

# 재생e 확대에 따른 계통운영 현황과 전망

재생에너지 적정 보급목표 논의를 위한 전문가 컨퍼런스

2022. 8. 18



고려대학교 전기전자공학부  
이 병 준

# 전력망 계획과 재생e

01

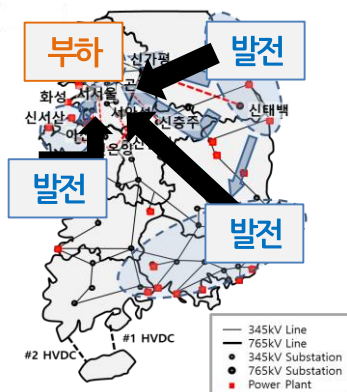
- 현재 국내 전력계통 특징: **단독 계통 + 발전지역과 부하지역 편중**

## 국내 전력계통 특징



### “단독 계통”

- ✓ 잉여 전력 거래 불가
- ✓ 계통 안정화 수단 국내 한정

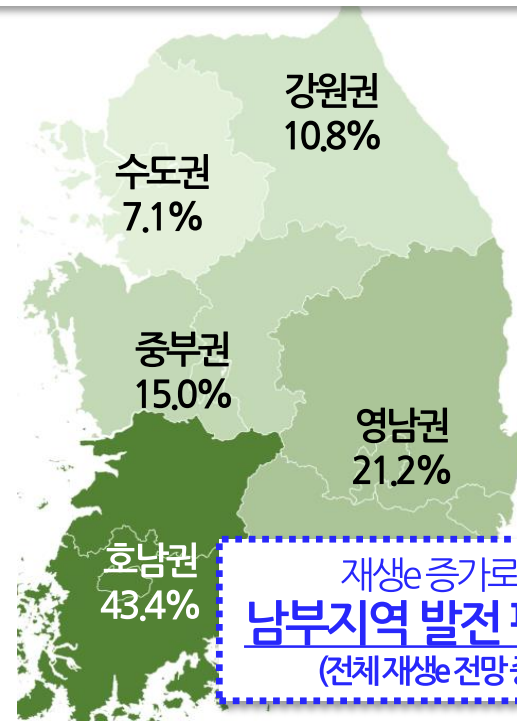


### “지역 편중”

- ✓ 용통조류 한계 발생
- ✓ 발전 제약 및 안정도 이슈

## 지역별 재생e 확대 전망

- '22년도 재생e 상업운전 27GW
- '27년도 재생e 개발전망 58GW (약 2.12배)



재생e 증가로 인한  
**남부지역 발전 편중 심화**  
(전체 재생e 전망 중 64%)

재생e 증가로 인해 지역 편중 심화 → **전력망 제약 및 신뢰도 문제 심화**

- (상위 계획)에너지 기본 계획 및 신재생 에너지 기본 계획
  - 에너지 전환 정책의 **종합적인 비전 및 목표 제시**
- (하위 계획)전력수급기본 계획 및 송변전 설비 계획
  - 구체적인 **재생 에너지 보급 목표 및 이행 투자 계획** 수립

## 상위 계획

에너지 전환 정책의  
**종합적 비전 및 목표 제시**

- 에너지 기본 계획  
:계획기간 20년, 5년 주기 수립, 에너지 분야 총망라 종합계획, **원별 원칙과 방향 제시**
- 신재생 에너지 기본 계획  
:계획기간 10년 이상, 5년 주기 수립, **에기본과 연계하여 신재생 목표 제시**

에너지 정책 비전 제시  
전원 믹스 제시

## 하위 계획

구체적 **재생e** 보급 목표 및  
**이행 투자 계획** 수립

- 전력 수급 기본 계획  
:계획기간 15년, 2년 주기 수립, **장기 수급 전망, 전원** 및 주요 송변전 설비 계획
- 송변전 설비 계획  
:계획기간 15년, 수시 **롤링**, **안정적·효율적 전력공급**을 위한 한전의 **송변전 설비 투자** 계획

안정적·효율적 전력공급을 위한 전력망 계획

→ 상위계획 수립 시 **전력망수용성에 대한 검토의견 반영 필요**

- 상위 계획의 원별 자원과 재생e 목표량 반영하여 전력망 성능 평가 수행  
→ 안정성과 효율성을 고려하여 구체적 이행 방안 수립(신뢰성 및 투자 효율성 확보)



