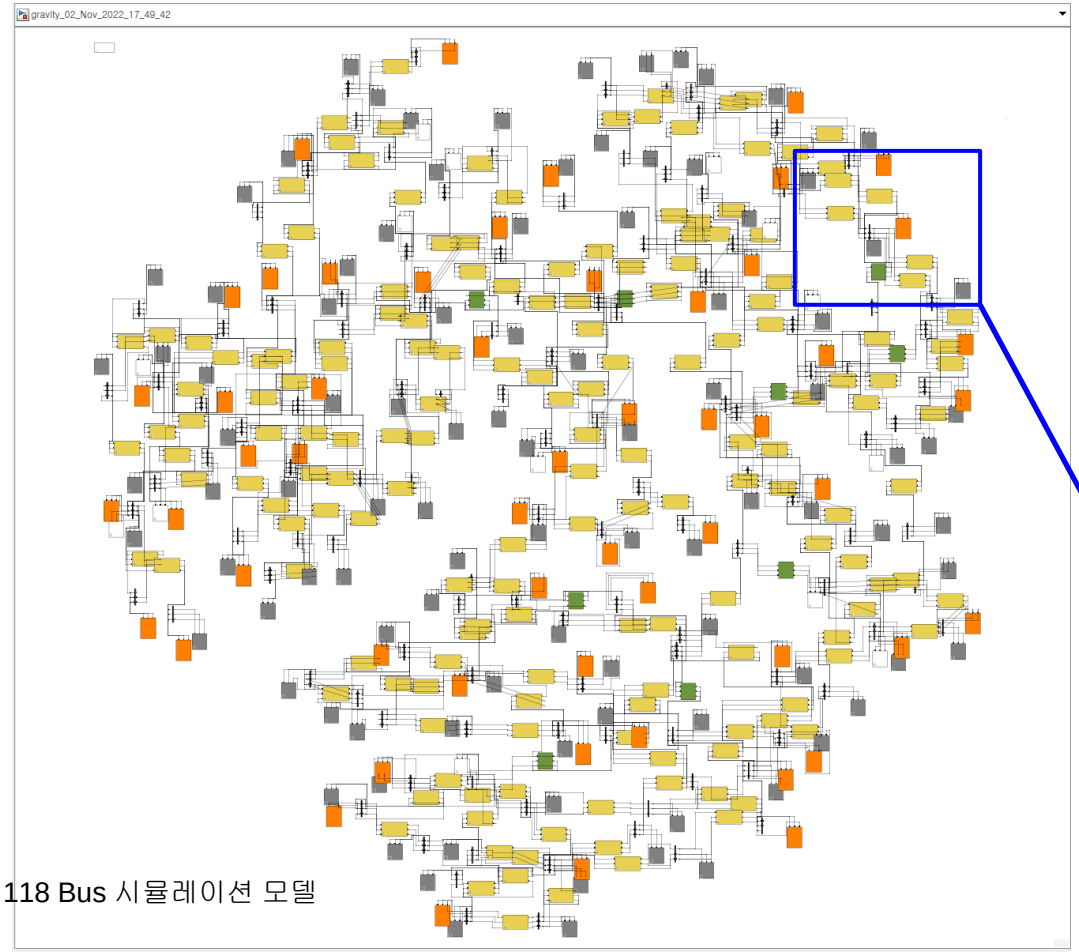


IEEE 14 Bus의 Gen 1-1 실시간 전압, 전류 출력

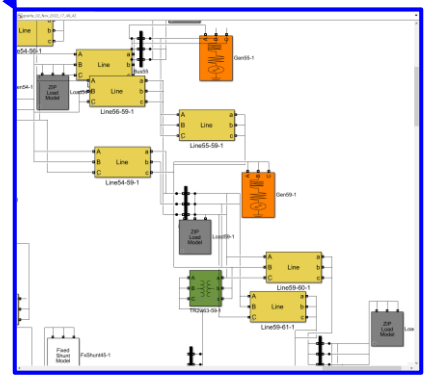
구현 사례 [18/20]

PDT/TSA → EMT 모델 변환 (4/6)

