

Advanced Grid Modeling Center Tutorial

Grid Stability 101

KPG-193 기반 융통조류 여유해석 (FV) 및 PSSE 실습

Jaeyeop Jung

Senior Researcher | Leading Research Promotion Center
Seoul National University (SNU)

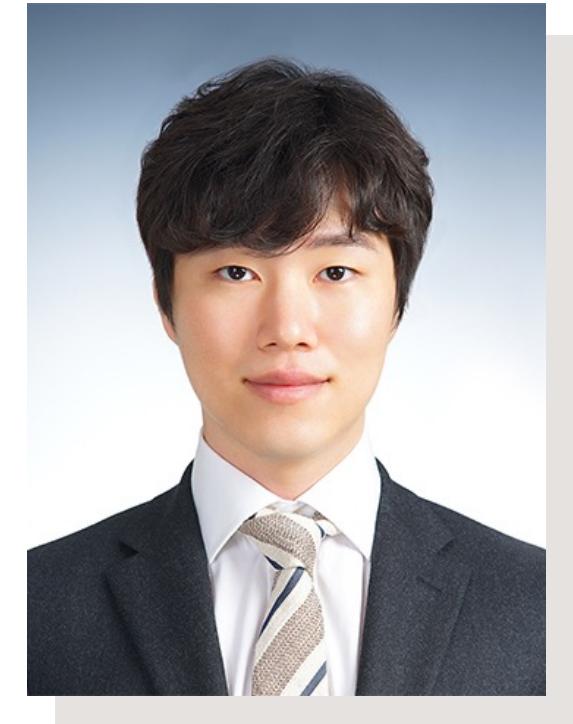


Part 0.

강의 개요

주요 이력 사항

- 학력 사항
`23년 2월 고려대학교 박사
`16년 2월 고려대학교 학사
- 경력 사항
(`25.11~현재) 서울대학교 선도연구진흥센터 전력시스템연구실 선임연구원
(`23.03~`25.10) 한국에너지공과대학교 (KENTECH) 연구교수



연구 분야

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

최종 목표

: 융통조류 여유해석(FV)에 대한 이해 및 PSS/E 실습

Part 1. 융통조류 여유해석(FV) 방안 소개

- 융통조류 여유해석 (FV) 이론 소개
- 국내 계통의 융통조류 여유해석 (FV) 적용

Part 2. 융통조류 여유해석(FV)의 PSS/E 검토 및 실습

- PSS/E를 활용한 융통조류 여유해석 (FV) 방안 소개
- PSS/E 예시 계통 (savnw.sav)을 통한 실습

Part 1.

융통조류 여유해석 (FV) 방안 소개

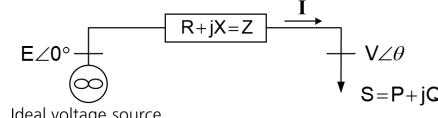
전압 안정도*

- 계통의 외란이 발생하였을 때에도, 범위 내의 전압을 유지하는 능력 → “상정고장”
- 연계되어 부하에 전력 수요를 적절히 공급할 수 있는 역량에 의해 결정 → “Maximum power”

전압 안정도 해석 기본 이론: PV analysis

- “전기”의 특성 상, 송전되는 전력량은 양단의 전압, 선로의 임피던스 등에 의해 결정
- 특정 모선의 최대 공급 가능 부하용량을 검토하는 모의

• Single-Load Infinite-bus System



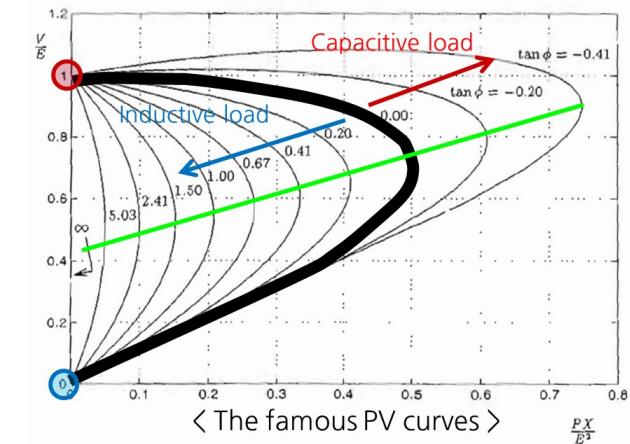
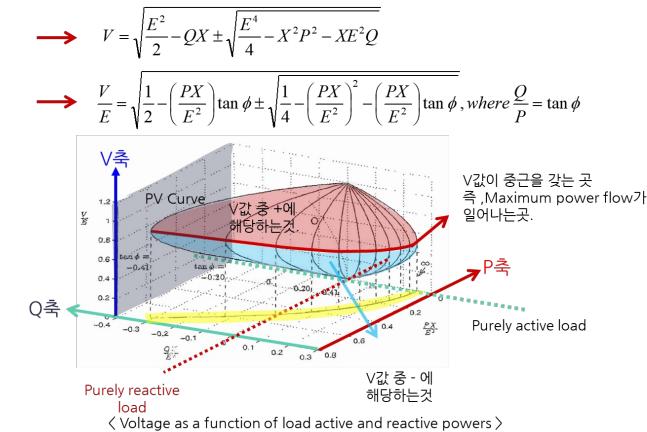
- R = 0, $\bar{E} = E\angle 0^\circ$, $\bar{V} = V\angle \theta = \bar{E} - jX\bar{I}$ 으로 가정

