AGM(Advanced Grid Modeling) Center Tutorial

Power system modeling 101

일 시 | 2025.10.17

소 속 | 한국에너지공과대학교

이 름 | 정 재 엽

튜토리얼 개요

강사 소개 (정재엽)

▪ 주요 이력 사항

- ▸ 학력
  - ▷ ’16년 2월 고려대학교 학사
  - ▷ ’23년 2월 고려대학교 박사

    (Dissertation : Resource Evaluation method for Frequency Stability in HVDC Interconnected System with a High Penetration of Renewable Energy)
- ▸ 경력
  - ▷ (’23년 2월 – 현재) 한국에너지공과대학교(KENTECH) 연구교수

▪ 연구 분야

- ▸ 대규모 송전 계통의 전압/과도/주파수 안정도 해석(PSS/E)
- ▸ 재생 E 및 HVDC 등 DC 설비 제어, 설계 (PSCAD)

Power system modeling 101

학습 목표

"PSS/E 를 활용한 계통 DB 구축 및 상정 고장 검토"

강의 구성

Class 1. PSS/E DB 구축

- PSS/E 파라미터 및 옵션 입력 방법
  - Bus type, code
  - Plant, Generator bus
  - 변압기, 선로, Sh.C 등

Tutorial 진행 목표

- Python 코드를 활용한 계통 편집
  - DB 입력/ 수정
  - DB 읽어오기(from/to 엑셀 etc.)
- 실습 예제

Class 2. PSS/E 안정도 검토

- PSS/E 안정도 검토 방법
  - 조류계산 수행 방법
  - 검토 결과 분석 방법(Gout 등)
- Python 코드를 활용한 검토 자동화
  - python recording 기능 활용하기
  - API를 활용하여 직접 작성하기
- 실습 예제

최종 성과

"Python Code를 활용한 PSS/E DB 생성, 편집 및 안정도(전압, 과부하, 조류) 검토 자동화"

개요

PSS/E 소개

PSSE 기본 정보(1/2)

- **PSSE : PTI 社에서 개발한 RMS 기반 전력계통 안정도 해석 tool**
  - 주요 기능
    - 조류 계산(Load Flow Analysis)
    - 단락 고장 해석(Short-Circuit Analysis)
    - 과도 안정도 해석(Transient Stability Analysis)
    - 주파수 안정도 해석(Frequency Stability Analysis)

PSSE 기본 정보(2/2)

▪ PSSE 파일의 구조

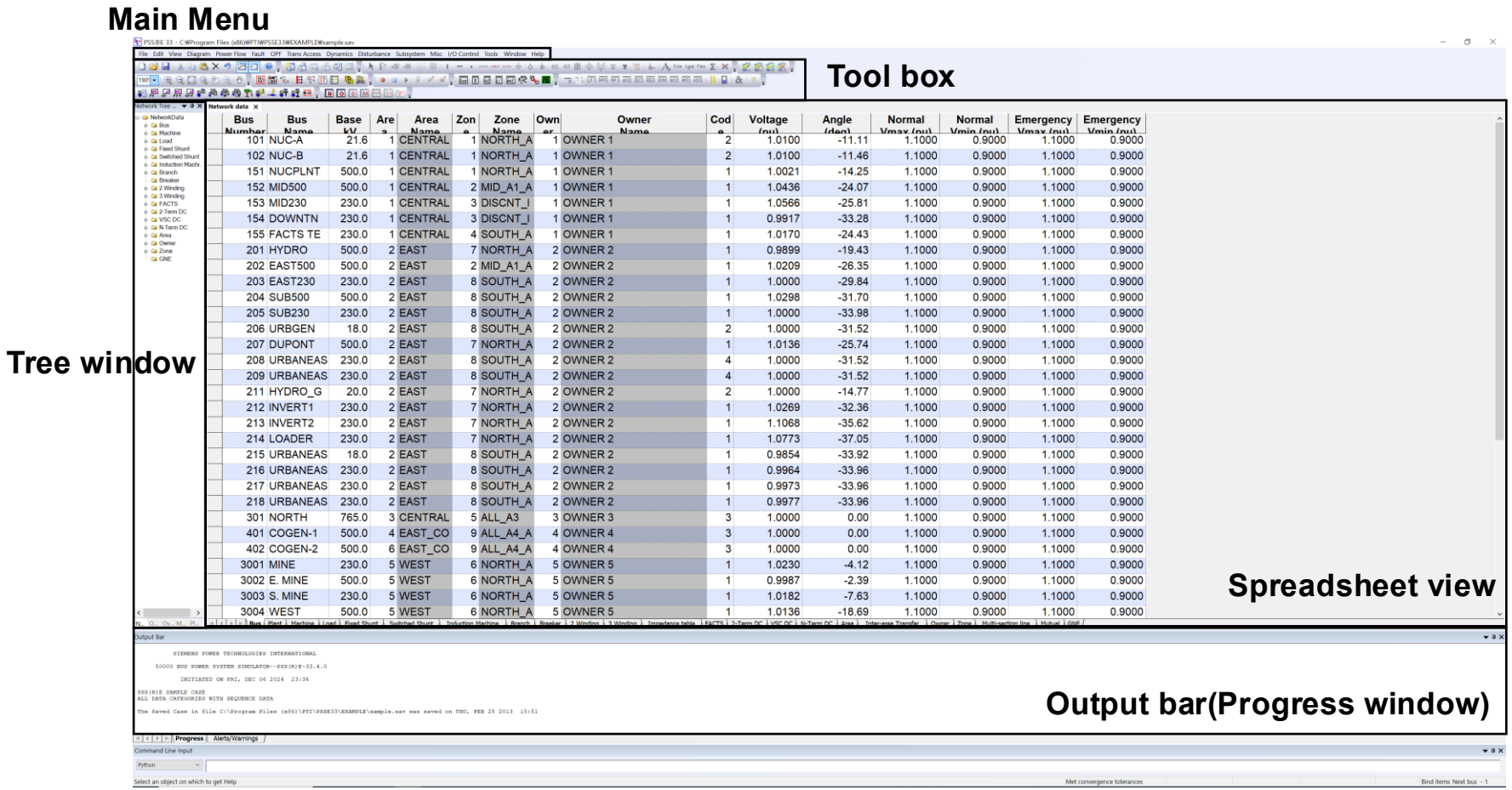
- ▶ *.raw, *.sav 파일 → 정태 해석을 위한 조류계산 관련 기본 정보 포함
  - ▷ *.raw 파일 : PSS/E 뿐만 아니라 다른 전력계통 해석 tool과 호환 가능(.txt 파일로 읽기/쓰기 가능)
  - ▷ *.sav 파일 : PSS/E에서만 편집이 가능한 전용 파일 형식(raw 파일 외 추가적인 정보 포함)
- ▶ *.dyr 파일 → 과도 모의를 위한 각 제어기 파라미터 정보 포함
  - ▷ *.sav 파일에 선언된 요소들(발전기, 부하 등)에 대한 동적 파라미터 제공
  - ▷ *.sav 파일 open 후 *.dyr 파일을 열어 해당 정보를 '덮어씌워' 줌

