

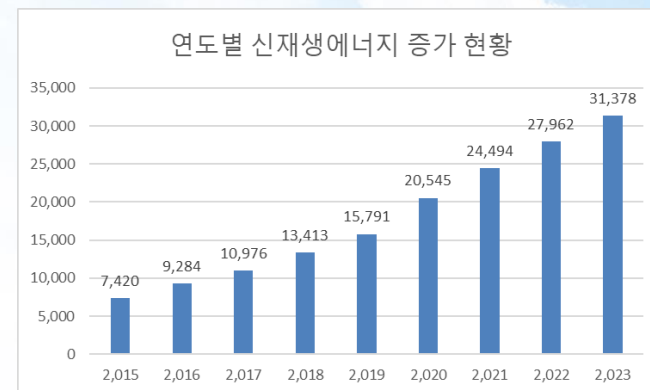
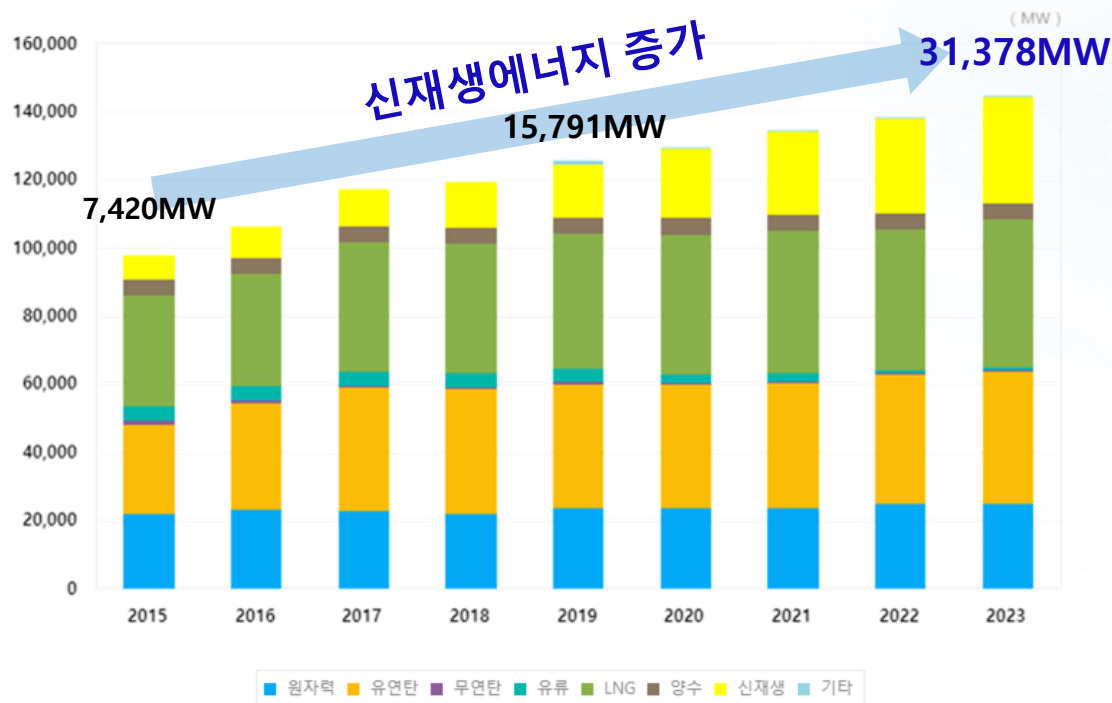


24년도 봄철 경부하기
전력계통 안정성 제고 전략

2024. 4. 25 (목)