S absorbed by the load

$$= \bar{V}\bar{I}^*$$

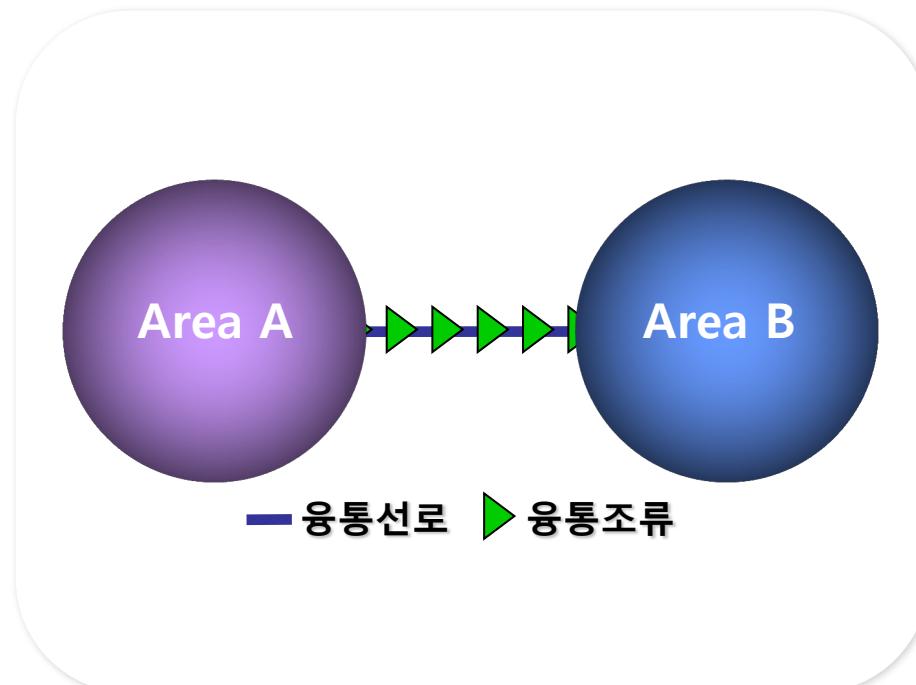
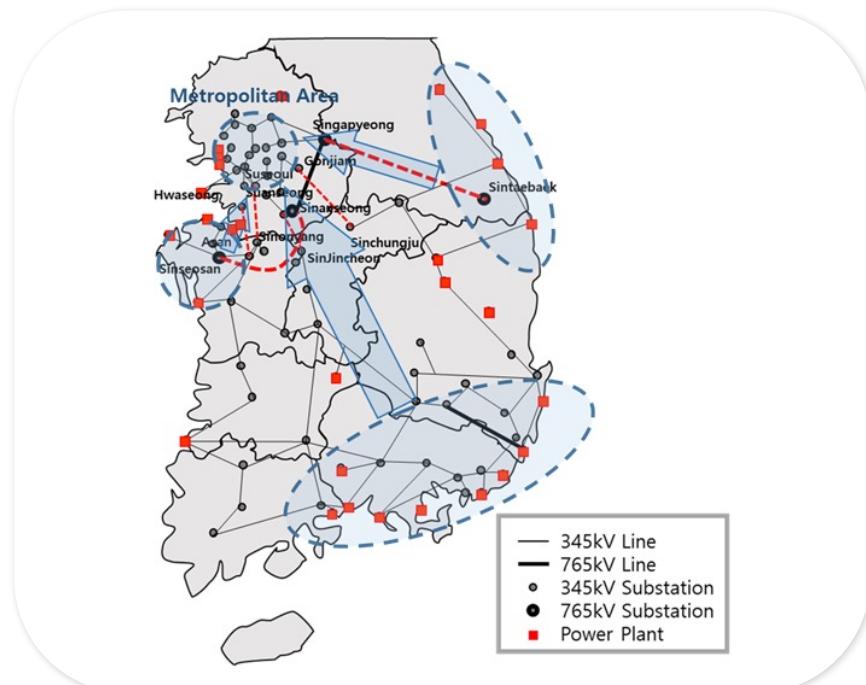
$$= \underbrace{\frac{EV}{X} \sin \theta}_{P} + j \underbrace{\left(\frac{V^2}{X} + \frac{EV}{X} \cos \theta \right)}_{Q}$$