Chapter 1

기본 UI 및 bus data 소개

PSS/E 기본 UI(1/2)

- **PSS/E 기본 화면**



PSS/E 기본 UI(2/2)

- **기본 정보**
  - 조류 계산에 필요한 주요 정보를 포함
  - 하단의 data tap 을 통해 각 요소에 대한 정보 확인 가능

Bus Number	Bus Name	Base kV	Area	Area Name	Zone	Zone Name	Owner	Owner Name	Code	Voltage (pu)	Angle (deg)	Normal Vmax (pu)	Normal Vmin (pu)	Emergency Vmax (pu)	Emergency Vmin (pu)
101	NUC-A	21.6	1	CENTRAL	1	NORTH_A	1	OWNER 1	2	1.0100	-11.11	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
102	NUC-B	21.6	1	CENTRAL	1	NORTH_A	1	OWNER 1	2	1.0100	-11.46	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
151	NUCPLNT	500.0	1	CENTRAL	1	NORTH_A	1	OWNER 1	1	1.0021	-14.25	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
152	MID500	500.0	1	CENTRAL	2	MID_A1_A	1	OWNER 1	1	1.0436	-24.07	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
153	MID230	230.0	1	CENTRAL	3	DISCNT_I	1	OWNER 1	1	1.0566	-25.81	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
154	DOWNTN	230.0	1	CENTRAL	3	DISCNT_I	1	OWNER 1	1	0.9917	-33.28	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
155	FACTS TE	230.0	1	CENTRAL	4	SOUTH_A	1	OWNER 1	1	1.0170	-24.43	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
201	HYDRO	500.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	0.9899	-19.43	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
202	EAST500	500.0	2	EAST	2	MID_A1_A	2	OWNER 2	1	1.0209	-26.35	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
203	EAST230	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	1.0000	-29.84	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
204	SUB500	500.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	1.0298	-31.70	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
205	SUB230	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	1.0000	-33.98	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
206	URBGEN	18.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	2	1.0000	-31.52	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
207	DUPONT	500.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	1.0136	-25.74	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
208	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	4	1.0000	-31.52	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
209	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	4	1.0000	-31.52	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
211	HYDRO_G	20.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	2	1.0000	-14.77	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
212	INVERT1	230.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	1.0269	-32.36	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
213	INVERT2	230.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	1.1068	-35.62	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
214	LOADER	230.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	1.0773	-37.05	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
215	URBANEAS	18.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	0.9854	-33.92	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
216	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	0.9964	-33.96	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
217	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	0.9973	-33.96	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
218	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	0.9977	-33.96	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
301	NORTH	765.0	3	CENTRAL	5	ALL_A3	3	OWNER 3	3	1.0000	0.00	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
401	COGEN-1	500.0	4	EAST_CO	9	ALL_A4_A	4	OWNER 4	3	1.0000	0.00	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
402	COGEN-2	500.0	6	EAST_CO	9	ALL_A4_A	4	OWNER 4	3	1.0000	0.00	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
3001	MINE	230.0	5	WEST	6	NORTH_A	5	OWNER 5	1	1.0230	-4.12	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
3002	E. MINE	500.0	5	WEST	6	NORTH_A	5	OWNER 5	1	0.9987	-2.39	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
3003	S. MINE	230.0	5	WEST	6	NORTH_A	5	OWNER 5	1	1.0182	-7.63	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
3004	WEST	500.0	5	WEST	6	NORTH_A	5	OWNER 5	1	1.0136	-18.69	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000

Bus | Plant | Machine | Load | Fixed Shunt | Switched Shunt | Induction Machine | Branch | Breaker | 2 Winding | 3 Winding | Impedance table | FACTS | 2-Term DC | VSC DC | N-Term DC

Bus data(1/4)

- **Bus tap : 각 모선(bus)에 대한 기본 정보 표시**
  - 주요 입력 정보 : 모선 번호, 이름, BasekV, Zone, Area, Owner, Code
  - 주요 확인 정보 : 전압, 위상각