전력거래소 계통기술팀
김태균

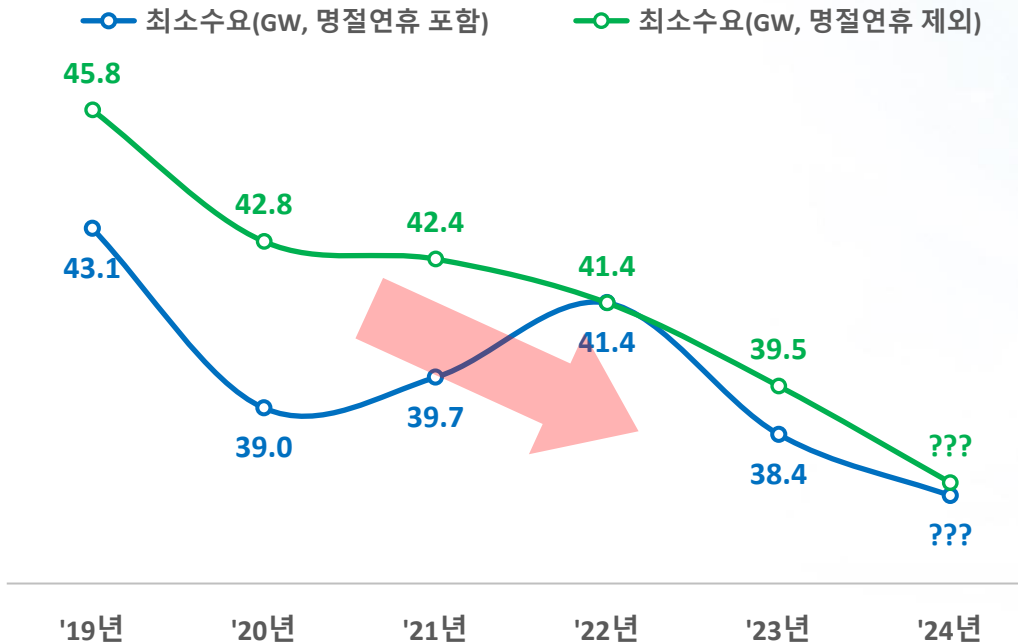
재생e 발전설비의 지속 확대



태양광 설비용량(GW, 육지)	전력시장	PPA	합계
'19.12	3.0	7.2	10.2
'23.12	8.1	15.3	23.4
증가량	+5.1	+8.1	+13.2(+129%)

※ 자가용 태양광(BTM) 포함 시 28.4GW로 추정('23.12월 기준)

재생e 증가에 따른 봄·가을철 최소 수요 지속 하락



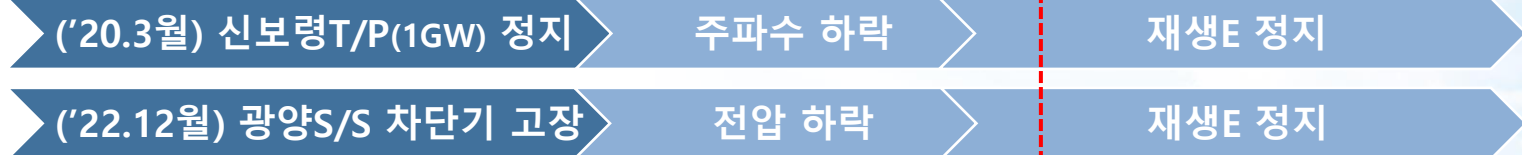
태양광을 중심으로 재생에너지가 확대되고 있어,
이용률이 높은 주간시간 대 수요가 지속적으로 하락

1 재생E 인버터의 계통연계 유지 성능* 미구비

* 계통연계 유지 성능 : 저주파수 또는 저전압에도 재생E 설비가 탈락하지 않고 지속 운전(LVRT, LFRT)

- 전력계통 고장 시 순간 **저전압**에 따른 재생E 설비 정지(성능 26% 확보)
- 주파수 하락**에 따른 전국 재생E 설비 추가 정지(성능 64% 확보)

정지 사례



취약지역 설비 고장 시 **재생E 추가 탈락으로 전국 광역정전 우려**

2 재생E 발전 과잉 · 밀집

- 재생E가 특정 지역에 과잉 · 밀집되어 전력계통 신뢰도 유지 어려움

< 지역별 태양광 발전설비 현황('24.3월 기준) >

구분	수도권	강원권	충청권	호남권	영남권	총계
설비용량(MW)	1,721	1,755	4,711	10,163	5,590	23,940
비율	7%	7%	20%	42%	23%	100%

호남 · 영남권을 중심으로 태양광 설비 집중 가속화

재생E 증가에 따른 전력계통 영향(계속)