상위 계획의 이행 신뢰성이 전력망 계획의 실효성 담보



계통 수급 및 안정도 문제 심각하나 한전과 거래소의 대응 전문인력과 체계 준비 부족

## 재생e와 관련된 계통 운영현황

02

## ■ 재생e 설비 증대로 수급 불균형 직면

### 수급불균형 배경 및 전망

배경  
및  
전망

- 전국태양광, 풍력 설비용량 21.6GW 중 65%가 남부지역에 편중
- 제주 재생e 설비용량 비중 약 40%
- 제주 CF 정책으로 재생e 설비용량 약 4.5배 증가 전망
- 대규모 해상풍력 사업 추진으로 인한 풍력발전 비중 및 편중 심화
  - 신안(8.2GW), 여수(6.5GW), 울산(6.4GW) 신규 연계로 인한 남부지역 편중 심화

〈22년 5월 말 기준〉

## □ (제주사례) 경부하 시간대의 수급 불균형 해소를 위해 출력제어 발생

- 제주 계통 출력제어 발생 및 제어율 점진적 증가 추세

단위: 시간 <CF 2030 계획 수정 보완 용역, 제주특별자치도, 2019.6>

연도	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2030 (예상)
발생 일수	3	6	14	15	46	77	1,934
제어량(MWh)	152	252	1,300	1,366	9,223	19,449	878,000

재생e 증가로 인한 수급 불균형 발생 및 출력제어 증가  
수급불균형 해소를 위한 출력제어 규정 및 제도 부재



- 22년도 하계방안 검토 시 **재생e 호남편중 심화**에 따른 **신뢰도고시 위반 예상사례 발생**

## 지역편중화에 따른 호남 - 충청권 사례

### 배경 및 현황

- 지역적(호남) 재생E 접속 비중 과다(전국의 약42%)
- (태양광 이용률이 높을 시) 전압 및 과도 불안정 심화
- 호남지역 대규모 발전력 → 수도권 345kV 송전선로 2개 루트 조류량 급증
  - 호남-충청 수도권 연계 345kV 선로 고장 시 → 전압 불안정 발생
  - 한빛4호기 재가동에 따른 과발전 전력 전송, 고장 시 → 과도 불안정 발생

### 충청 - 전압 안정도 Issue

세종-신옥천  
2회선 고장

우회 조류 발생  
(청양~보령, 신탄정)

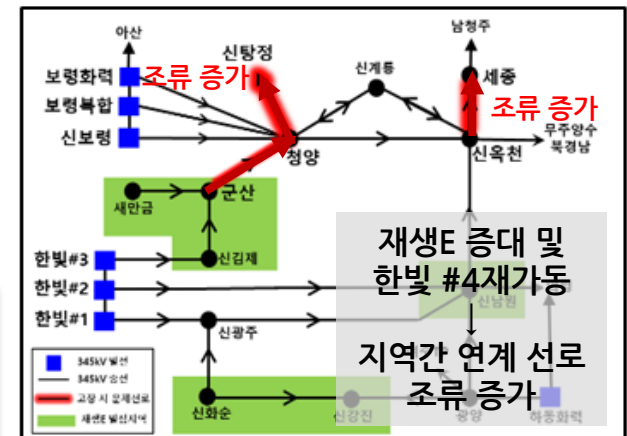
조류 우회 지역  
저전압 발생

### 호남 - 과도 안정도 Issue

발전기 앞  
인출 선로 고장

무효 전력 공급원 감소  
및 조류 병목 현상 발생




인근 발전기  
과도 불안정



하계운영방안 대책으로 **단기 발전제약 및 SPS(고장파급방지장치) 적용**  
 SPS 운영이 아니라 원칙적으로는 재생e 출력제어를 통해 고시위반이 되지 않도록 운영해야함

- 석탄화력, 원전 등 대규모 발전원 중심의 전력망 보강체계로는 급격하게 증가하는 태양광·풍력 등 재생e 발전력 적기 수용 한계

## 설비 및 전력망 사업 소요기간

	대규모 발전소 건설	약 6 ~ 10년
	전력망 보강	최소 6 ~ 8년
	재생e 건설	약 1 ~ 3년

- 재생e 건설과 전력망 보강 사업기간 차이로 발전제약 발생 및 재생e 사업자 민원 확대
- 전력설비의 낮은 주민 수용성으로 전력망 보강 소요 기간 장기화