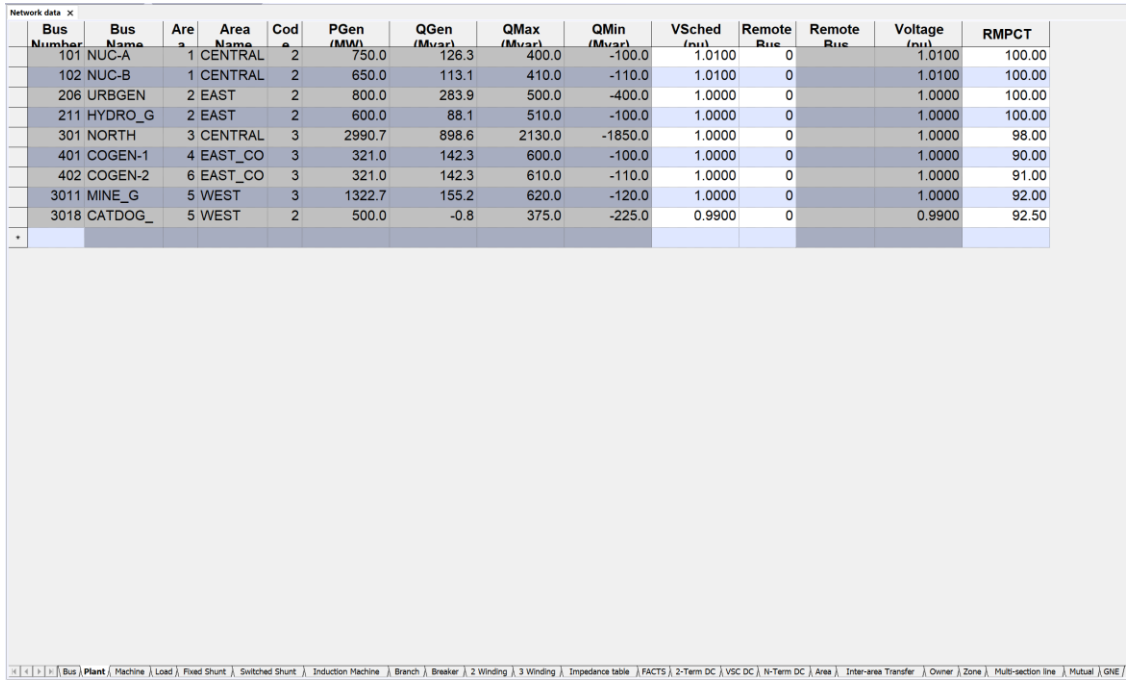
Bus Number	Bus Name	Base kV	Area	Area Name	Zone	Zone Name	Owner	Owner Name	Code	Voltage (pu)	Angle (deg)	Normal Vmax (pu)	Normal Vmin (pu)	Emergency Vmax (pu)	Emergency Vmin (pu)
101	NUC-A	21.6	1	CENTRAL	1	NORTH_A	1	OWNER 1	2	1.0100	-11.11	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
102	NUC-B	21.6	1	CENTRAL	1	NORTH_A	1	OWNER 1	2	1.0100	-11.46	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
151	NUCPLNT	500.0	1	CENTRAL	1	NORTH_A	1	OWNER 1	1	1.0021	-14.25	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
152	MID500	500.0	1	CENTRAL	2	MID_A1_A	1	OWNER 1	1	1.0436	-24.07	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
153	MID230	230.0	1	CENTRAL	3	DISCNT_I	1	OWNER 1	1	1.0566	-25.81	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
154	DOWNTN	230.0	1	CENTRAL	3	DISCNT_I	1	OWNER 1	1	0.9917	-33.28	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
155	FACTS TE	230.0	1	CENTRAL	4	SOUTH_A	1	OWNER 1	1	1.0170	-24.43	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
201	HYDRO	500.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	0.9899	-19.43	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
202	EAST500	500.0	2	EAST	2	MID_A1_A	2	OWNER 2	1	1.0209	-26.35	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
203	EAST230	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	1.0000	-29.84	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
204	SUB500	500.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	1.0298	-31.70	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
205	SUB230	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	1.0000	-33.98	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
206	URBGEN	18.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	2	1.0000	-31.52	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
207	DUPONT	500.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	1.0136	-25.74	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
208	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	4	1.0000	-31.52	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
209	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	4	1.0000	-31.52	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
211	HYDRO_G	20.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	2	1.0000	-14.77	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
212	INVERT1	230.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	1.0269	-32.36	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
213	INVERT2	230.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	1.1068	-35.62	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
214	LOADER	230.0	2	EAST	7	NORTH_A	2	OWNER 2	1	1.0773	-37.05	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
215	URBANEAS	18.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	0.9854	-33.92	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
216	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	0.9964	-33.96	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
217	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	0.9973	-33.96	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
218	URBANEAS	230.0	2	EAST	8	SOUTH_A	2	OWNER 2	1	0.9977	-33.96	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
301	NORTH	765.0	3	CENTRAL	5	ALL_A3	3	OWNER 3	3	1.0000	0.00	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
401	COGEN-1	500.0	4	EAST_CO	9	ALL_A4_A	4	OWNER 4	3	1.0000	0.00	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
402	COGEN-2	500.0	6	EAST_CO	9	ALL_A4_A	4	OWNER 4	3	1.0000	0.00	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
3001	MINE	230.0	5	WEST	6	NORTH_A	5	OWNER 5	1	1.0230	-4.12	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
3002	E. MINE	500.0	5	WEST	6	NORTH_A	5	OWNER 5	1	0.9987	-2.39	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
3003	S. MINE	230.0	5	WEST	6	NORTH_A	5	OWNER 5	1	1.0182	-7.63	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000
3004	WEST	500.0	5	WEST	6	NORTH_A	5	OWNER 5	1	1.0136	-18.69	1.1000	0.9000	1.1000	0.9000

Bus code

- **1 : slack 모선**
- **2 : PV 모선**
- **3: PQ 모선**
- **-2 : ??**
- **4 : ??**

Bus data(2/4)

- **Plant tap : 발전기 '모선(bus)'에 대한 기본 정보 표시**
  - PSS/E에서는 발전기 모선과 발전기를 따로 구분하여 관리
  - 1개의 발전기 모선에 다수의 발전기가 연계될 수도 있음



Network data

Bus Number	Bus Name	Area	Area Name	Code	PGen (MW)	QGen (Mvar)	QMax (Mvar)	QMin (Mvar)	VSched (pu)	Remote Bus	Remote Bus	Voltage (pu)	RMPCT
101	NUC-A	1	CENTRAL	2	750.0	126.3	400.0	-100.0	1.0100	0		1.0100	100.00
102	NUC-B	1	CENTRAL	2	650.0	113.1	410.0	-110.0	1.0100	0		1.0100	100.00
206	URBGEN	2	EAST	2	800.0	283.9	500.0	-400.0	1.0000	0		1.0000	100.00
211	HYDRO_G	2	EAST	2	600.0	88.1	510.0	-100.0	1.0000	0		1.0000	100.00
301	NORTH	3	CENTRAL	3	2990.7	898.6	2130.0	-1850.0	1.0000	0		1.0000	98.00
401	COGEN-1	4	EAST_CO	3	321.0	142.3	600.0	-100.0	1.0000	0		1.0000	90.00
402	COGEN-2	6	EAST_CO	3	321.0	142.3	610.0	-110.0	1.0000	0		1.0000	91.00
3011	MINE_G	5	WEST	3	1322.7	155.2	620.0	-120.0	1.0000	0		1.0000	92.00
3018	CATDOG_	5	WEST	2	500.0	-0.8	375.0	-225.0	0.9900	0		0.9900	92.50

Bus | Plant | Machine | Load | Fixed Shunt | Switched Shunt | Induction Machine | Branch | Breaker | 2 Winding | 3 Winding | Impedance table | FACTS | 2-Term DC | VSC DC | N-Term DC | Area | Inter-area Transfer | Owner | Zone | Multi-section line | Mutual | GNE

- 주요 확인 정보 : 발전기(Plant) 모선 번호
- 주요 입력 정보 : 각 발전기 모선의 전압 지령 값(Vshed)