1 재생E 인버터 성능 미구비

저주파수 시 추가 정지

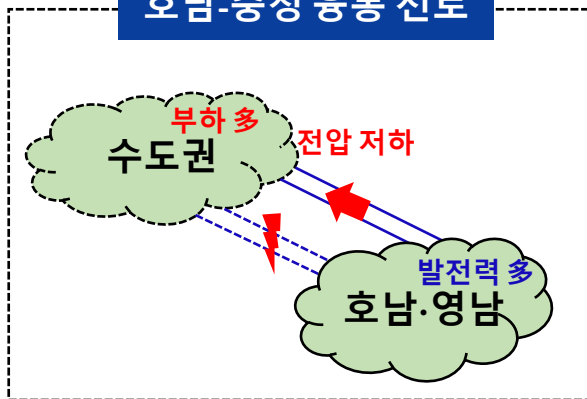


저전압 시 추가 정지



2 재생E 발전 과잉 · 밀집

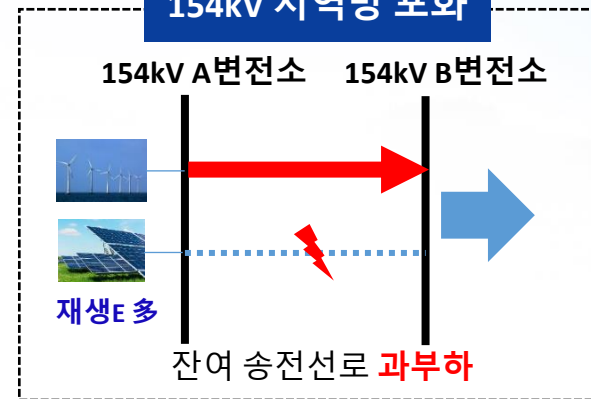
호남-충청 용통 선로



한빛 발전단지 대규모화



154kV 지역망 포화



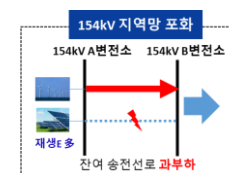
전력계통 신뢰도 유지를 위해 안정 운영 대책 수립 필요

재생E 증가에 따른 전력계통 영향(계속)



재생e 증가에 따른 계통불안정 지속 확대

문제점	사유	비고
재생e LFRT 성능 미비	주파수안정도	'22년 봄~
호남-충청 융통선로 고장시 전압불안정	전압안정도	'22년 가을~
재생e LVRT 성능 미비	주파수안정도	'23년 봄~
345kV 연계선로 고장시 과도불안정	과도안정도	'23년 가을~
154kV 송전망 포화	전압안정도 & 고장시 과도한 과부하	'24년 봄~



인버터 성능(LFRT) 미구비에 따른 문제점



(문제점) 발전설비 고장시 주파수 하락에 따른 재생e 동시 정지로
전국적 광역정전 확대 우려

정지 사례

▶ ('20.3월) 신보령T/P(1GW) 정지 ▶

주파수 하락 ▶

재생E 정지 ▶

재생e 약 450MW 추가 정지 추정

고장 파급 확대 시나리오

발전설비 고장



재생E 추가정지
(저주파수)
59.8Hz 이하



주파수 추가
하락



전국 광역정전
(UFR 동작)

운영대책

- 전력수요 및 재생e 발전량에 따라 주간시간 양수 펌핑 운전

수요 \ 태양광 이용률	30% 이하	30% 초과 ~ 50% 이하	50% 초과 ~ 70% 이하	70% 초과
85GW 이상	2대(465MW)	2대(465MW)	3대(730MW)	4대(1,050MW)
85GW 미만 ~ 50GW 이상	2대(465MW)	3대(730MW)	3대(730MW)	4대(1,050MW)
50GW 미만 ~ 45GW 이상	3대(730MW)	4대(1,050MW)	4대(1,050MW)	4대(1,050MW)
45GW 미만 ~ 40GW 이상	4대(1,050MW)	4대(1,050MW)	4대(1,050MW)	5대(1,375MW)
40GW 미만	-	-	5대(1,375MW)	5대(1,375MW)

- 주파수 제어용 ESS 200MW 별도 활용

태양광 밀집지역 계통 고장시 전국적 광역정전 확대 우려

- 전력계통 고장시 순간 저전압에 따른 재생E 설비 정지
 - * 계통연계 유지성능(LVRT) 미확보 재생E 정지
- 주파수 하락에 따른 전국 재생E 설비 추가 정지
 - * 계통연계 유지성능(LFRT) 미확보 재생E 정지
- 주파수 하락 가속화로 UFR 동작에 따른 전국 광역정전 발생 우려