$$\rightarrow (V^2)^2 + (2XQ - E^2)V^2 + X^2(P^2 + Q^2) = 0$$



융통조류 여유해석 (FV) 이론

- 한전 계통과 같이 발전 지역과 부하 지역이 뚜렷하게 구분되는 계통에 적용
- 부하 지역을 ‘하나의 부하’로 가정하여 총 공급할 수 있는 전력량을 산출
- 발전 지역과 부하 지역의 발전량을 조정하며 유통조류의 합(flow)과 전압 간의 관계를 검토



융통조류 여유해석 (FV) 검토 절차*

- 부하 지역과 발전 지역 및 융통선로 설정
- 융통 선로 中 1개 선로에 대한 상정고장 반영
- 발전 지역과 부하 지역의 발전력을 조정하여 최대 한계 산출
- 고장 전 FV curve 위로 운전점 매칭 후 2~4번 반복

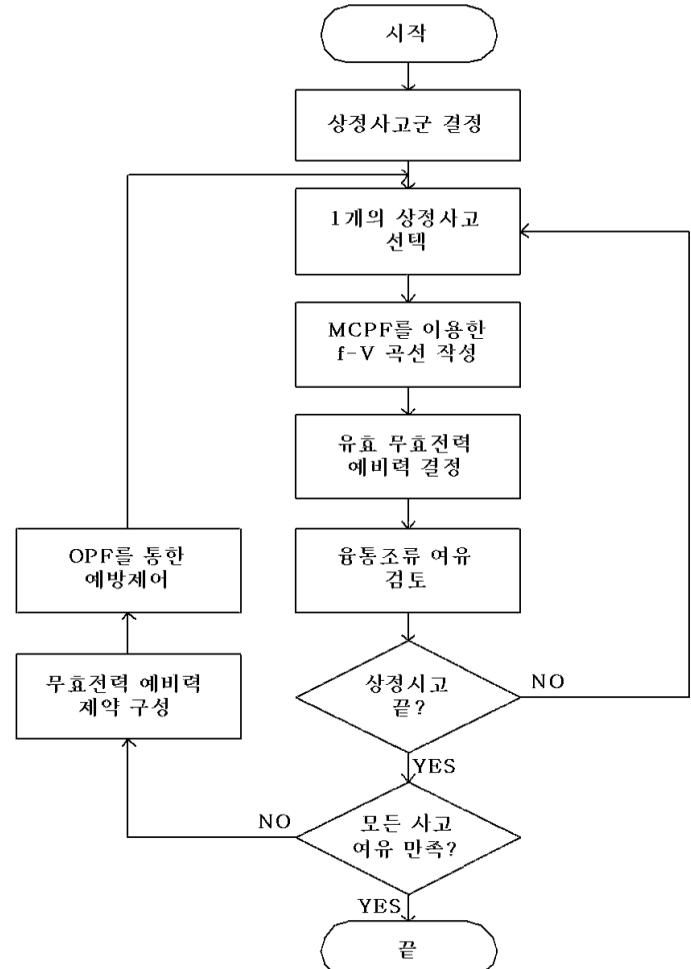
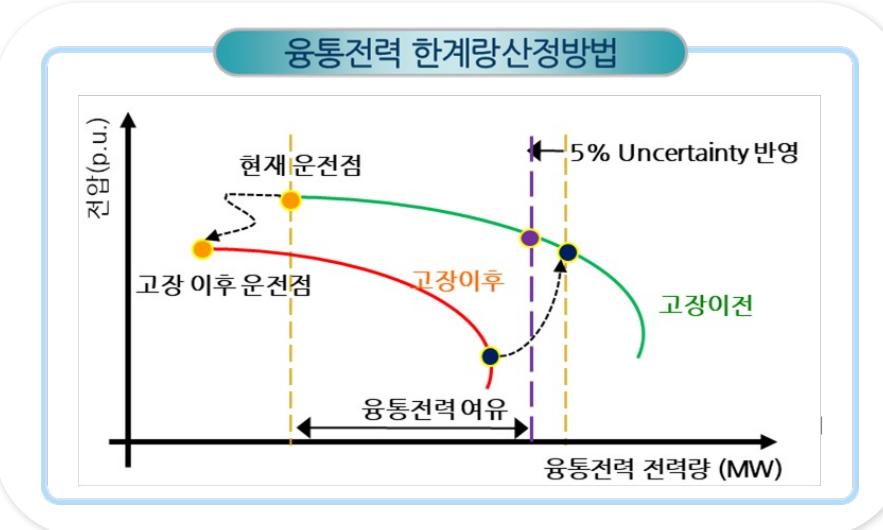
발전력 증가지역 A