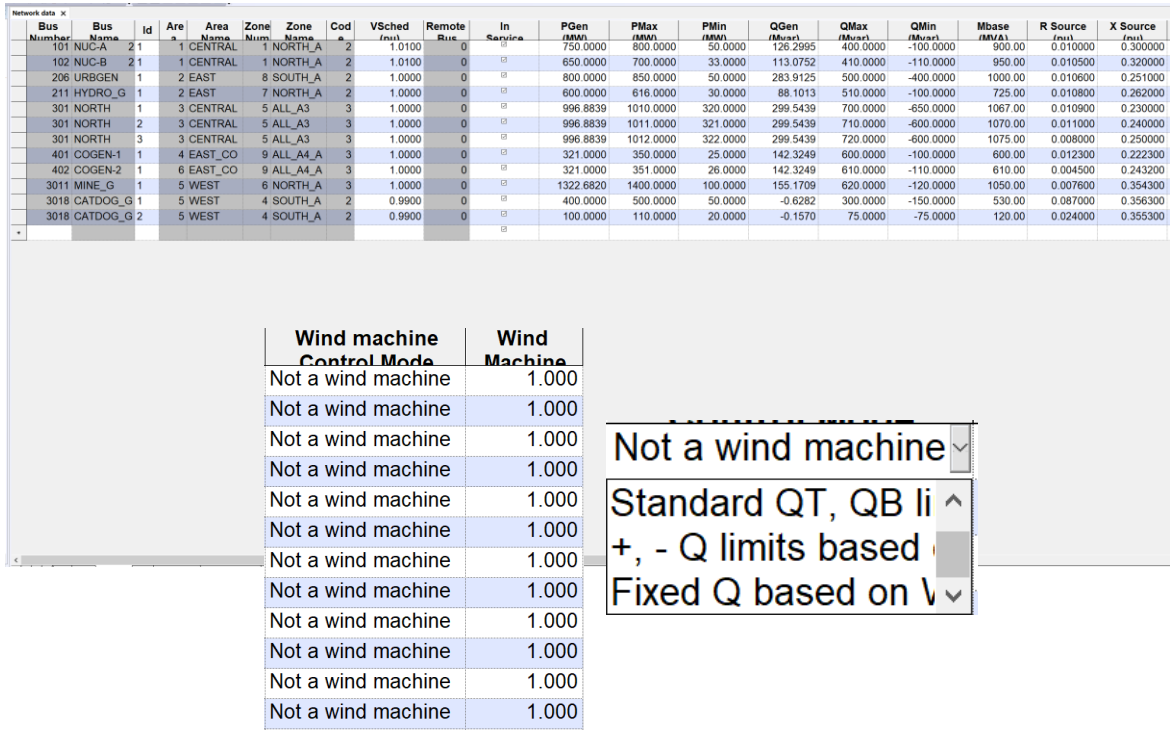
*발전기 연계 시 해당 모선을 plant 모선으로 선언 필수

* Plant 모선 선언 방법 : 'Bus tap'에서 code를 2번으로 지정

* RMPCT : 2개 이상의 plant가 동일한 bus의 전압을 조정할 시, Q 분배 비율

Bus data(3/4)

- **Machine tap : 발전기(Machine)에 대한 기본 정보 표시**
  - Plant 모선에만 연계 가능
  - 발전기에 대한 주요 파라미터 입력



Bus Number	Bus Name	Id	Area	Area Name	Zone Num	Zone Name	Code	VSched (pu)	Remote Bus	In Service	PGen (MW)	PMax (MW)	PMin (MW)	QGen (Mvar)	QMax (Mvar)	QMin (Mvar)	Mbase (MVA)	R Source (pu)	X Source (pu)
101	NUC-A	1	1	CENTRAL	1	NORTH_A	2	1.0100	0		750.0000	800.0000	50.0000	126.2995	400.0000	-100.0000	900.00	0.010000	0.300000
102	NUC-B	1	1	CENTRAL	1	NORTH_A	2	1.0100	0		650.0000	700.0000	33.0000	113.0752	410.0000	-110.0000	950.00	0.010500	0.320000
206	URBGEN	1	2	EAST	8	SOUTH_A	2	1.0000	0		800.0000	850.0000	50.0000	283.9125	500.0000	-400.0000	1000.00	0.010600	0.251000
211	HYDRO_G	1	2	EAST	7	NORTH_A	2	1.0000	0		600.0000	616.0000	30.0000	88.1013	510.0000	-100.0000	725.00	0.010800	0.262000
301	NORTH	1	3	CENTRAL	5	ALL_A3	3	1.0000	0		996.8839	1010.0000	320.0000	299.5439	700.0000	-650.0000	1067.00	0.010900	0.230000
301	NORTH	2	3	CENTRAL	5	ALL_A3	3	1.0000	0		996.8839	1011.0000	321.0000	299.5439	710.0000	-600.0000	1070.00	0.011000	0.240000
301	NORTH	3	3	CENTRAL	5	ALL_A3	3	1.0000	0		996.8839	1012.0000	322.0000	299.5439	720.0000	-600.0000	1075.00	0.008000	0.250000
401	COGEN-1	1	4	EAST_CO	9	ALL_A4_A	3	1.0000	0		321.0000	350.0000	25.0000	142.3249	600.0000	-100.0000	600.00	0.012300	0.222300
402	COGEN-2	1	6	EAST_CO	9	ALL_A4_A	3	1.0000	0		321.0000	351.0000	26.0000	142.3249	610.0000	-110.0000	610.00	0.004500	0.243200
3011	MINE_G	1	5	WEST	6	NORTH_A	3	1.0000	0		1322.6820	1400.0000	100.0000	155.1709	620.0000	-120.0000	1050.00	0.007600	0.354300
3018	CATDOG_G	1	5	WEST	4	SOUTH_A	2	0.9900	0		400.0000	500.0000	50.0000	-0.6282	300.0000	-150.0000	530.00	0.087000	0.356300
3018	CATDOG_G	2	5	WEST	4	SOUTH_A	2	0.9900	0		100.0000	110.0000	20.0000	-0.1570	75.0000	-75.0000	120.00	0.024000	0.355300

Wind machine Control Mode	Wind Machine
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000
Not a wind machine	1.000

- 주요 입력 정보

  : 각 발전기의 P_{min}, P_{max}, Q_{min}, Q_{max} 및 on/off 등 주요 정보

- 주요 확인 정보

  : 조류 계산 결과로 정해지는 발전기의 Q_{gen} 값

* 화면 우측 끝 이동 시, 발전기 Option 선택 가능

- ✓ Not a wind machine : 일반 발전기(주어진 Q min, Max 내에서 운전)
- ✓ Standard QT,QB limit : 신재생G(주어진 Q min, Max 내에서 운전)
- ✓ +- Q limits based on WPF : 신재생G(역률에 따라 Q 한계 자동 계산)
- ✓ Fixed Q based on WPF : 신재생G(역률에 따라 Q 출력 자동 계산)

Bus data(4/4)

- **Load tap : 부하에 대한 기본 정보 표시**
  - Slack, PV, PQ 모선 모두 연계 가능
  - *주의 사항 : 'PU' 값이 아니라 MW, Mvar 값으로 입력(S_{base}와 관계 없음)