고장 파급 확대 시나리오

계통고장



재생E 정지
(① 저전압)
0.5p.u 이하



재생E 추가정지
(② 저주파수)
59.3Hz 이하



전국 광역정전
(UFR 동작)

인버터 성능(LVRT) 미구비에 따른 운영대책



운영대책

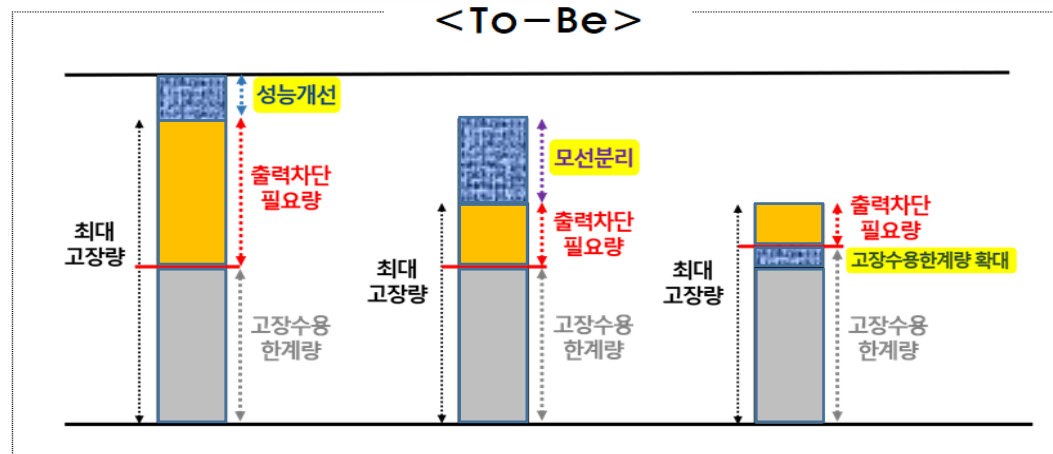
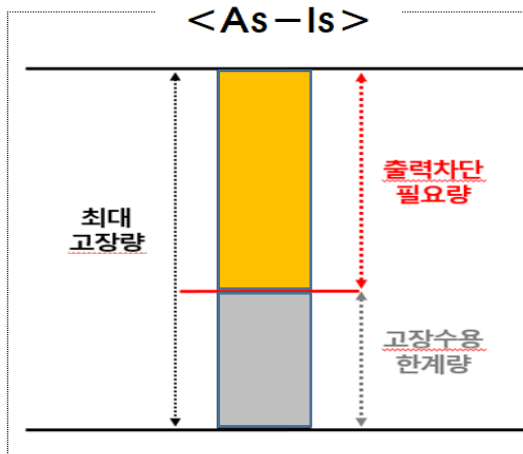
- 전력계통 고장 시 발전 정지량이 **고장수용한계량을 초과 시** 계통 불안정 발생
- * 고장수용한계량 : 발전 정지 시 전력계통 주파수 안정도를 유지할 수 있는 최대 정지 가능 용량

최대 고장량 감축

- 인버터 성능개선 긴급 추진 '23년도 봄철 대비 성능 약 12% → 26% 확보
- 계통구성 변경으로 고장 시 정지하는 재생E 범위 축소 고장량 약 2.1GW 감소