$$P_{GAi} = P_{GAi0} + \lambda k_{GAi} P_{GA0,total}$$

발전력 감소지역 B

$$P_{GBi} = P_{GBi0} - k_{GBi} \Delta P_{GA,total}$$

$$\Delta P_{GA,total} = \sum \lambda k_{GAi} P_{GA0,total}$$



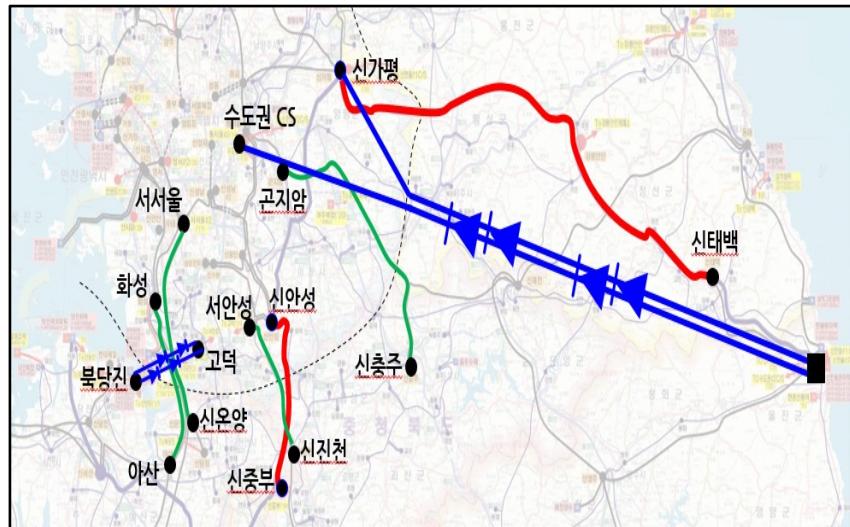
* 국내 특허 [무효전력 예비력 상정사고 제약 최적 조류 계산 방법] 고려대학교 산학협력단, 이병준, 송화창, 2007년 4월 4일 (공개번호 10-2007-0037224)