재생e 잠재량 분석 등 예측 기반 선제적 설비계획 수립 필요

## 태양광 인버터 설비 탈락에 의한 광역정전 위험성 존재

### 재생e 설비 탈락 신보령 및 제주사례

배경  
및  
현황

#### 신보령 및 제주계통 태양광 탈락 사례

- (신보령사례) 신보령#1 정지후태양광(450MW) 추가탈락으로 주파수 59.67Hz까지 추가하락
- (제주사례) 안덕신서귀 1회선 T/L 1선 지락후태양광(140MW) 탈락으로 주파수 추가하락

#### 태양광 인버터 계통연계기준 변경 및 현장적용

- 육지인버터 저주파수 설정치 변경 시행 → 30kW 초과 태양광 (12.5GW) 대상 주파수, 분리시간 변경
- 제주인버터 전압/주파수 FRT 기능 추가 → 300MW 개선 완료

구분	전체 태양광	성능 개선					개선 예정	미동의	개선 불가
		그린뉴딜	자체사업	전용선로	신규접속	소계			
용량(MW) (센트럴타입*)	602	114 (16)	158 (23)	14	14	300 (39)	23	55	224

#### 인버터 설비 성능개선에 대한 현장적용 어려움

- 사업자미동의, 구형 모델 등 육지인버터 저주파수 설정치 변경 불가 발생
- 제주인버터 중 37% (224MW/602MW) FRT 성능개선 불가로 인버터 교체 필요

재생e가 주력 전원화되며 발전기로서의 책무 강화 및  
인버터 연계 기술기준 현장 적용성 확보에 범정부적 노력 필요

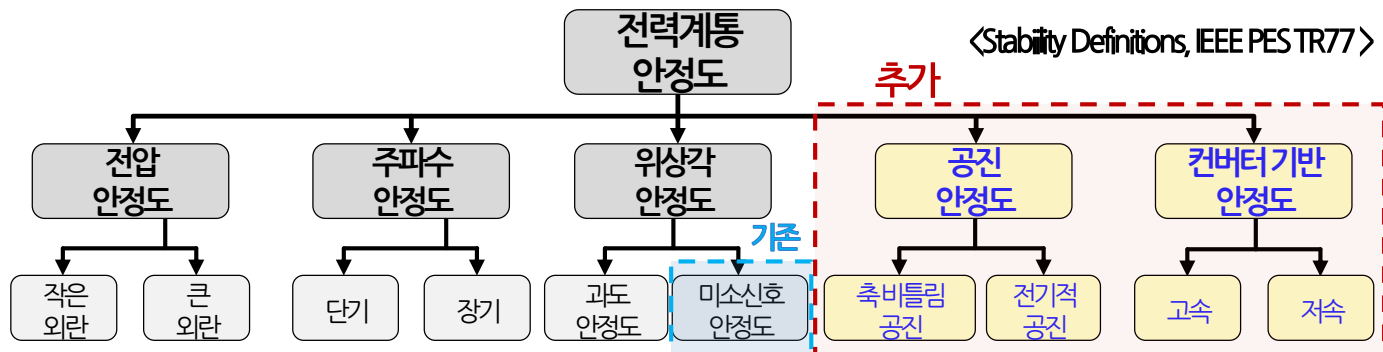
- 인버터 기반 설비 확대로 전력계통 동특성 변화 및 복합적 안정도 문제 발생

## 인버터 기반 안정도 문제 발생 배경 및 현황

### 배경 및 현황

- 에너지 전환 정책에 따른 재생에너지(변동성전원)의 급속한 증가
  - 계통 불확실성 확대: (기존) 수요 불확실성 + 전원 불확실성 추가
- 전력그리드에 新기술이 빠르게 접목: IoT, Inverter, 빅데이터 등
- 전력계통 안정도 평가 기준 확대: Micro급 단위 안정도 평가

- 인버터 설비의 빠른 응답특성에 따라 컨버터 기반 안정도 및 진동 문제 새롭게 발생



인버터 설비모델 해석 및 검증 한계, 전문 인프라 취약  
→ 정밀계통해석을 위한 **시스템** 및 **전담 조직 구축 필요**

## ■ 재생e 발전량 및 설비용량의 가시성 문제 대두

### 재생e 발전량 및 설비용량 정보 현황

#### 배경 및 현황

- 현, 국내계통 재생e 발전량은 전력거래소 시장거래 참여사업자만 파악 가능
  - 수요예측시 이외 재생e 발전량(한전 PPA, BTM 등)은 추정값으로 파악
- 단기적, 실시간 계통운영의 불확실성 증대
- 중·장기적 계통 계획 시 망보강 및 신뢰도고시 위반 위험성 우려

