

탄소중립 달성을 위한 전력분야 R&D

R&D Solutions in the Electric Power Sector to Achieve Carbon Neutra

2021. 9. 9.

한국전력 전력연구원장 김 태 군

Dr. Kim Taekyun

Vice President of KEPCO



Contents

- I Current Status and Prospects
- II Technical Issues
- III R&D Solutions of KEPCO
CFI R&D Demonstration Project in Jeju
- IV Closing Remarks



I. Current Status and Prospects

- KEPCO - A Smart Energy Creator -

“ 산업화 이전 대비 평균기온 상승 2℃ 이내, 1.5℃ 이하로 노력 ”

(파리기후협약, '15)

국제사회의 목표

☞ 2030년 CO₂ 순배출 45% 감축(2010년 대비), 2050년 순배출 제로 달성 발표

- ✓ 전환부문 달성방안 → 전력의 75~80% 재생에너지 공급(IPPC 'Global Warming of 1.5℃', '18)
- ✓ 주요국 재생에너지 적극 육성중 → '40년에는 세계 전력수요의 67%를 재생에너지가 공급할 것(IEA, '20)

국내의 노력

“국제사회와 함께 기후변화에 적극 대응하여, 2050년 탄소 중립을 목표로 나아가겠습니다.”

- 2050년 탄소제로 첫선언 (20.10.28, 대통령 국회 시정연설)

주요정책

- ✓ 2050 장기 저탄소 발전 전략*(2050 LEDS) - '50년 재생에너지 발전비중 80%
* 파리기후협약에 따라 온실가스 감축 이행방안을 UN에 제출할 예정
- ✓ 제3차 에너지기본계획('19.6) - '40년까지 재생에너지 발전비중 30~35% 확대
- ✓ 제9차 전력수급 기본계획('20.12)
- '34년 신재생에너지 용량 77.8GW(태양광 46GW, 풍력 25GW), 발전량 비중 26.3%

I. Current Status and Prospects

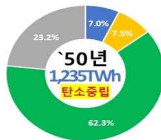
- KEPCO - A Smart Energy Creator -

2050년까지 無탄소 전원(재생에너지)의 급격한 증가 예상

주요 연도별 발전량 비중의 변화 (육지 및 제주)

육지계통 전원구성(발전량 기준)

■ 원자력 ■ 석탄 ■ LNG ■ 신재생 ■ 기타



제주도 전원구성(발전량 기준)

■ HVDC ■ 석탄 ■ LNG ■ 신재생 ■ 기타



제주 CFI 추진 목표

☞ '30년 재생E 4,085MW (설비용량) 보급

* CFI(Carbon Free Island) : 탄소배출 없는 섬 구축 전략

재생E 비중 증가 수준에 따른 전력망 운영 변화 필요

재생E 비중 단계별 전력망 운영의 기술적 이슈 및 해결과제

단계	신재생에너지 발전량 비중	계통영향	대응과제	육지	제주
1	0~3%	· 재생에너지의 영향이 거의 없음 · 접속점 인근 국지적 계통에 영향 발생	· Grid Code 개정 고려 · 국지적 계통영향 검토	-	
2	3~15%	· 재생E 용량이 계통운영에 영향을 줌	· Grid Code 개정 · 발전제약 완화 노력 · 출력 예측시스템 개발	현재 ~'26년	
3	15~25%	· 계통운영의 불확실성/변동성 증가 심화 · 최소관성 전력망 운영	· 재생에너지 감시/예측/제어 시스템 · 유연성 자원 확대 중요 · 확률론적 계통해석 기술	'27년 ~'33년	현재
4	25~50%	· 재생E 100%로 운영되는 Net-Zero 발생 · 전력계통 안정도에 크게 영향을 미치는 상황 · ESS 등 대규모 전력계통 설비보강 요구 증가	· 관성 확보 최우선 과제 · 재생E가 계통에 유/무효전력, 관성제공 · 전력망 DC분할 고려	'34년 ~'45년	
5	50%~	· 잉여전력 및 대규모 출력조정 발생 · 계절에 따라 수급부족 현상 발생	· 부하 전기화 · P2G	'45년~	'25년 ~'30년

II. Technical Issues

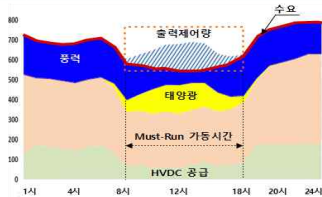
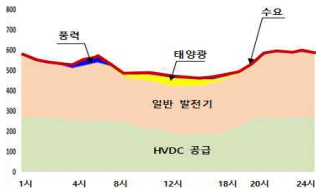
- KEPCO - A Smart Energy Creator -