국내 계통의 발전원 구성

- 수도권: 입지와 환경문제로 주로 LNG와 복합화력 위주 구성
- 비수도권: 상대적으로 발전 단가가 저렴한 원자력 + 신재생 위주 구성

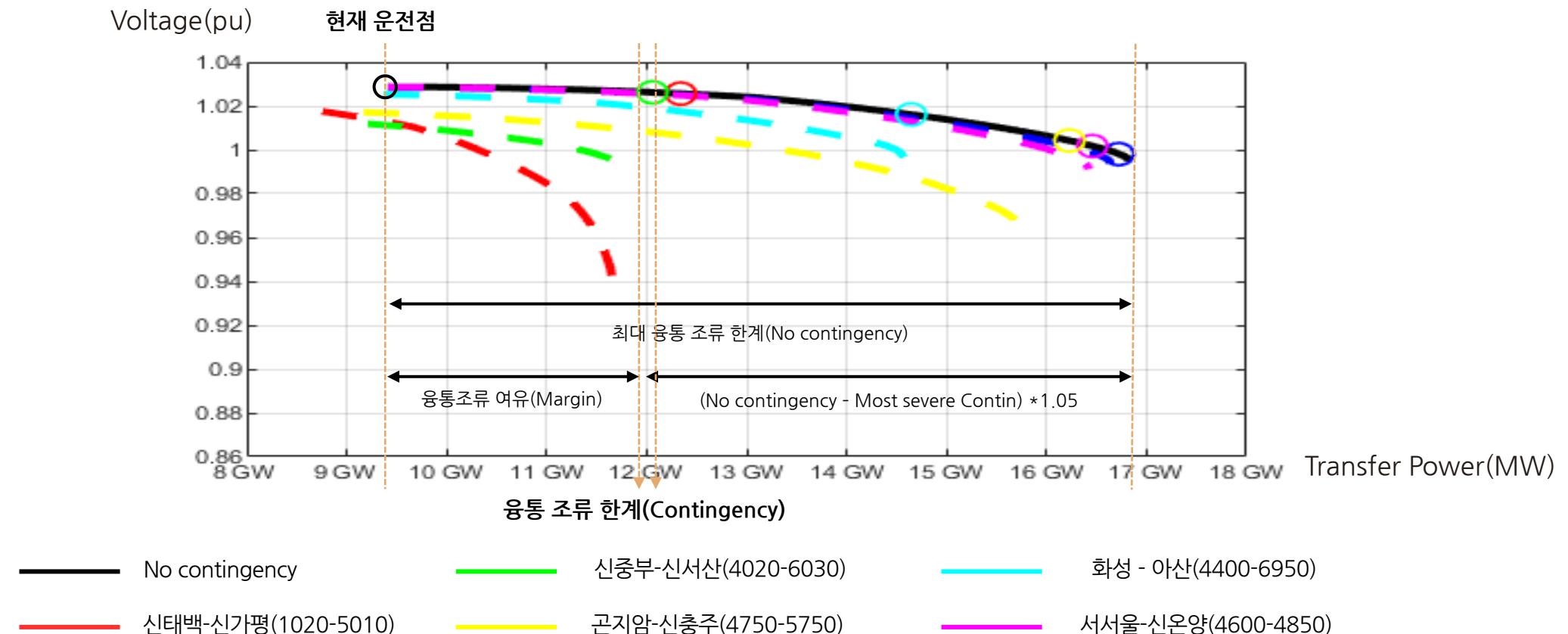
운전 현안

- 수도권 - 비수도권 사이의 융통선로에 의해 전력 공급 → 융통조류 여유에 따라 선로 제약 발생



전압	수도권 융통선로	정격(MVA)	비고
765kV	신중부 ~ 신안성	7,290 x 2	
	신태백(강릉안인) ~ 신가평	7,290 x 2	'26년 10월 강릉안인S/S 준공예정
345kV	아산 ~ 화성	2,173 x 2	
	신온양 ~ 서서울	2,173 x 2	
	신진천 ~ 서안성	1,086 x 2	
	신충주 ~ 곤지암	2,173 x 2	
500kV	북당진 ~ 고덕 HVDC	1,500 x 2	
	신한울 ~ 신가평 HVDC	2,000 x 2	'25년 준공예정
	신한울 ~ 수도권 HVDC	2,000 x 2	'26년 준공예정

검토 결과 예시



Part 2.

융통조류 여유해석 (FV)의 PSS/E 검토 및 실습

“PV analysis tool”을 활용하거나 발전력 조정을 통한 직접 수행이 가능함

- PV analysis tool 활용 방안

발전력 조정 대상 및 시나리오 등에 따라 .mon, .con 등의 파일 작성 → .dfax 파일로 구성하여 모의

“선형화”를 하여 해석하는 방안으로 계산이 간편하나 결과의 오차 多

- 발전력 조정을 통한 직접 수행 방안

부하지역과 발전지역의 발전량을 직접 조정하며 모의 수행

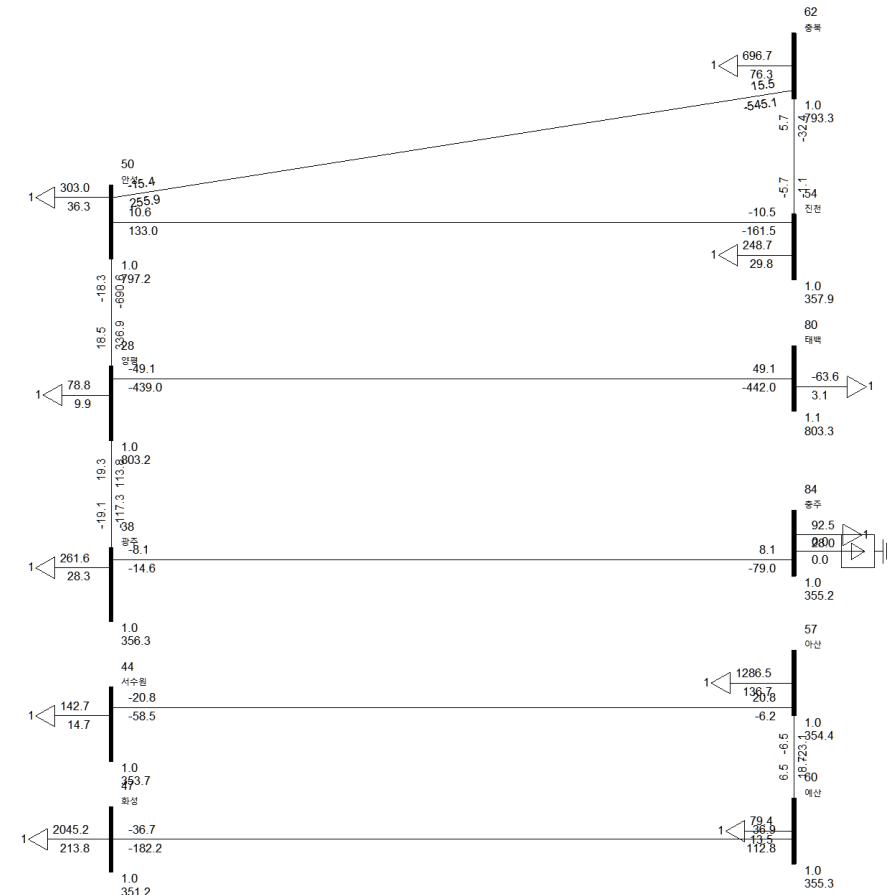
검토 방안이 번거로우나, 직접 조류계산을 수행하는 것으로 결과가 정확

(Step 1) 대표 모선, 융통선로 정의 및 융통조류 합계 산출

- 수도권 지역 내 임의의 모선을 대표 모선으로 선정, 해당 모선의 전압을 표기
- 주어진 DB에 따라 융통 선로를 선정한 후, 해당 선로들의 조류의 합을 산출

