
재생에너지 확대를 위한 전력시장 발전 방향

2021. 2. 15

이유수 선임연구위원



에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute



목차

- 1 재생에너지의 전력계통 영향과 사례
- 2 전력시장의 운영시스템과 문제점
- 3 전력시장의 발전 방향



1. 재생에너지의 전력계통 영향과 사례

재생에너지와 전력공급의 안정성



전력운영 시스템의 변화

전력수요

수요변동성

- 시간별 수요변화
- 피크수요의 시간대 변화

전력공급

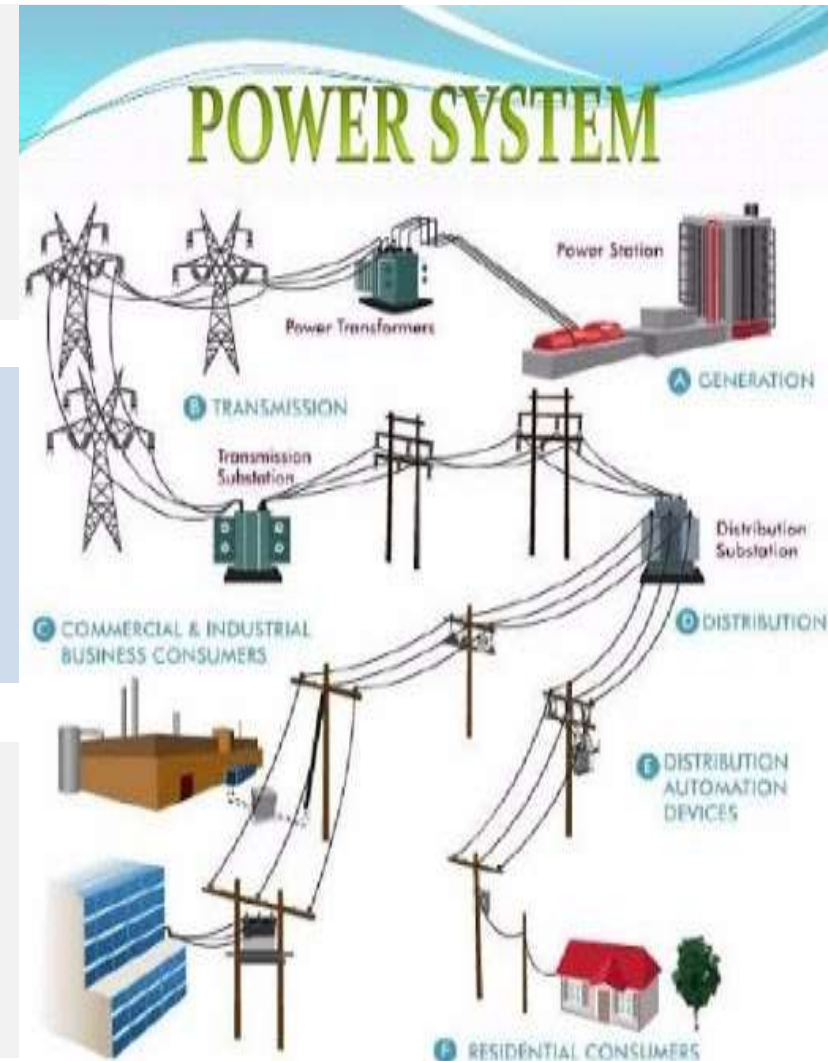
공급변동성

- 수급균형 유지
- 출력 변동성, 수급불균형

전력계통

계통불안정

- 계통의 안정화
- 계통의 불안정 현상



태양광 및 풍력 발전의 전력계통 영향



재생에너지의 계통 통합

교류 전력계통

- 교류 발전기와 전력계통 운영
- 관성 및 동기 발전기
- 정상적 상태 운전
- GF 및 AGC
- 부하추종 예비력

전력계통 대응

- 비정상적 상태 운전
- 전력계통 신뢰도 기준 준수
- 사고 대응 운영 예비력
- 1, 2, 3차 예비력 대응
- 공급예비력 부족시 부하 차단

재생에너지 연계

- 출력예측 불확실성
- 발전출력 변동성
- 발전기 관성 없음
- 비동기 발전기
- 인버터 사용

전력계통 영향

1

전력수급
불균형

2

전력품질
저하

3

전력계통
관성약화

4

정전위험
가중

국내 전력계통 영향 사례



- 전력수요가 낮은 경우 : 타 발전설비의 출력 최소화, 수요 초과하는 재생에너지 출력제한