제주 전력망 운영 관련 이슈 - ① 전력망 유연성 부족, 재생E 출력제어 증가

Must-Run 발전기 및 HVDC 최소 출력 제약 등 전력망 유연성 제한

재생E 출력제어 '20년 77회 발생, '23년 이후 300회 이상으로 증가 전망

구분	실적			전망		
	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년
제어 횟수	15회	46회	77회	187회	244회	309회
제어량[MWh]	1,255	9,223	19,449	82,015	252,984	510,759



【재생E 출력제어 발생 현상】

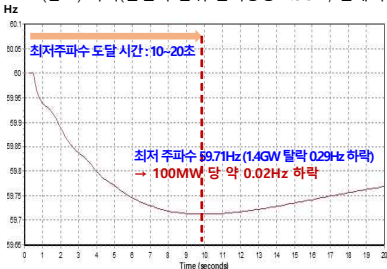
제주 전력망 운영 관련 이슈 - ② 관성 低, 발전기 용량 大

제주 전력망 관성 (4기 운전 시) : **1.86GWs** (HVDC 포함 RoCoF 역산 관성 3.3GWs)

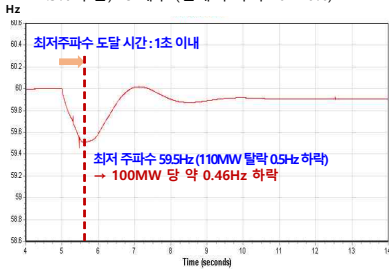
(참고) 육지 발전기 제공 관성(300~400GWs 수준)의 약 1/100 수준

단위 발전기 용량 100MW 수준, 탈락 시 큰 폭의 주파수 변화 → 관성 증대 중요

(참고) 육지(발전기 단위 설비용량 1.5GW, 전체 부하의 1.5% 수준) vs 제주 (전체 부하의 10~20%)



【육지 계통 주파수 변화 (신한울NP #1 1.4GW 탈락)】



【제주 계통 주파수 변화 (제주CC 110MW 탈락)】

II. Technical Issues

- KEPCO - A Smart Energy Creator -

제주 전력망 설비보강 추진 - ① #1, #2 HVDC 역송 및 #3 HVDC 건설

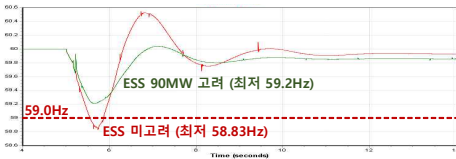
- ('21년 상반기) #1 HVDC 1개 회선 역송(70MW) 운전 중
- ('21년 하반기) #1,2 HVDC 4회선(Pole) 역송운전 검토 (400MW 역송 능력)
- ('22년 말) #3 HVDC(제주-완도) 200MW 준공 예정 (600MW 역송 능력)

제주 전력망 설비보강 추진 - ② 계통안정화 ESS 설치

- ('20년) 서제주 변환소 ESS 이설 완료 (40MW, 김제, 울산 FR ESS 이설)
- ('22년) 금악 변환소 ESS 신설 예정 (50MW)



【서제주 변환소 ESS (40MW)】



【ESS 적용 효과 분석결과 (발전기 255MW 탈락 시 주파수 비교)】

III. R&D Solutions of KEPCO

- KEPCO - A Smart Energy Creator -

탄소중립 전력망 구축을 위한 한전 전력연구원의 R&D 추진 현황

無탄소전원

[Pillar 1]
無탄소
발전원
보급증대

[Solution] 발전원 다원화 및 경제성 확보

- 경제적인 다양한 친환경(無탄소) 분산전원 개발
- 해상풍력 건설 신공법 및 효율적 운영기술
- 재생E 발전용량 대형화 및 대규모 단지 개발



에너지효율 향상의무화 (EERS)

[Pillar 2]
전력망
수용능력
증대

[Solution] 재생E 관제, 제어 및 유연성 증대

- Energy Storage Mix
- 대용량 중/장주기 에너지 저장기술
- 발전설비 유연운전(운전범위, 응답속도)기술
- Sector Coupling



탄소포집 및 활용 (CCUS)