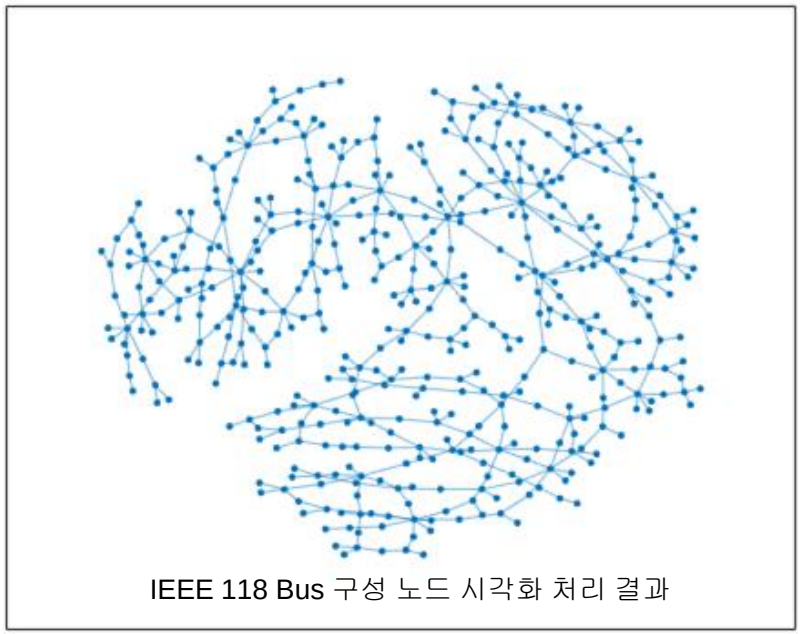
1. IEEE 118 Bus 모델 시각화 및 실시간 시뮬레이션 변환 모델



자동 변환된 IEEE 118 Bus 시뮬레이션 모델



모델링 지역 확대

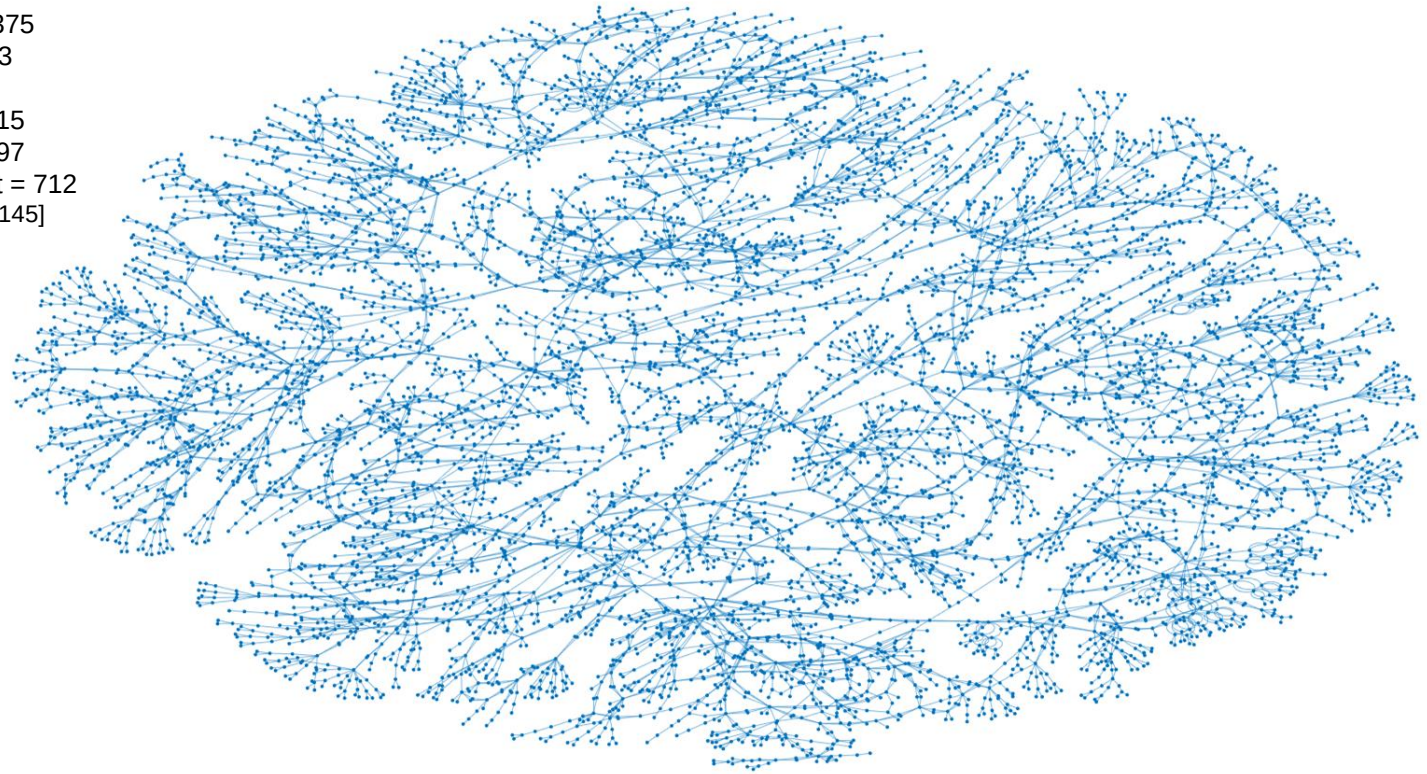


IEEE 118 Bus 구성 노드 시각화 처리 결과

구현 사례 [19/20]