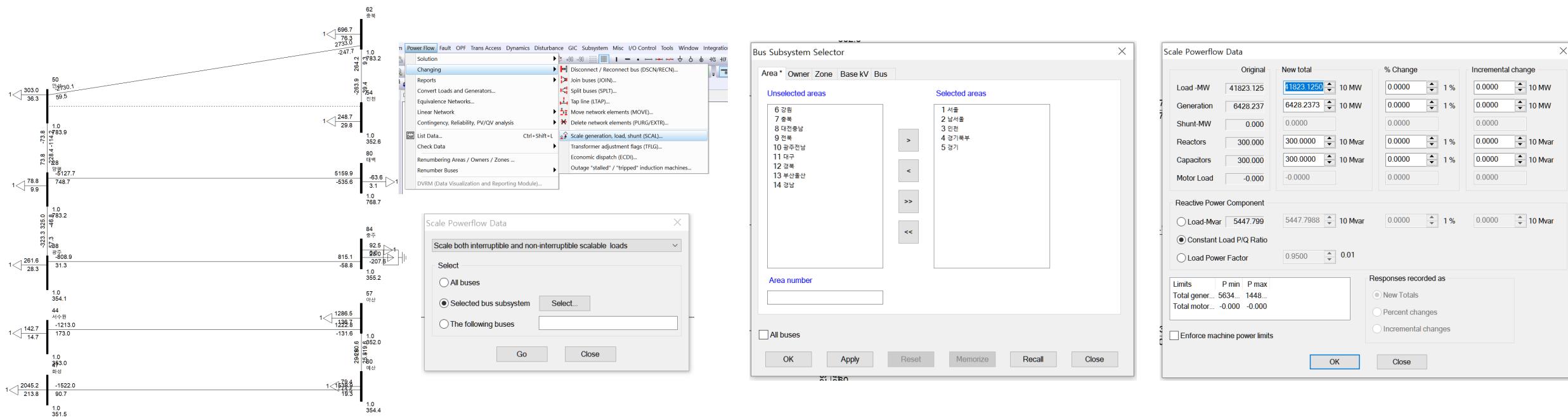
	TO bus		From bus	
	bus #	버스명	bus #	버스명
1	28	양평	80	태백
2	38	광주	84	충주
3	44	서수원	57	아산
4	47	화성	60	예산
5	50	안성	54	진천
6	50	안성	62	충북