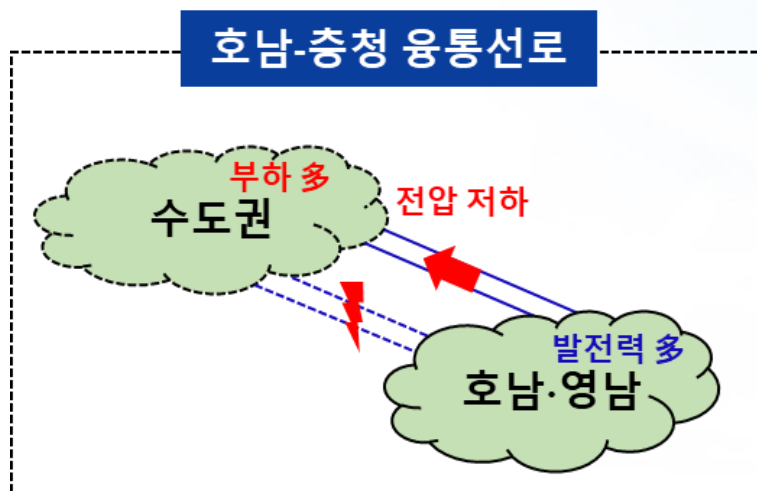
고장수용한계량 증대

- 양수 펌핑 운영 양수 펌핑 운전 시간대 변경 : 심야 → 주간
- 주파수 제어용 ESS 자원 활용 주파수 제어용 ESS 확대 적용
- Fast DR 확대 도입 Fast DR 2단계 추가 도입('23.3~)



(문제점) 호남-충청 연계선로 2개 루트 중 1개 루트 고장시
전압불안정 발생

- (호남-충청 연계선로) 345kV 신옥천-세종#1,2T/L, 345kV 청양-신탕정#1,2T/L



- 남부지역 발전량 대비 수요가 낮은 경우 호남-충청 연계선로 조류량 증가

➡ 수요가 낮은 경부하기간, 태양광 발전량이 많은 정오시간 전후 가장 취약

운영대책

- (송전제약) 호남-충청 연계선로 조류 한계량 설정 : 4,900 MW 이하 운전
- (수요증대) Plus-DR 운영('24.4~)으로 비수도권 부하 창출
 - 재생e 연계용 ESS의 충전시간 조정으로 취약시간대 출력량 최소화
- (발전최소화) 취약시간대 필수 운전 발전기를 제외한 남부지역 발전기 전호기 정지
- (출력제한) 발전력 최대 정지에도 송전제약 초과시 비중앙발전 출력제한 필요

(문제점) 한빛원전 과도안정도 취약선로 확대

- 호남지역 전체가 대규모 발전단지화 되어 연계 송전선로 고장시 **발전기 안정성 저하**
 - 과도불안정 발생 선로 확대
 - (기존) 한빛원전 인출선로 취약
 - (확대) 호남/경남지역 선로까지 확대



과도불안정 발생시 과도한 발전 정지로 주파수 저하에 따른 **광역정전 발생**

운영대책

● 고장파급방지장치(SPS) 확대 운영

- (기존) 6개소 → (확대) 13개소

한빛원전 인출선로
1회선/2회선

기존 +
호남지역 주요 송전선로

● 재폐로 운영방식 변경

- 취약선로 송/수전단 변경 및 동작시간 변경

송/수전단 변경

재폐로 동작 차단기의 위치를 변경하여 전력계통 충격 완화

동작시간 변경

재폐로 동작시간을 5초로 변경하여, 계통 안정화 후 재폐로 시행

● 운영대책 후 한빛 운전량 및 수요수준별 호남지역 재생e 발전 한계량 설정

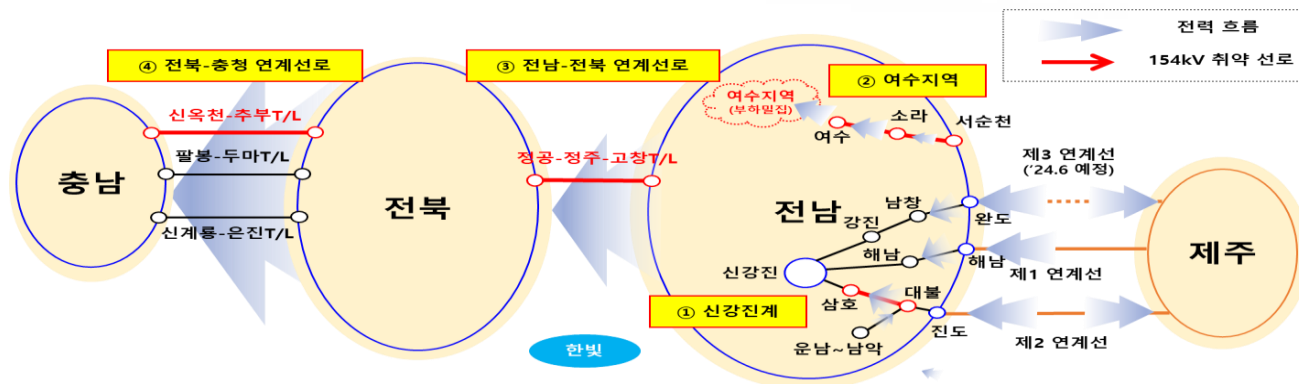
● (수요증대) 재생e 연계용 ESS의 충전시간 조정으로 취약시간대 출력량 최소화