PDT/TSA → EMT 모델 변환 (5/6)

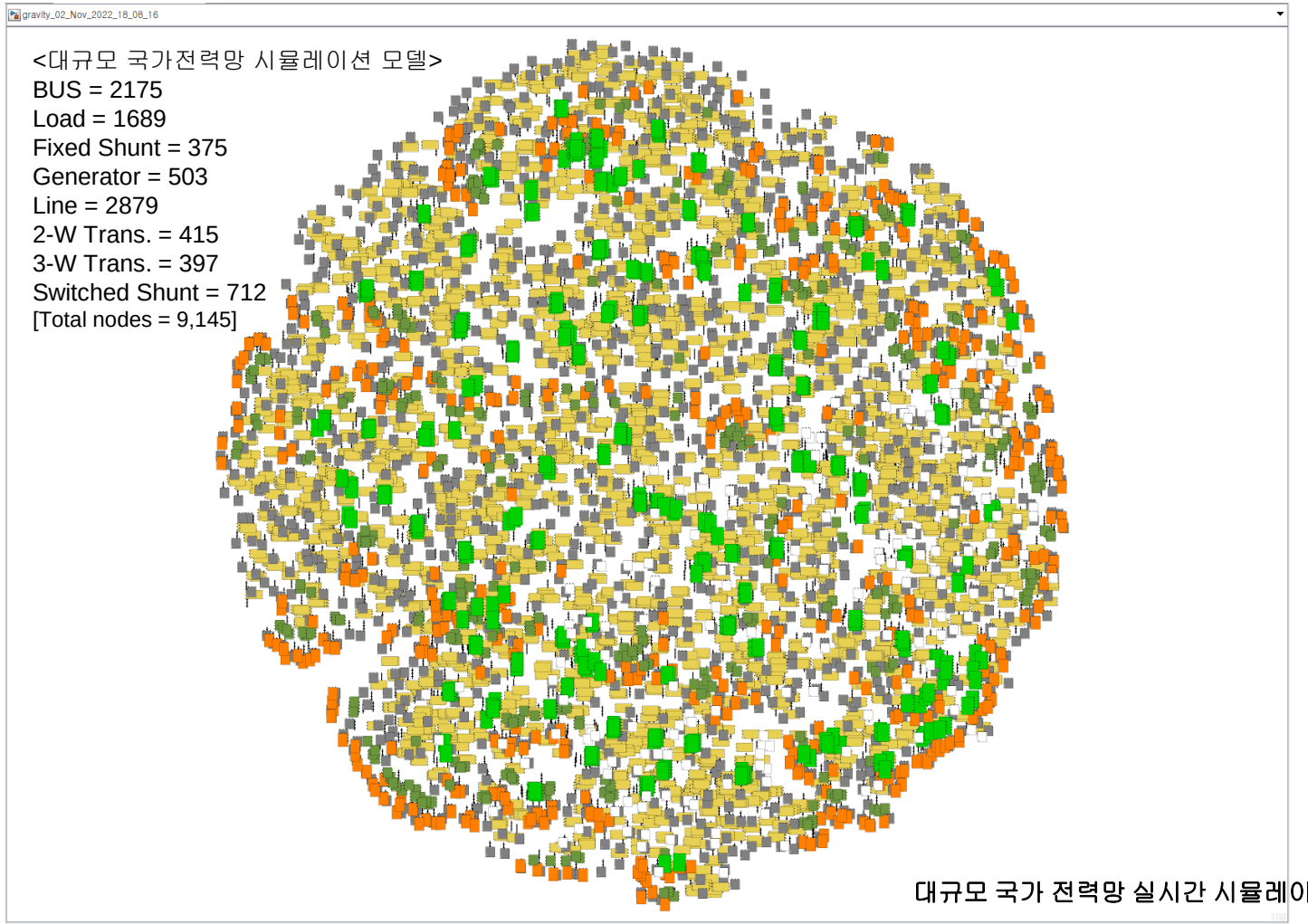
<대규모 국가전력망 네트워크 구성 노드 시각화>
BUS = 2175
Load = 1689
Fixed Shunt = 375
Generator = 503
Line = 2879
2-W Trans. = 415
3-W Trans. = 397
Switched Shunt = 712
[Total nodes = 9,145]



대규모 국가 전력망 노드 시각화 모델 변환

구현 사례 [20/20]

PDT/TSA → EMT 모델 변환 (6/6)