[Pillar 3]
전력망
안정화

[Solution] 관제 및 안정화 능력향상

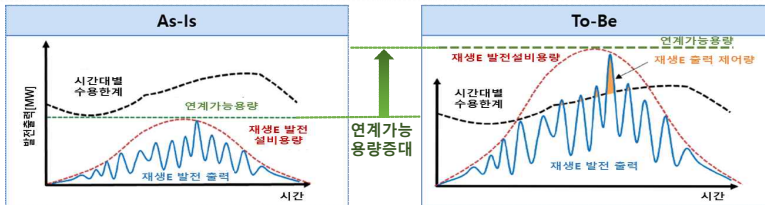
- 재생E 통합운영(감시, 예측, 제어) 고도화
- NWAs (Non Wired Alternatives)
- 계통 관성 및 FFR(Fast Frequency Response) 제어
- Grid Resilience 및 Grid Code



III. R&D Solutions of KEPCO – CFI R&D Demonstration Project in Jeju

- KEPCO – A Smart Energy Creator -

C 재생E 선 접속 후, 출력 제어 (하루 전, 실시간) 통해 연계가능용량을 향상 시키는 기술



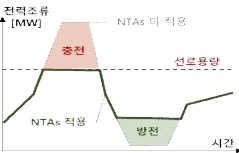
F ESS를 활용한 간헐적 송전선로 과부하 해소(NTAs*) 기술

* Non Transmission Alternatives : 송전선로 건설 이외 대안을 활용한 송전 용량 증대 기술



(재생E 출력 증가)과부하 해소 위한 충전 제어

(재생E 출력 감소) ESS 용량확보 위한 방전 제어



[NTAs 적용 시 송전선로 과부하 해소 방법]

III. R&D Solutions of KEPCO – CFI R&D Demonstration Project in Jeju

- KEPCO – A Smart Energy Creator -

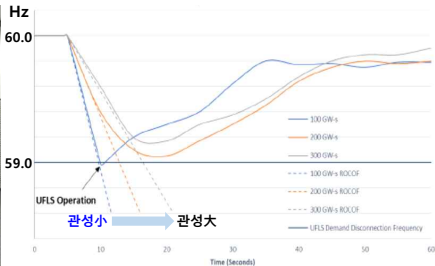
I 전력계통 관성 보강 위한 회전 관성 확보 및 FFR(Fast Frequency Response)제어기술

■ Flywheel 동기조상기를 이용한 회전 관성(Synchronous Inertia) 확보

■ 재생E 인버터 FFR제어 기능 추가, 전력계통의 주파수 회복 능력 증대



[Flywheel 동기조상기 조감도 예시 (제작사:Siemens)]



[전력계통 관성과 주파수 변동속도의 관계]

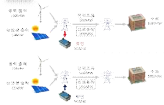
제주 전력망 안정화를 위한 CFI (Control, Flexibility, Inertia) 기술 실증

- 사업비 : 530억원
- 기간 : 2021년 11월 ~ 2025년 10월 (48개월)
- 실증기술 : ①재생E 출력제어, ②ESS활용 NWAs, ③Flywheel 동기조상기, ④FFR제어

C 재생E 출력제어기술



F ESS활용 NTAs제어기술



I 고 관성 동기조상기



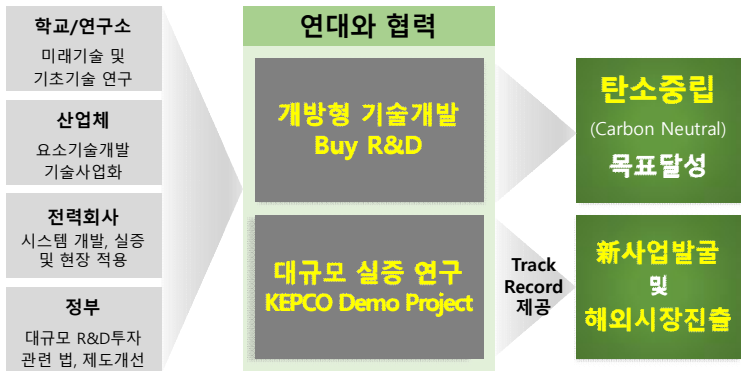
I FFR 제어기술



IV. Closing Remarks

- KEPCO - A Smart Energy Creator -

생태계 조성, 연대와 협력, 기술경쟁력 확보 통한 **탄소중립 정책목표 달성**



감사합니다

Thank You For Listening

김태균 (한전 전력연구원장)

· E-mail : tkkim@kepco.co.kr

· Mobile : 010-5381-1721