- 출력제어를 하지 않을 경우 : 과잉공급 → 과주파수 → 태양광 설비 대규모 탈락
→ 주파수 급격한 하락 → 저주파수 계전기의 부하차단
- 해결방안 : HVDC 제3연계선 건설(육지 전송), ESS 확충, 자체 수요개발, 수요이동 등



- 2019년 10말~연말 : 태양광 발전 밀집지역인 전라도에서 배전계통의 과전압 문제 발생
- 배전계통의 과전압 발생은 기기나 설비의 고장 유발
- 문제해결 : 송배전선로의 조류변경, 변전소 조상설비의 무효전력 흡수



- 2020년 3월 28일 : 신보령 1호기 불시정지 → 계통주파수 59.8Hz↓ → 59.67Hz 추가↓
- 태양광 발전설비 인버터 위험신호로 인지 → 전력생산 중단으로 추가 주파수 하락
- 문제해결 : 한전의 송배전용 전기설비 이용규정 개정(신재생발전기 신규접속 설비의 계통연계 기준 강화 : 고장 시 일정시간 동안 계통 접속 유지)



- 2020년 1월 30일 새벽 : 제주도 내 154kV 송전선로 낙뢰로 고장 발생
- 운전 중이던 160MW의 풍력발전 중 절반 가까이 탈락
- 문제해결 : HVDC에서 빠른 전력공급으로 위기 해결, 향후 고립 계통인 육지에도 영향 가능
- (1차) 2020년 5월 2일 19시 ~ 3일 자정, 신고리 3, 4 호기 원자력 발전의 출력 감발 시행
- (2차) 2020년 9월 30일 02시 ~ 10월 5일 06시, 신고리 3, 4호기 출력 감발 시행
- 연휴, 명절 등 특수 경부하 기간 예상 수요와 발전기 운영계획 검토를 통해 계획