〈설비용량(시장거래): 22년 5월 말 기준, 설비용량(전체): 21년 12월 말 기준〉

구분 단위(GW)	전국	수도권	강원	충청	영남	호남	제주	비고
설비용량(시장거래)	8.3	0.9	1	1.1	1.7	3	0.6	BTM 제외
설비용량(전체)	21.6	1.4	2	3.7	4.9	8.8	0.8	
차이량	13	0.5	1	2.6	3.2	5.8	0.2	
감시 비율(%)	38%	64%	50%	29%	34%	34%	75%	

현재 연계된 재생e 설비용량 대비 관제 가능한 설비비율 저조  
→ 안정적 계통운영을 위한 **재생e 가시성 확보방안 필요**

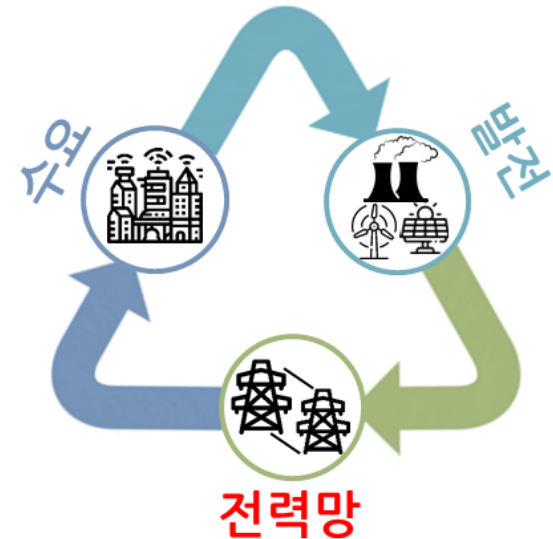
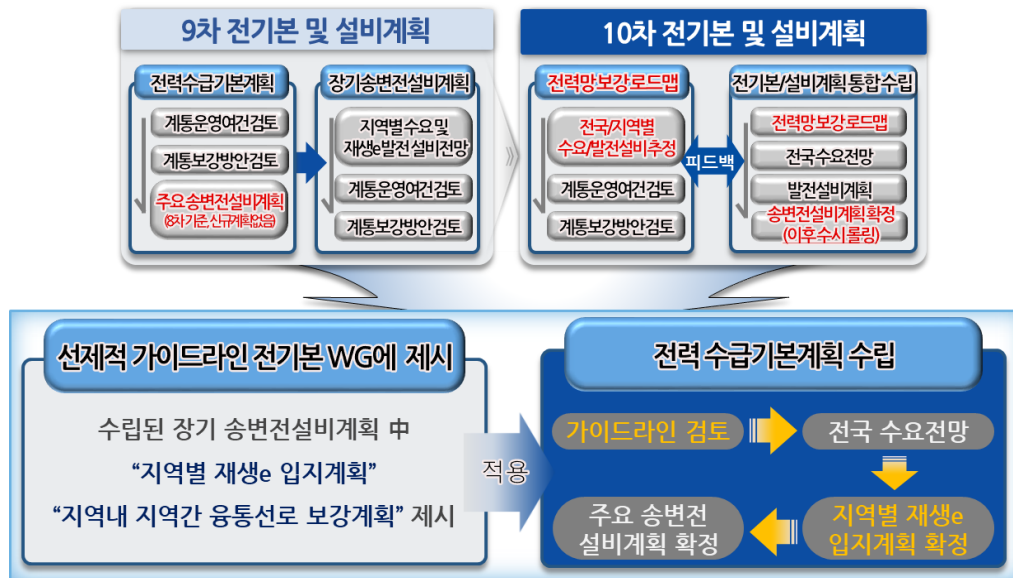
# 재생e 안정적 수용을 위한 전력망 대책

03

# (先 전력망 後 발전원)전력망 패러다임 전환

15

- 재생e 발전비중 대폭 증가에 따른 전력망 계획의 패러다임 전환이 필요
  - 재생e 잠재량 분석 등 예측 기반 설비계획 선제적 제시 및 추진
- 선제적 전력망 보강마련을 통한 (수요↔발전↔전력망)계획 조화롭게 수립
  - 다양한 시나리오 기반의 전력망 보강계획(안)을 선제적으로 마련
  - 제10차 전력수급기본계획의 수요관리 목표 및 발전설비계획 수립시 가이드라인으로 제시