Network data

	Bus Numbe	Bus Name	Id	Cod e	Are a	Area Name	Zon e	Zone Name	Ow ner	Owner Name	In Servi	Scala ble	Interrupti ble	Pload (MW)	Qload (Mvar)
	152	MID500 5	1	1	1	CENTRA	1	NORTH_	1	OWNER 1	☑	☑ Yes	☐ Yes	1200.0000	360.0000
	153	MID230 2	1	1	1	CENTRA	1	NORTH_	1	OWNER 1	☑	☑ Yes	☐ Yes	200.0000	100.0000
	154	DOWNTN	1	1	1	CENTRA	1	NORTH_	1	OWNER 1	☑	☑ Yes	☐ Yes	400.0000	200.0000
	154	DOWNTN	2	1	1	CENTRA	1	NORTH_	1	OWNER 1	☑	☑ Yes	☐ Yes	250.0000	200.0000
	154	DOWNTN	3	1	1	CENTRA	1	NORTH_	1	OWNER 1	☑	☑ Yes	☐ Yes	250.0000	100.0000
	154	DOWNTN	MO	1	1	CENTRA	1	NORTH_	1	OWNER 1	☑	☑ Yes	☐ Yes	100.0000	80.0000
	201	HYDRO 5	SC	1	2	EAST	7	NORTH_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	0.0000	0.0000
	203	EAST230	1	1	2	EAST	2	MID_A1_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	500.0000	250.0000
	205	SUB230 2	1	1	2	EAST	2	MID_A1_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	1800.0000	600.0000
	205	SUB230 2	B	1	2	EAST	2	MID_A1_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	90.0000	5.0000
	205	SUB230 2	C	1	2	EAST	2	MID_A1_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	60.0000	15.0000
	214	LOADER	1	1	2	EAST	2	MID_A1_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	500.0000	75.0000
	215	URBANEAS	U1	1	2	EAST	4	SOUTH_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	0.0000	140.0000
	216	URBANEAS	U1	1	2	EAST	4	SOUTH_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	0.0000	12.0000
	217	URBANEAS	U1	1	2	EAST	4	SOUTH_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	0.0000	10.0000
	218	URBANEAS	U1	1	2	EAST	4	SOUTH_	2	OWNER 2	☑	☑ Yes	☐ Yes	0.0000	9.0000
	3005	WEST 2	1	1	5	WEST	5	ALL_A3	5	OWNER 5	☑	☑ Yes	☐ Yes	100.0000	50.0000
	3007	RURAL 2	1	1	5	WEST	5	ALL_A3	5	OWNER 5	☑	☑ Yes	☐ Yes	200.0000	75.0000
	3008	CATDOG	1	1	5	WEST	5	ALL_A3	5	OWNER 5	☑	☑ Yes	☐ Yes	200.0000	75.0000
	3009	URBNWEST	1	1	5	WEST	4	SOUTH_	5	OWNER 5	☑	☑ Yes	☐ Yes	1.1000	0.9000
	3010	INDMOTOR1	1	1	5	WEST	4	SOUTH_	5	OWNER 5	☑	☑ Yes	☐ Yes	12.0000	5.0000
*											☑	☑ Yes	☐ Yes		

Chapter 2

선로 및 transformer data 소개

Line & Trans data

- **Line tap : 선로에 대한 기본 정보 표시**
  - 새로운 선로를 추가하려면, 먼저 Bus tap에서 Bus를 선언 필요
  - 다중 회선의 경우 'Id' 탭에 회선 ID 입력

Network data

From Bus	From Bus Name	To Bus Number	To Bus Name	Id	Line R (pu)	Line X (pu)	Charging B (pu)	In Servic	Meter ed	Rate A	Rate B	Rate C	Line G From (pu)	Line B From (pu)	Line G To (pu)	Line B To (pu)	Length
151	NUCPLNT	152	MID500	1	0.002600	0.046000	3.500000	☑	From	1200.0	1100.0	1000.0	0.01000	-0.25000	0.01100	-0.15000	150.000
151	NUCPLNT	152	MID500	2	0.002610	0.046100	3.510000	☑	From	1205.0	1105.0	1005.0	0.01300	-0.25100	0.01200	-0.02000	149.000
151	NUCPLNT	201	HYDRO	1	0.001000	0.015000	1.200000	☑	From	1206.0	1106.0	1006.0	0.00000	0.00000	0.00000	-1.00000	100.000
152	MID500	202	EAST500	1	0.000800	0.010000	0.950000	☑	From	1207.0	1107.0	1007.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	200.000
152	MID500	3004	WEST	1	0.003000	0.030000	2.500000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	201.000
153	MID230	154	DOWNTN	2	0.006000	0.054000	0.150000	☑	From	350.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	80.000
153	MID230	3006	UPTOWN	1	0.000000	0.000100	0.000000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000
154	DOWNTN	155	FACTS TE	1	0.005000	0.045000	0.100000	☑	From	400.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	81.000
154	DOWNTN	203	EAST230	1	0.004000	0.040000	0.100000	☑	From	400.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	100.000
154	DOWNTN	205	SUB230	1	0.000330	0.003330	0.090000	☑	From	600.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	120.000
154	DOWNTN	3008	CATDOG	1	0.002700	0.022000	0.300000	☑	From	800.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	119.000
201	HYDRO	202	EAST500	1	0.002000	0.025000	2.000000	☑	From	1200.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	300.000
201	HYDRO	207	DUPONT	C1	0.001500	0.015000	1.250000	☑	From	1200.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	250.000
203	EAST230	205	SUB230	1	0.005000	0.045000	0.080000	☑	From	200.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	70.000
204	SUB500	207	DUPONT	C2	0.001500	0.015000	1.250000	☑	From	1200.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	300.000
205	SUB230	212	INVERT1	1	0.000000	0.010000	0.000000	☑	From	1250.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	71.000
205	SUB230	214	LOADER	2	0.002000	0.025000	2.000000	☑	From	1200.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	100.000
205	SUB230	216	URBANEAS	3	0.005000	0.045000	0.080000	☑	From	200.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	81.000
205	SUB230	217	URBANEAS	4	0.005000	0.045000	0.080000	☑	From	200.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	80.000
205	SUB230	218	URBANEAS	5	0.005000	0.045000	0.080000	☑	From	200.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	59.000
213	INVERT2	214	LOADER	1	0.000000	0.010000	0.000000	☑	From	1250.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.500
3001	MINE 2	3003	S. MINE	1	0.000000	0.008000	0.000000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	70.000
3002	E. MINE	3004	WEST	1	0.006000	0.054000	0.090000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	200.000
3003	S. MINE	3005	WEST	1	0.006000	0.054000	0.090000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	90.000
3003	S. MINE	3005	WEST	2	0.006000	0.054000	0.090000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	90.000
3005	WEST	3006	UPTOWN	1	0.003500	0.030000	0.070000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	70.000
3005	WEST	3007	RURAL	1	0.003000	0.025000	0.060000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	80.000
3005	WEST	3008	CATDOG	1	0.006000	0.050000	0.120000	☐	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	60.000
3007	RURAL	3008	CATDOG	1	0.003000	0.025000	0.060000	☑	From	0.0	0.0	0.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	60.000
3008	CATDOG	3009	URBNWEST	1	0.003000	0.025000	0.060000	☑	From	25.0	22.0	18.0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	60.000
								☑	From								

Bus | Plant | Machine | Load | Fixed Shunt | Switched Shunt | Induction Machine | Branch | Breaker | 2 Winding | 3 Winding | Impedance table | FACTS | 2-Term DC | VSC DC | N-Term DC | Area | Inter-area Transfer | Owner | Zone | Multi-section line | Mutual | GNE

R,X,B 값은 전체 길이를 반영하여 PU로 산출하여 입력
(상세 내용 : 다음슬라이드)