KPG 193 bus system의 융통선로 목록



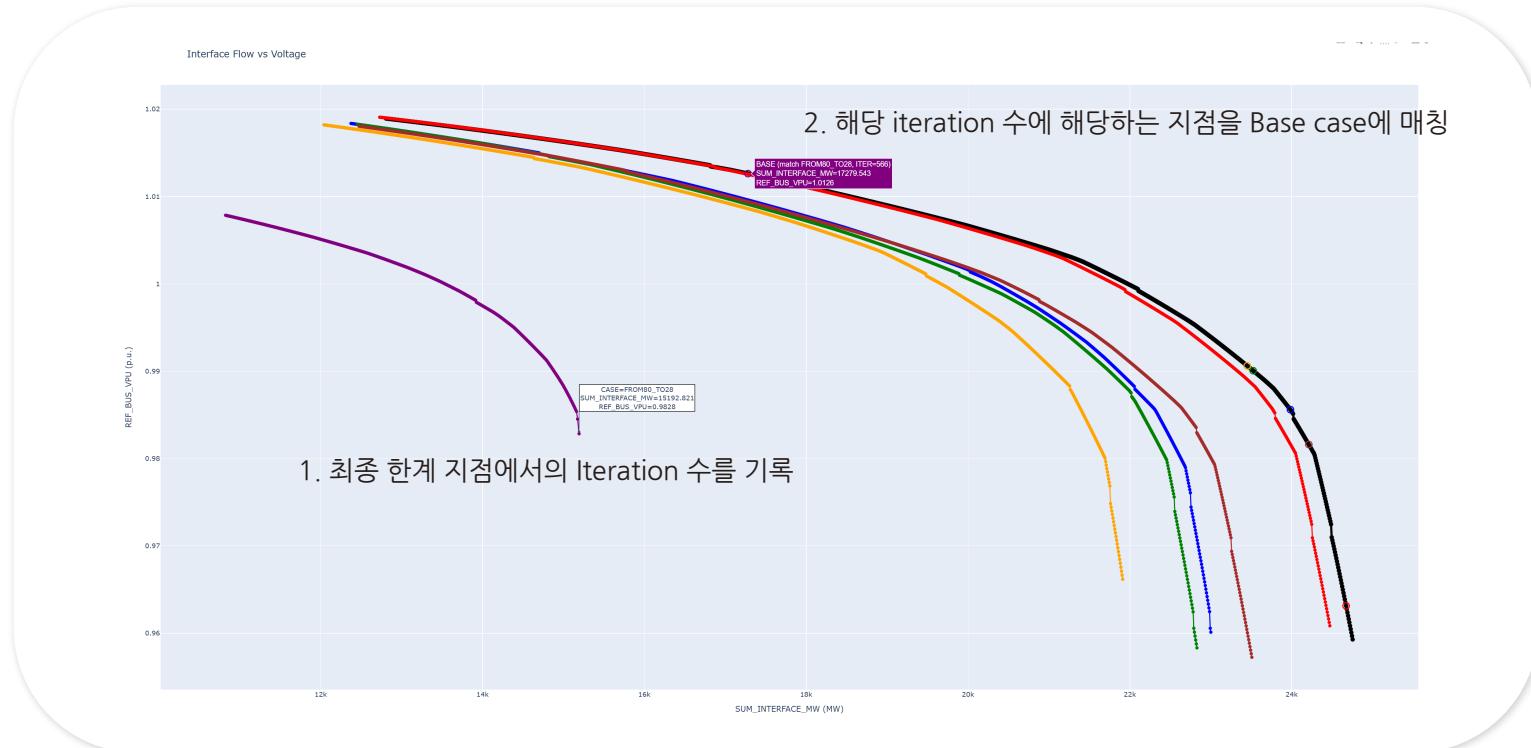
(Step 2) 상정고장 반영 후 부하 지역과 발전 지역의 발전량 조정

- 선정된 융통 선로에 대하여 상정고장 반영, 필요 시 상정고장 이후 SPS 등의 시나리오 반영
- 부하 지역과 발전 지역의 발전량을 조정하여 조류계산 수행하며 대표 모선 전압 및 융통 조류 합계 산출



(Step 3) 융통선로 한계 산출

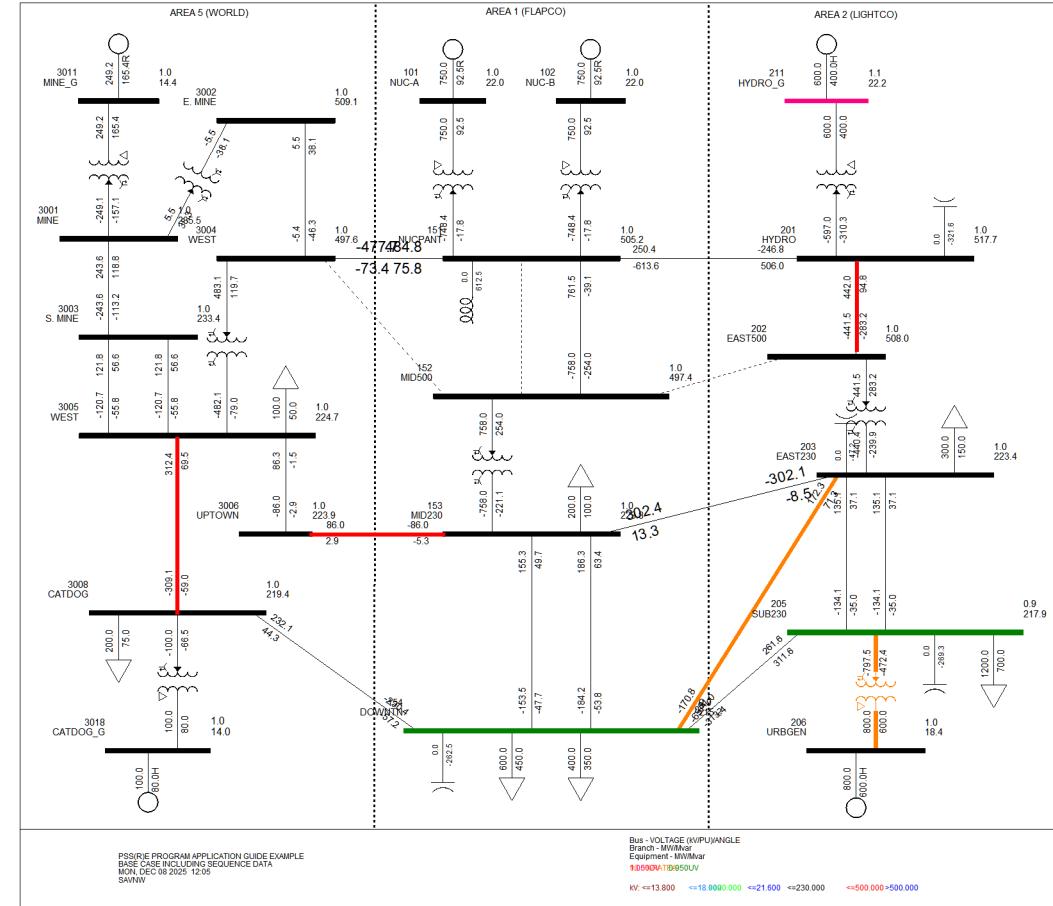
- 모든 상정 고장에 대해 모의 수행 후, 고장 전 운전점에 매칭
- 현재 운전점을 고려하여 융통 조류 한계(margin) 선정