재생에너지의 배전계통 영향

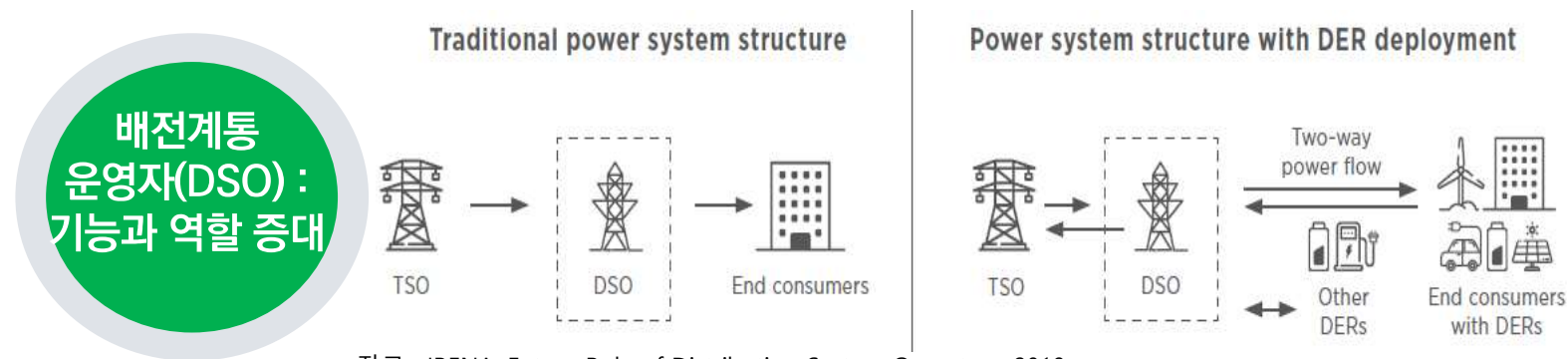


분산에너지자원 확대와 배전계통 운영

- (현재) 전통적 전력거래 구조 : 대규모 발전설비의 생산 전력을 소비자에게 판매 (일방향 정보흐름)
- (미래) 분산에너지자원 확대에 따른 전력거래 구조 : 배전망이 분산에너지자원의 플랫폼 역할

- 분산에너지 소유자인 소비자와 상호 전력 및 정보 교환
- 전력망의 혼잡과 피크부하 관리 방식의 변화

» 배전계통의 안정성 전제 : 분산에너지 시장거래를 위한 새로운 제도 설계



자료 : IRENA, Future Role of Distribution System Operators, 2019

※ 전통적 배전운영 방식 → 분산에너지 확대를 위한 배전망 확대 및 비용증가
배전계통 단위에서 제어 및 효율적 관리 → 배전망 투자비용을 줄이면서 분산에너지 확대 가능



2. 전력시장의 운영시스템과 문제점

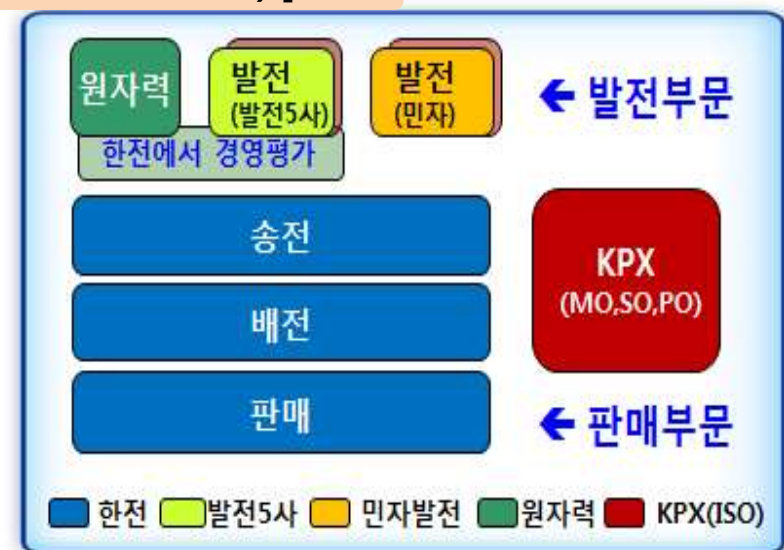
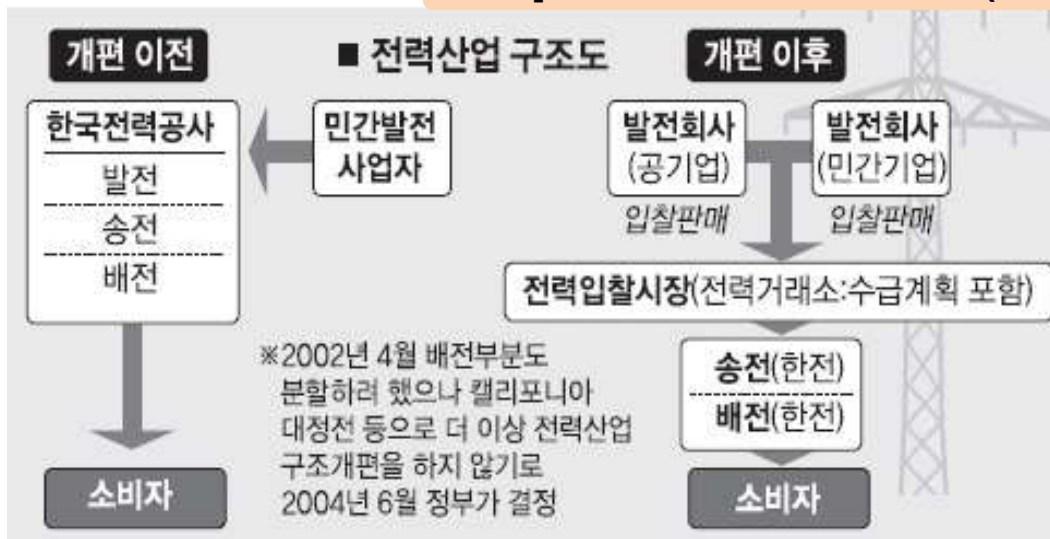
전력시장의 운영시스템과 문제점