Line & Trans data

▪ 선로 R,X,B의 pu 계산 법

1) 전체 길이에 대한 R,L,C 값을 계산

2) 주파수를 고려한 '임피던스(R,X,B)' 계산

$$R_{real} = R_{total}$$
$$X_{real} = 2\pi f L_{total}$$
$$B_{real} = {}^{1}/_{Y_c} = 2\pi f C_{total}$$

3) 시스템 기준 용량과S_{base}와 기준 전압(V_{base})를 고려하여 Z_{base} 계산

$$Z_{base} = \frac{V_{base}^2}{S_{base}}$$

4) 각각 값을 Z_{base} 값으로 나누어 R,X,B pu 계산*

$$R_{pu} = R_{real}/Z_{base}$$
$$X_{pu} = X_{real}/Z_{base}$$
$$B_{pu} = \left({}^{1}/_{\frac{Y_c}{Z_{base}}}\right) = B_{real} \cdot Z_{base}$$

*B값만 Zbase를 곱하여 산출

Line & Trans data

- **Transformer – 2 winding tap**
  - 변압기에 대한 기본 정보 입력
  - But, 해당 화면 보다는 주로 Gout 화면에서 수정(상세 내용 : 다음 슬라이드)

Network data

From Bus	From Bus Name	To Bus Numbe	To Bus Name	Id	Name	In Servi	Meter ed	Windin g 1	Controll ed	Controll ed	Tap Position	Control Mode	Auto Adjust	Winding I/O Code	Impedance I/O Code	Admittance I/O Code	Specified R	Specified X
101	NUC-A	151	NUCPLNT	T1	NUCA GSU	☑	☑Fro m	☑From	101	☑Tappe d	25	Voltage	☑Yes	Winding voltage (kV)	Zpu (winding base)	Y pu (system base)	0.001100	0.091000
102	NUC-B	151	NUCPLNT	T2	NUCB GSU	☑	☑Fro m	☑From	102	☑Tappe d	27	Voltage	☑Yes	Winding voltage (kV)	Zpu (system base)	No load loss	0.000120	0.007600
152	MID500	153	MID230	T3	MID LTC	☑	☑Fro m	☑From	154	☐Tappe d	10	Voltage	☑Yes	Winding voltage (kV)	Zpu (system base)	Y pu (system base)	0.000170	0.007750
152	MID500	3021	WDUM	T4	WDUM DC	☑	☑Fro m	☑From	0	☐Tappe d	33	DC line	☑Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (winding base)	No load loss	0.001300	0.063000
152	MID500	3022	EDUM	T5	EDUM DC	☑	☑Fro m	☑From	0	☐Tappe d	33	DC line	☑Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (winding base)	Y pu (system base)	0.001700	0.074000
154	DOWNTN	9154	INDGEN1	W1	WTG1XME R	☑	☑Fro m	☑From	0	☐Tappe d	33	None	☐Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (system base)	Y pu (system base)	0.000000	0.583330
201	HYDRO	211	HYDRO_G	T6	HYDRO_G XMFR	☑	☑Fro m	☑From	0	☐Tappe d	5	None	☐Yes	Winding voltage (kV)	Zpu (system base)	No load loss	0.000260	0.013430
202	EAST500	203	EAST230	T7	EAST PS	☑	☑Fro m	☐From	0	☐Tappe d	33	MW Symmetrical P	☑Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (winding base)	Y pu (system base)	0.002100	0.054000
204	SUB500	205	SUB230	T8	SUB LTC	☑	☑Fro m	☑From	205	☐Tappe d	16	Voltage	☑Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (winding base)	Y pu (system base)	0.003700	0.045000
204	SUB500	9204	INDMOTOR	W2	WTG2XME R	☑	☑Fro m	☑From	0	☐Tappe d	33	None	☐Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (system base)	Y pu (system base)	0.088000	0.661710
205	SUB230	206	URBGEN	T9	URB TX	☑	☑Fro m	☑From	0	☐Tappe d	12	MVAR	☑Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (winding base)	Y pu (system base)	0.001600	0.048000
3002	E. MINE	93002	INDGEN2	W3	WTG3XME R	☑	☑Fro m	☑From	0	☐Tappe d	33	None	☐Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (system base)	Y pu (system base)	0.000000	2.027030
3004	WEST	3005	WEST	10	WEST TX	☑	☑Fro m	☐From	0	☐Tappe d	3	None	☐Yes	Turns ratio (pu on bus base kV)	Zpu (system base)	No load loss	0.000350	0.009640
3008	CATDOG	3018	CATDOG_	11	CATDOG_ XMFR	☑	☑Fro m	☑From	0	☐Tappe d	22	None	☐Yes	Winding voltage (kV)	Zpu (system base)	No load loss	0.000440	0.012760
*						☑	☑Fro m	☑From		☐Tappe d			☐Yes					

Line & Trans data

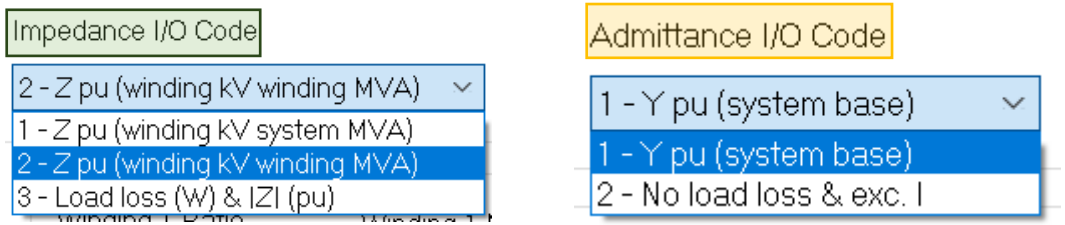
▪ 2 winding tap(상세 정보)

ㄱ. Line data → 변압기 기본적인 정보 입력

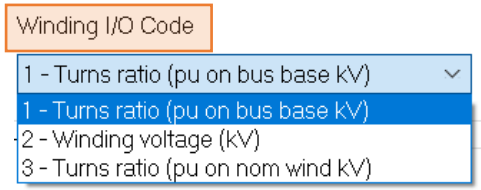
- ✓ In service : 해당 변압기의 on/off 선택
- ✓ Metered on From end : 조류, 손실 등의 data를 from 측에서 계측
- ✓ Winding 1 on From end : From end 측을 winding 1(Tap ratio 적용 지점)으로 지정
  : 일반적으로 부하 측을 winding 1으로 지정

ㄴ. I/O data → 'ㄷ', 'ㄹ', 'ㅁ'에 대한 I/O option 선택

- ✓ Impedance, Admittance I/O code : 변압기 Impedance data('ㄷ')에 대한 옵션



- ✓ Winding I/O code : 변압기 Winding data('ㄹ')에 대한 옵션

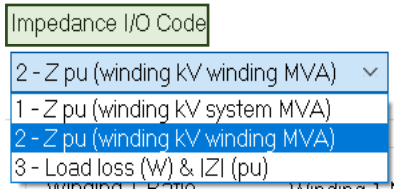


Line & Trans data

▪ 2 winding tap(상세 정보)