대규모 국가 전력망 실시간 시뮬레이션 변환 모델

Summary & Future plan

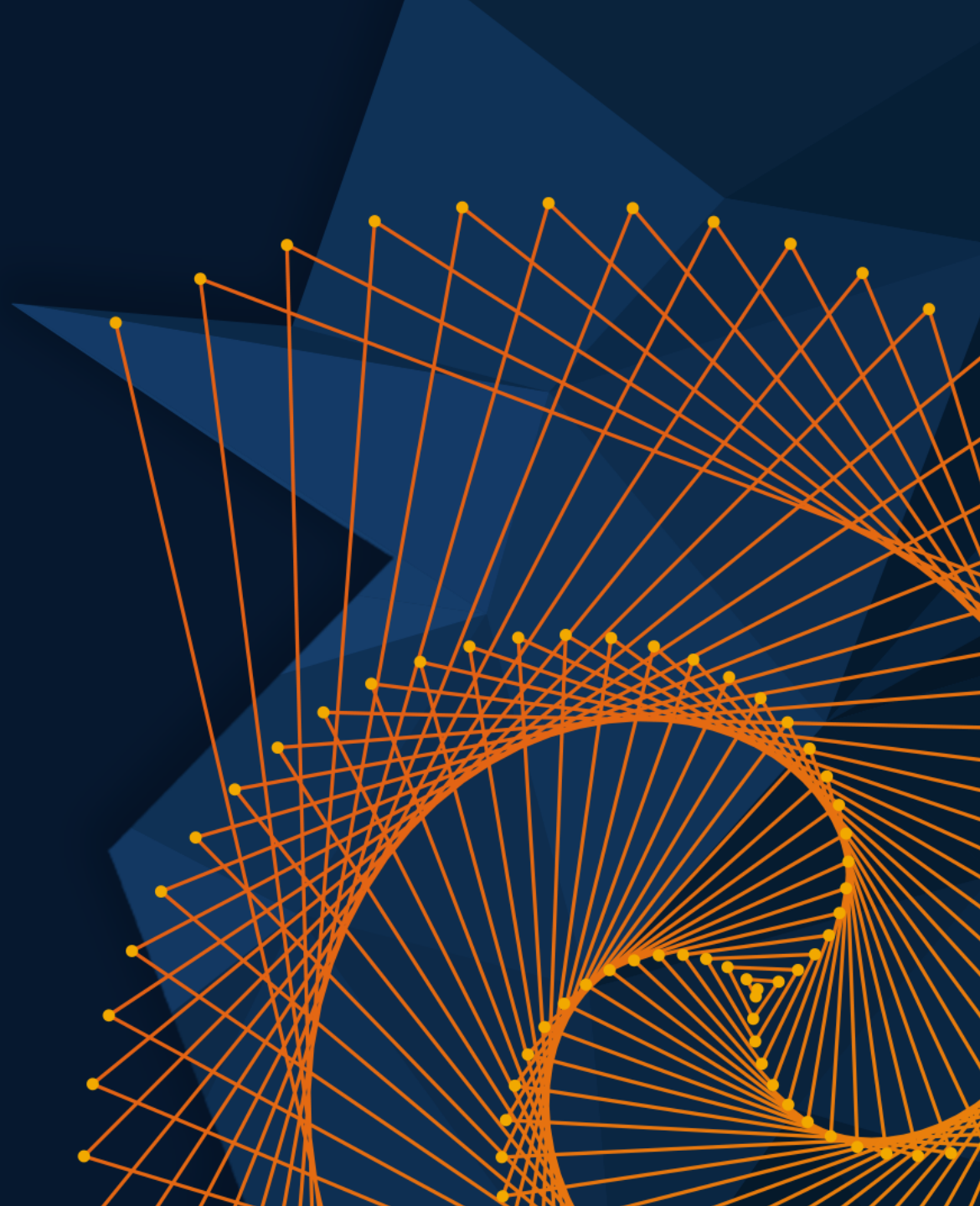
요약

1. MATLAB 기반의 전력망 실시간 시뮬레이션
   - Simscape Electrical, Opal-RT ePHASORsim/eMEGAsim
   - 다양한 시뮬레이션 solver 제공
2. 국가전력망 데이터를 활용한 대규모 실시간 시뮬레이션 실행
   - PDT/TSA (대규모 전력망) V.S. EMT(상세 모델링) → 하이브리드 시뮬레이션
   - 전력망 모델 변환 및 시각화 처리/분석 : PSS/E → Simscape Electrical

향후 계획

1. 실시간 병렬 처리 → 물리적(전력망) 분리
2. 이기종 시뮬레이터간 연동 → 하이브리드 실시간 시뮬레이터 :
   하이브리드(parallel, multi –rate, -domain 등) 시뮬레이션 인터페이스 구축
3. 국가전력망 EMS와 연동 → Snapshot 기반 실시간 시나리오 분석 및 Playback

MATLAB EXPO



MathWorks®

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