전력시장의 현 주소: 전력시장구조

- 현행 발전경쟁 단계의 변동비 반영(Cost-Based Pool, CBP) 시장 운영
- 송배전 및 판매부문의 한전독점체제 유지(수직통합체제와 유사한 한전 중심의 운영체제 유지)
- 소비자는 한전에서 전력구입(3만 Kw 이상 대규모 소비자는 도매시장에서 직접구매 가능)
- 일정규모(20MW) 이상의 전력거래는 도매시장에서 이루어지는 강제적 시장
- 한전과 전력구입계약(PPA)을 체결한 사업자는 수급계약 가격으로 정산

[현재 국내 전력시장 구조 (발전경쟁 + ISO 체계)]



전력시장의 운영시스템과 문제점



해외 유틸리티의 사업구조 특징

- 소매시장의 자유화 및 경쟁적 시장환경 하에서 기존 유틸리티의 생존 경쟁(판매수익 하락)
- 에너지전환 및 분산화에 따른 전통 발전사업 축소, 신재생(자회사 형태)과 배전망 사업 확대 추세
- 송변전 사업은 별도의 독립 망사업자가 수행, 망의 중립성과 공평성 유지 노력
- 우리나라는 한전의 발전자회사 분리, 소매독점 유지, 송배전망 소유 등에서 차이

해외 유틸리티의 사업구조

■ : 직접수행, □ : 미수행, 중단

유틸리티		enel	IBERDROLA	edf	e-on	RWE	nationalgrid	Exelon
발전	원전 · 화력				(매각진행중)			
	재생에너지	자회사 (EGP)		자회사 (EDF EN)	자산교환 → RWE	자회사 (Innogy)	자회사(해외) (Geronimo)	
네트워크	송변전*	Terna	REE	RTE	50Hertz, Tennet Amprion, TransnetBW			
	배 전			자회사 (Enedis)				
판매	전기 · 가스					자산교환 → E.ON		자회사 (BGE 등 4개)
	신사업	자회사 (Enel X)						

주 : 1) 프랑스는 EDF가 송전망 사업자 RTE의 지분 50.1%를 보유하고 있으나 한전-발전자회사의 관계와 같이 경영참여권이 없어 미수행으로 분류 (회계상 자회사가 아닌 관계기업) 2) 이탈리아의 ENEL은 구조개편 이후 송전망 사업자 Terna 지분 전량 매각(2009), 3) 독일, 스페인, 영국은 유틸리티와 송전망 사업자간 지분관계 없음

자료 : 한전경영연구원, KEMRI 전력경제 REVIEW, 2020년 제3호, p. 6 재인용.

전력시장의 운영시스템과 문제점



우리나라 에너지시장의 근본적 문제

- 에너지 요금, 시장구조, 정보공유, 에너지원간 융복합적 측면에서 에너지전환 및 신규사업 장애
- 전통적 에너지 규제체계 하에서
 - 지속가능한 에너지 산업의 발전 및 신산업 기반의 성장동력 확보가 가능한지?
 - 4차 산업혁명 기술요소의 수용 및 범용적 활용이 가능한지?
 - 분산에너지자원의 확대 및 신규 서비스 사업모델의 개발이 가능한지?