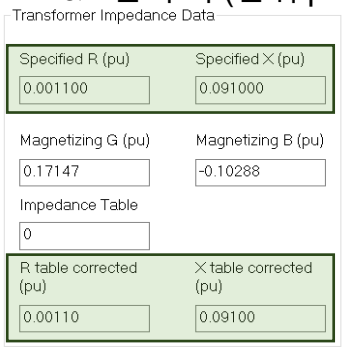
ㄷ. Transformer Impedance data

- Specified R/X : 변압기 임피던스 값 입력
- R/X Table Corrected : Tap ratio에 따른 보정 값

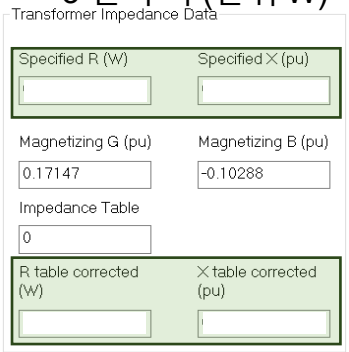


1: 'system MVA'
2: 'winding MVA'
3: Load loss

✓ 1&2 선택 시 (단위 pu)

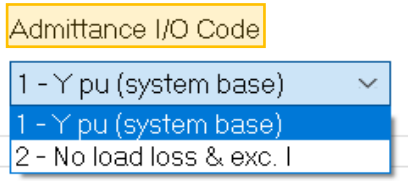


✓ 3 선택 시 (단위 W)



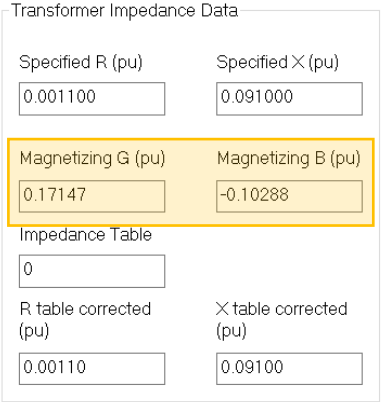
'table corrected' : 현재 DB 조건에 따라 X,R 값등을 보정한 값
'Load loss' option 선택 시, 손실 전력(W) 입력 → R 값으로 자동 보정

- Magnetizing G/B : 변압기 자화 전류 관련 어드미턴스
  : 변압기 무부하 운전 특성 반영

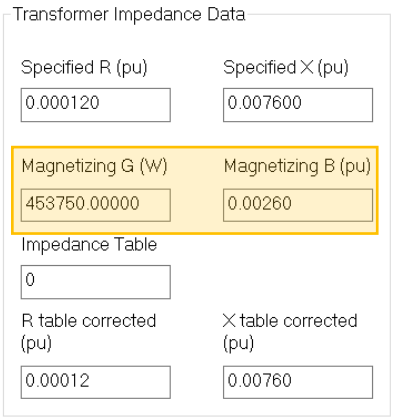


1: Y pu
2: No load loss

✓ 1 선택 시 (단위 pu)



✓ 2 선택 시 (단위 W)

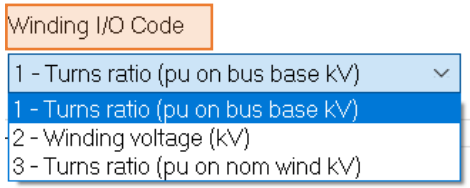


Line & Trans data

▪ 2 winding tap(상세 정보)

ㄹ. Transformer Nominal Ratings data

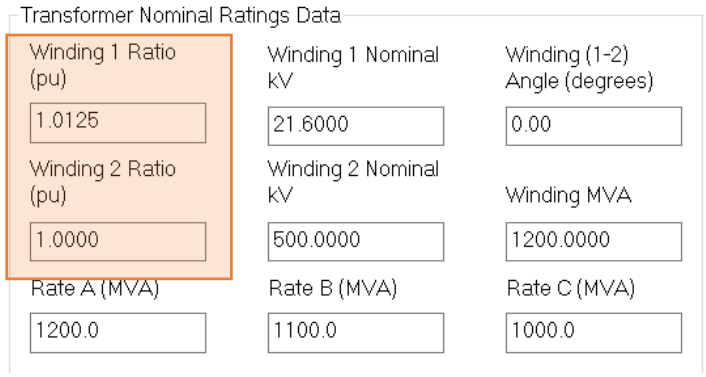
→ 변압기 Tap ratio에 관련된 정보 표기, Winding I/O code에 따라 3가지 option



1.&3. Turns ratio(pu on bus base/ nom wind)

✓ 1차 측 Tap ratio를 입력

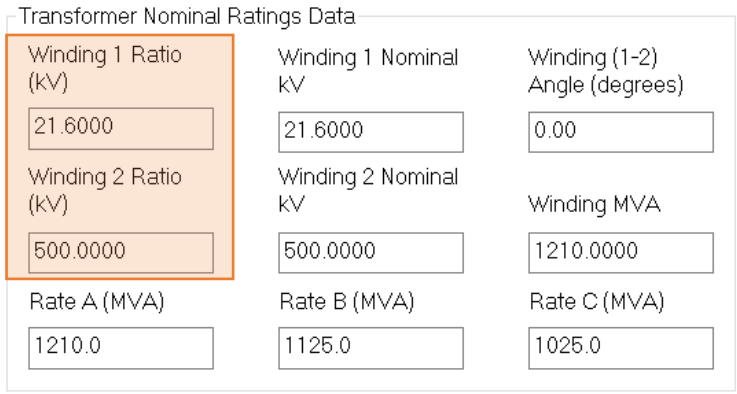
✓ 해당 값은 Tap position과 Voltage range에 따라 discrete하게 결정 (근처 값으로 자동 계산)



2. Winding Voltage(kV)

✓ 1차 측 전압을 kV로 입력

✓ 해당 값은 Tap position과 Voltage range에 따라 discrete하게 결정 (근처 값으로 자동 계산)