● (출력제한) 재생e 발전 한계량 초과시 초과량 만큼 재생e 출력제한 필요

(문제점) 지역 154kV 송전선로의 상정고장시 과도한 과부하 또는 전압불안정 발생

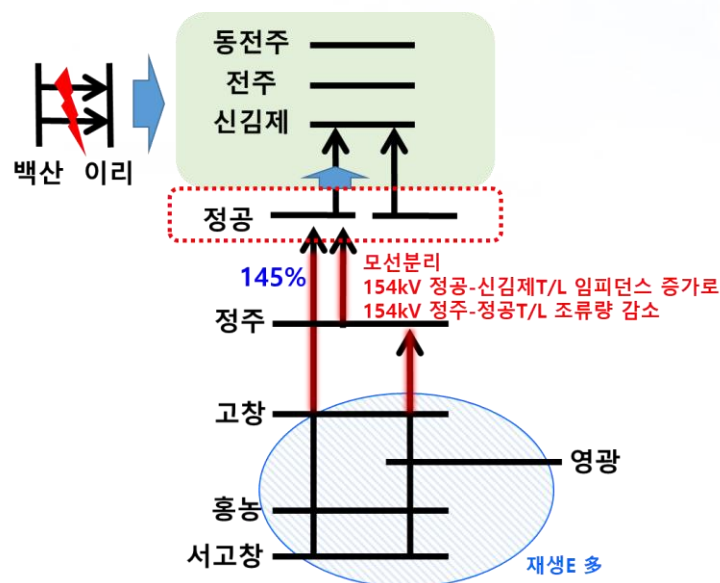
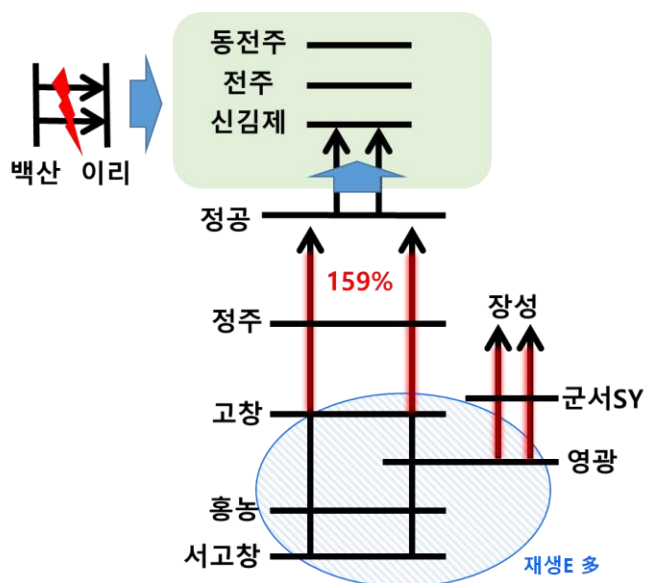
● 상정고장 검토결과

지역	상정고장	취약선로	불안정사유
전남/전북	이리-백산#1,2T/L	정주-정공#1,2T/L	과도한 과부하
전북/충남	신옥천-추부T/L 1회선	신옥천-추부T/L 잔여회선	
전남	소라-여수T/L 1회선	소라-여수T/L 잔여회선	
전남	대불-삼호#1,2T/L		전압불안정
	나주-엄다#1,2T/L		
	삼호-화원#1,2T/L		



- (수요증대) 재생^e 연계용 ESS의 충전시간 조정으로 취약시간대 출력량 최소화
- 계통구성 변경
 - 송전선로 임피던스 증가로 상정고장시 과부하율 저감 (약 11~30%)