1 에너지 요금 규제

- 낮은 에너지 요금수준
- 요금의 경직성 및 설계 자율성 미비
- 수익성 모델 개발에 한계
- 시장의 가격기능 정상화

2 독점적 시장구조

- 다른 판매사업자의 진입 장벽
- 신규 사업모델 개발 유인 부재
- 수요반응 및 결합 서비스 창출장애
- 진입 장벽 철폐와 경쟁구조 조성

- 정보는 신규 수익모델 핵심적 역할
- 데이터 활용 사업모델 개발 걸림
- 소비정보 개방과 공유기반 구축필요

3 정보의 독점화

- 에너지 업역간 엄격한 구분
- 다양한 에너지 융복합 사업 애로
- 업역간 구분철폐, 타 산업과 융복합

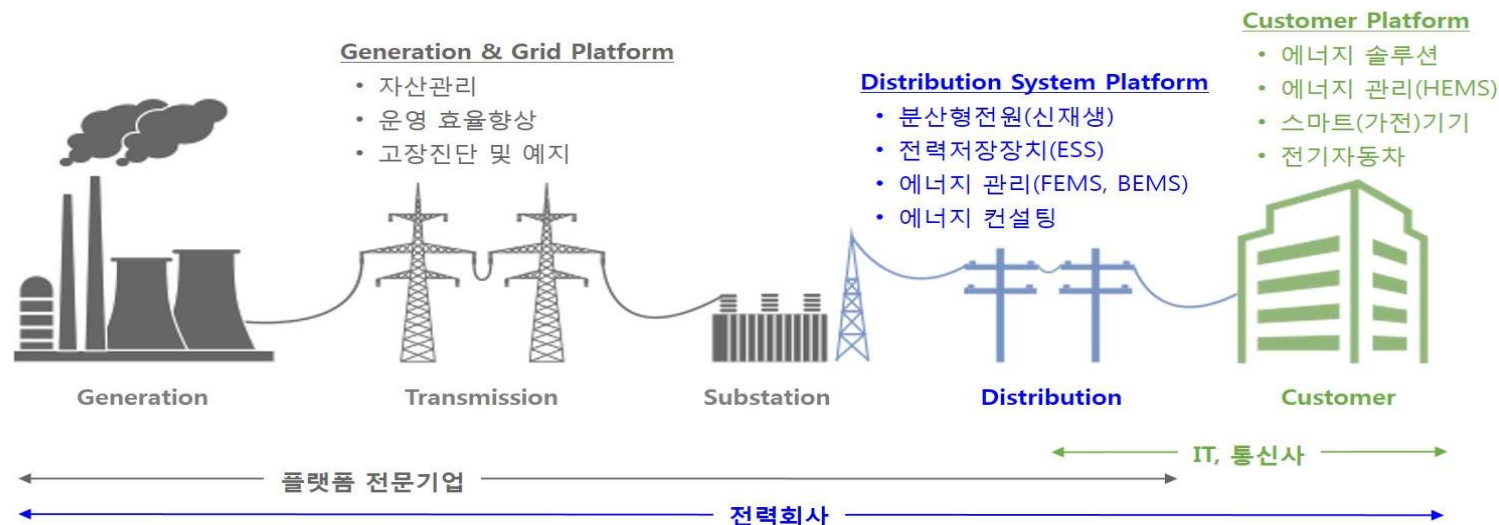
4 에너지원별 구분

전력시장의 운영시스템과 문제점



전통적 에너지 규제시스템 유지

- 전통적 에너지 시스템 → 공급 및 거래 방식과 기술변화 → 새로운 에너지 시스템 구축
- 전통적 에너지 시스템 유지 : 전통적 비즈니스 모델(한 회사가 단일 에너지 판매 통해 가치창출)
- 구조변화없이 기술발전, ICT 적용 등 외연적 기술 적용을 통해 신규 사업모델 개발 시도
- 정부 및 공기업 주도의 사업모델 창출, 신규 사업에 대한 민간부문의 투자유인 미흡
- 스타트업 및 중소규모 신규사업자의 진입규제, 제한적 사업 모델 개발에 국한



자료 : 한전경제경영연구원, KEMRI 전력경제 REVIEW, 2017년 제22호, p. 4 재인용.