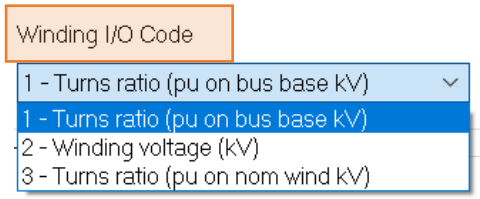


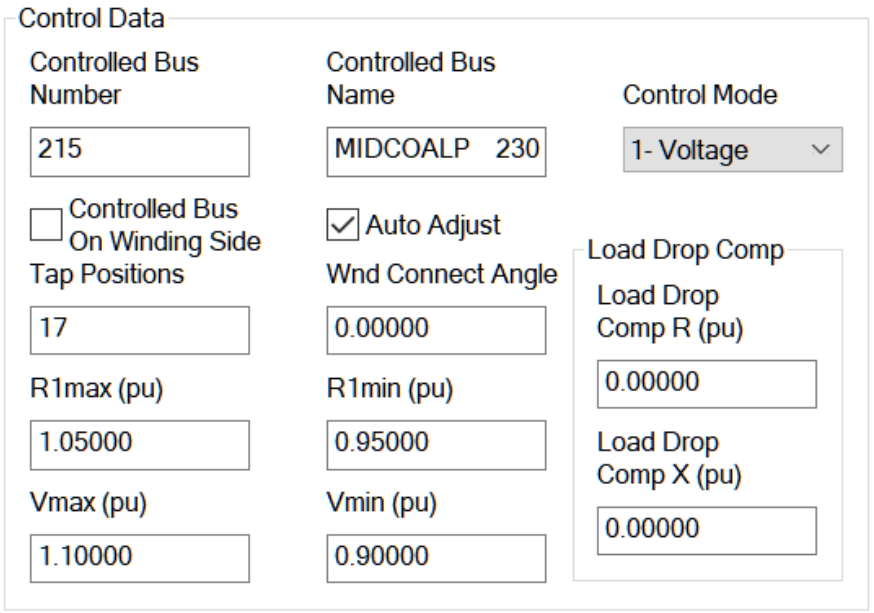
Line & Trans data

▪ 2 winding tap(상세 정보)

ㅁ. Control data

→ 변압기 Tap ratio 조정에 관한 option 표기





- ✓ Controlled Bus number : 전압 조정 목표 모선
- ✓ Auto Adjust : 조류 계산 시 자동 조정 가능 여부
- ✓ Tap position : Tap의 총 개수
- ✓ R1 max, min : Tap ratio의 최대/최소값
- ✓ Vmax,Vmin : Control 버스 전압의 최대/최소 값

(해당 값을 초과할 시 Tap 조정)

Chapter 3

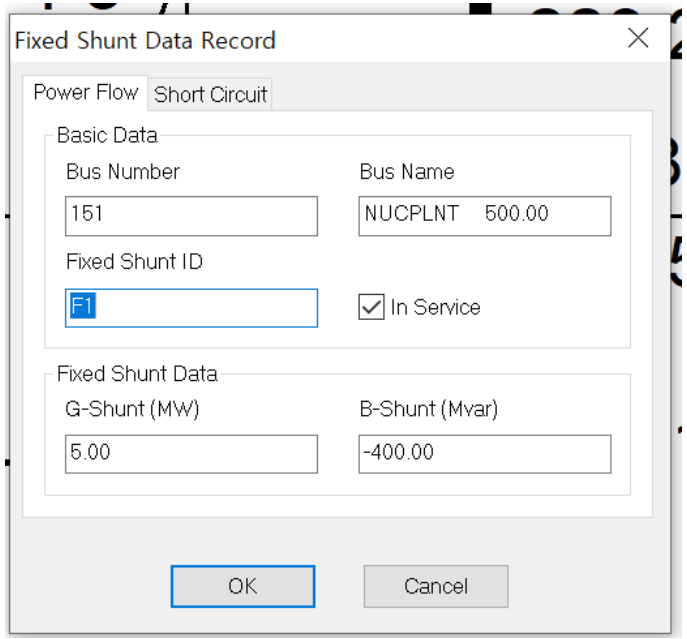
Shunt 및 Facts data 소개

Shunt & Facts data

▪ Fixed shunt

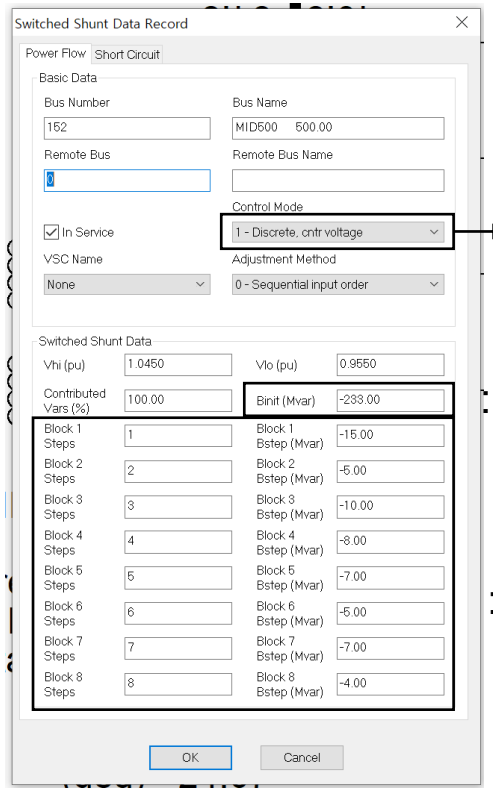
- 특정 모선에 병렬 형태로 연계되는 보강설비
- '어드미턴스'값을 입력, 실제 Q는 전압² 반영

$$Q = BxV^2$$



▪ Switched shunt

- 여러 개의 bank로 구성된 Shunt
- Control mode에 따라 운영 방식 조정 가능



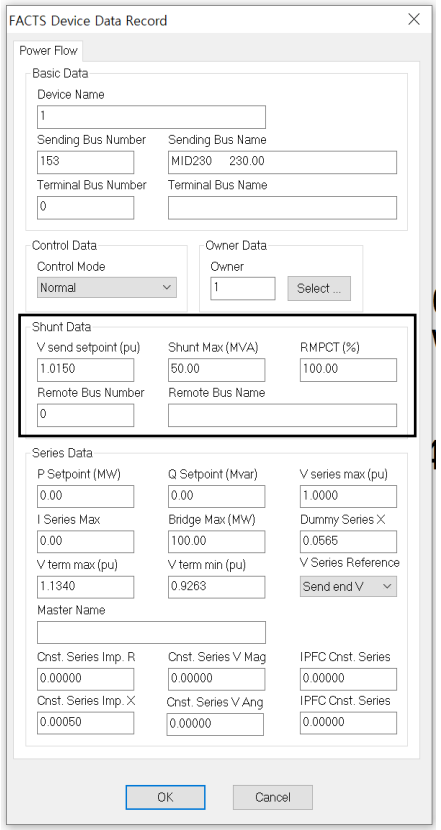
→ Lock, Continuous, Discrete 등 선택 가능

: 현재 투입 Bank 총합

: 각 Bank의 개수와 용량 설정 가능

Shunt & Facts data

- **FACTs**
  - FACTs의 경우 Sh.C와 다르게 특정 전압을 목표로 하여 continuous하게 동작
  - 전압 목표 값을 입력해주어야 함(FACTs 연계 모선은 PV 모선으로 분류)



: FACTs의 목표 전압(V send set point) 및 용량(Shunt Max) 설정

* FACTs의 Q 출력은 전압에 비례

Q_{max} = Shunt Max * V

KENTECH – AGM Center

THANK YOU