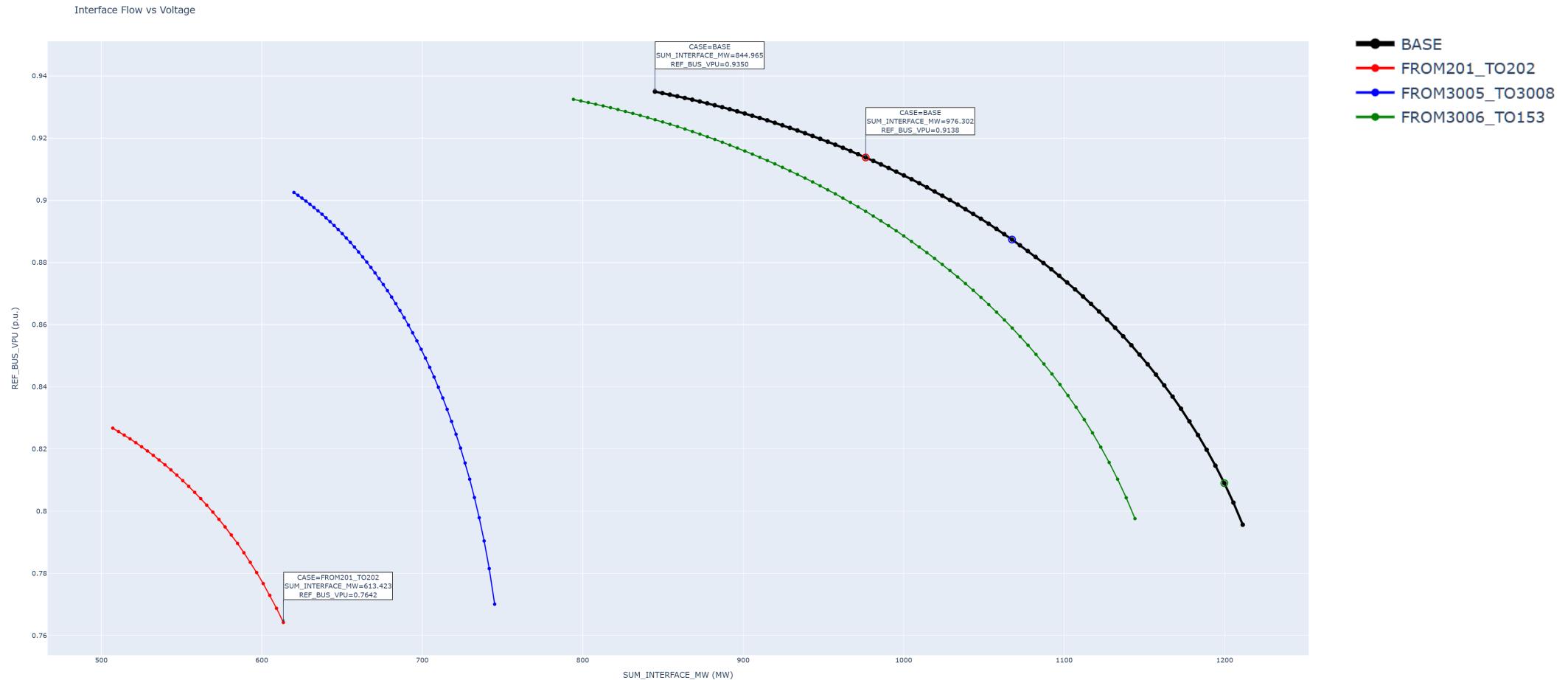
PSS/E의 기본 예제 파일을 활용한 프로그램 실습

제공 파일: modi_savnw.saw

- 전압 관찰모션 번호 = 154
- 발전 지역 area num = 2 / 부하 지역 area num = 1
- 용통선로 from bus = [3005, 3006, 201]
- 용통선로 to bus = [3008, 153, 202]



검토 결과



Thank you
For your attention

Jaeyeop Jung

Senior Researcher | Leading Research Promotion Center
Seoul National University (SNU)