산업부 재생e 수용확대를 위해 전력계통 혁신 방안('21.12) 발표  
**先 전력망 後 발전원** 패러다임 전환을 추진

# 재생e 안정적 수용을 위한 중장기 대책

16

- 재생e의 올바른 전력계통 접속을 위한 재생e 관련 제도 정비 필요

## 재생e 수용 제도 조정



속도

- 전력망 수용 한계 및 운영여건을 고려한 재생e 접속 제도 재정비 필요

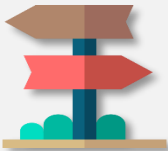
지역 및 운영여건 고려한 인허가

망요금제도 개선

제어기능 부여

신뢰도 기여 의무부여

## 주력전원으로서의 재생e 역할 정립



방향

- 계통 특성을 고려하지 않는 무분별한 계통 접속은 계통의 안정도 저해
- 현재의 발전계약강화, 예비력 확대 등의 단기 대응 방안 → 근본적 해결 방안 필요
  - 재생e의 발전기로서의 책무 강화 및 출력제어에 대한 구체적 방안 정립
  - 송·배전 그리드 코드 관리 및 정책개발 체계 구축

## 계통 해석기술 및 대응 조직 고도화



기술

- 다양한 제어설비 성능검증 및 계통 해석을 위한 재생e/계통 모델링 패러다임 대전환
- 한전과 거래소의 실시간 계통 해석을 위한 시스템 구축 및 운영인력 확대

〈해외 주요 기관별 계통 해석 전담 조직 및 인력 운영 현황〉



Operating Office  
Grid Coordination  
계획검증/모델링(40명)



IERQ (연구소)  
Research & Testing Lab.  
운영/계통해석(50명)



CEPRI (연구소지회사)  
Power Systems Dpt.  
해석/모의/모델링(170명)



CSGEPRI (연구소지회사)  
Simulation Key Lab.  
실무검증/지원전담(59명)



Pwr. Sys. Plan Office  
System Tech  
기술지원/모델링(36명)

안정적  
재생e  
수용



# 재생e 안정적 수용을 위한 단기 대책

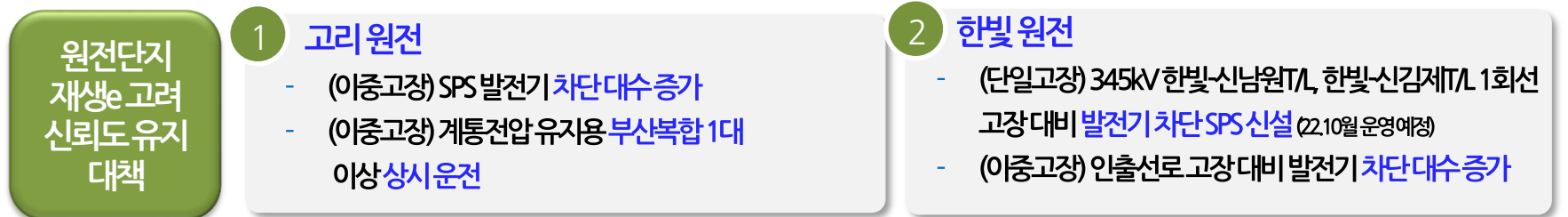
17

## ■ 계통 현안 문제해소를 위한 운영전략 및 제도 필요

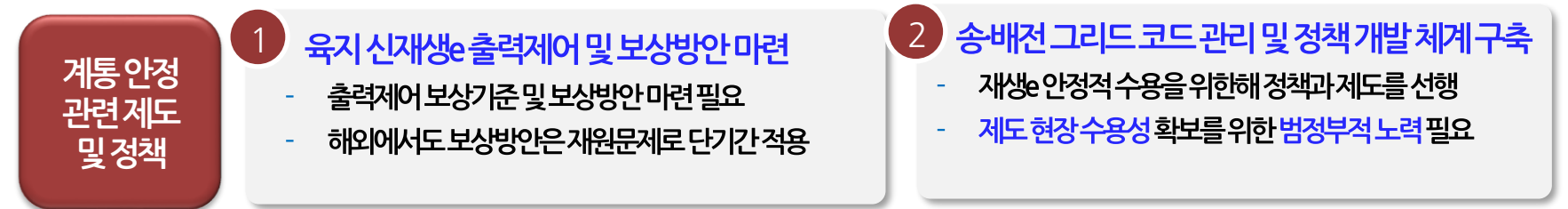
### ➤ 재생e 정지 고려에 따른 주파수 안정도 유지 대책



### ➤ 고리, 한빛 원전 발전단지 재생e 고려 신뢰도 유지 대책 수립



### ➤ 출력제어 기준 확립 및 계통연계 제도의 현장 수용성 확보





Do you have any Questions?