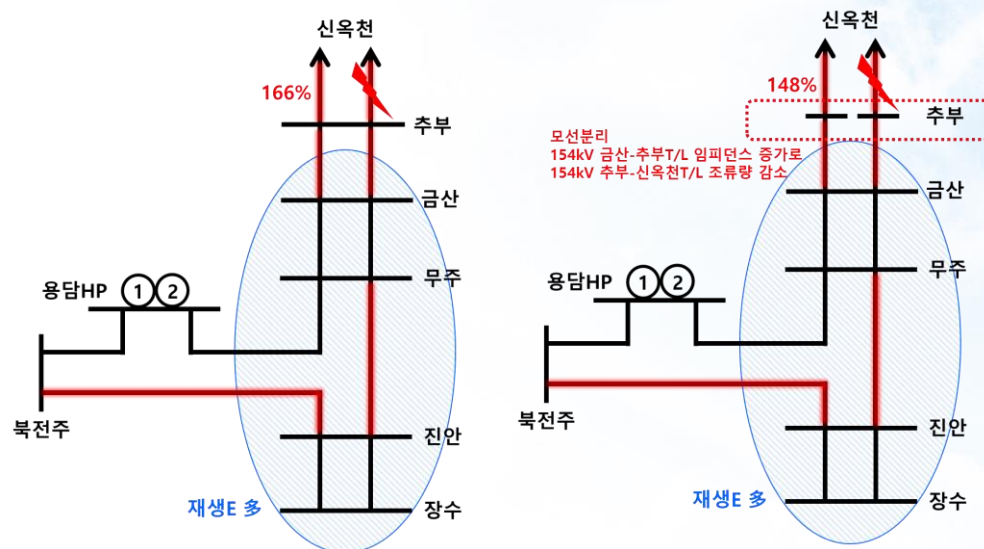
정주-정공T/L



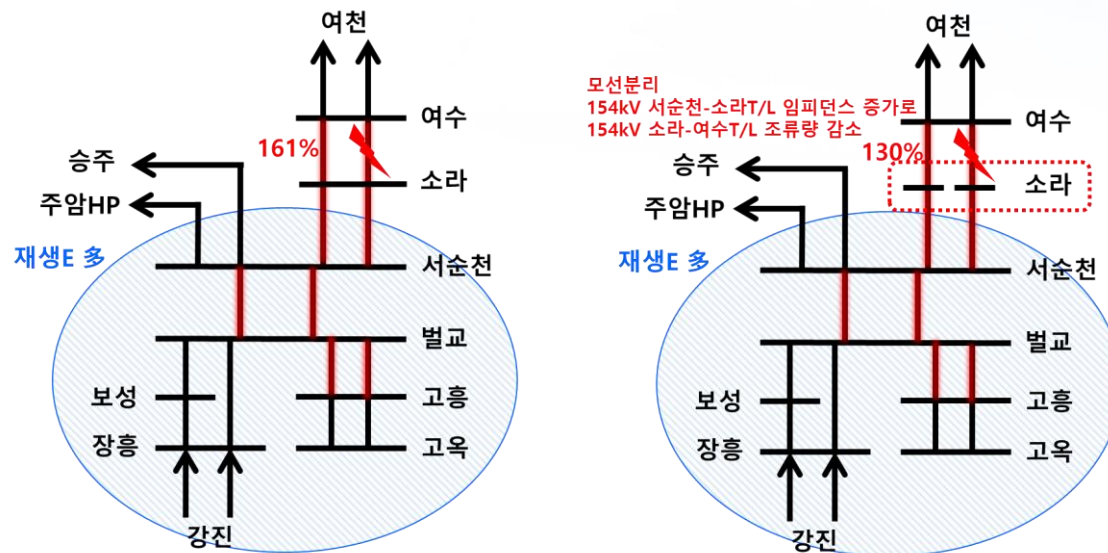
154kV 송전망 안정화 운영대책 (계속)



신옥천-추부T/L



소라-여수T/L



인버터 성능개선 지속 추진 필요

- 인버터 성능개선 및 운영대책 최대 활용으로 인버터 성능 미구비로 인한 고장파급 방지에 적극 대응하고 있으나, 전력계통 신뢰도 기준 준수에는 미흡



인버터 성능개선 지속 추진 필요

전력계통 안정성 향상을 위한 대책 추진 필요

- 안정성 확보를 위하여 활용 가능한 자원을 최대한 발굴 중이나, 발전 출력 감발이 수반될 수 있음



전력계통의 안정성 확보를 위한 설비보강(송전선로, STATCOM 등) 필요



감사합니다.