3. 전력시장의 발전 방향

미래 전력시스템 운영



미래 전력시스템의 역할 변화

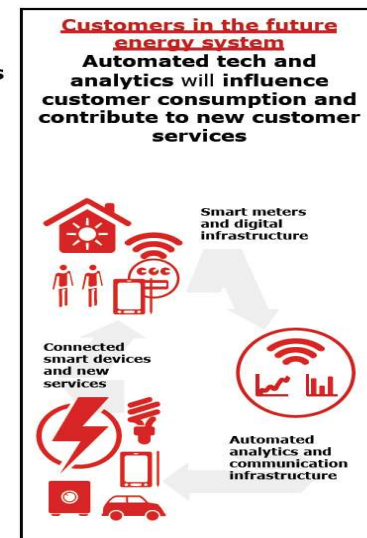
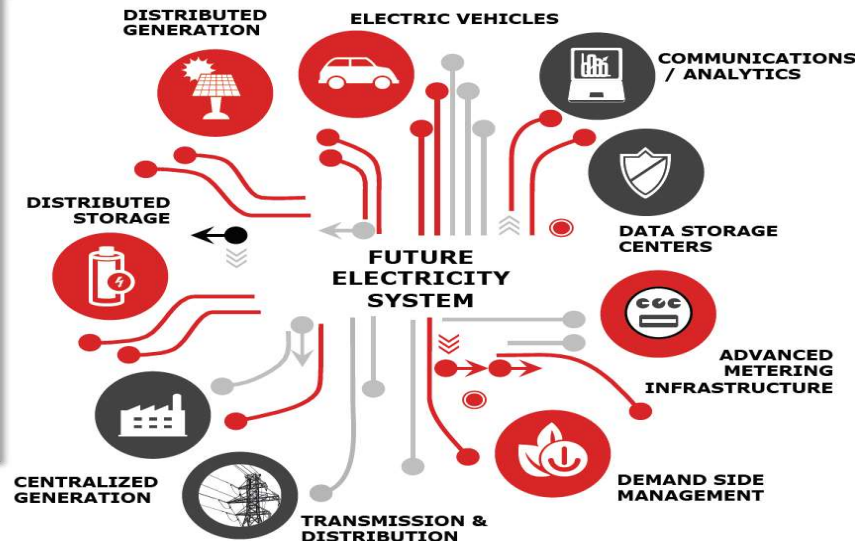
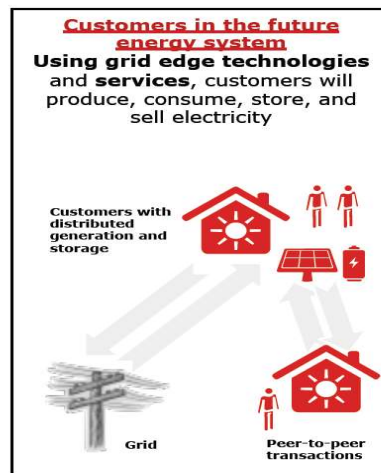
- 전력시스템 역할 : 전력공급 차원을 넘는 분산에너지원의 가치 극대화하는 플랫폼으로 진화
- 수입모델 : 중앙집중적 전력공급의 수입감소 → 신규 배전 및 소매 서비스로 수입확대
- 개별 소비자 : 선택한 기술의 계통연계로 여타 분산자원 및 중앙집중적 자원과 거래

» 스마트화, 분산화, 복잡화

전력시스템

=

신뢰성, 안전성, 환경적 지속성
서비스 및 비즈니스 새로운 기회제공

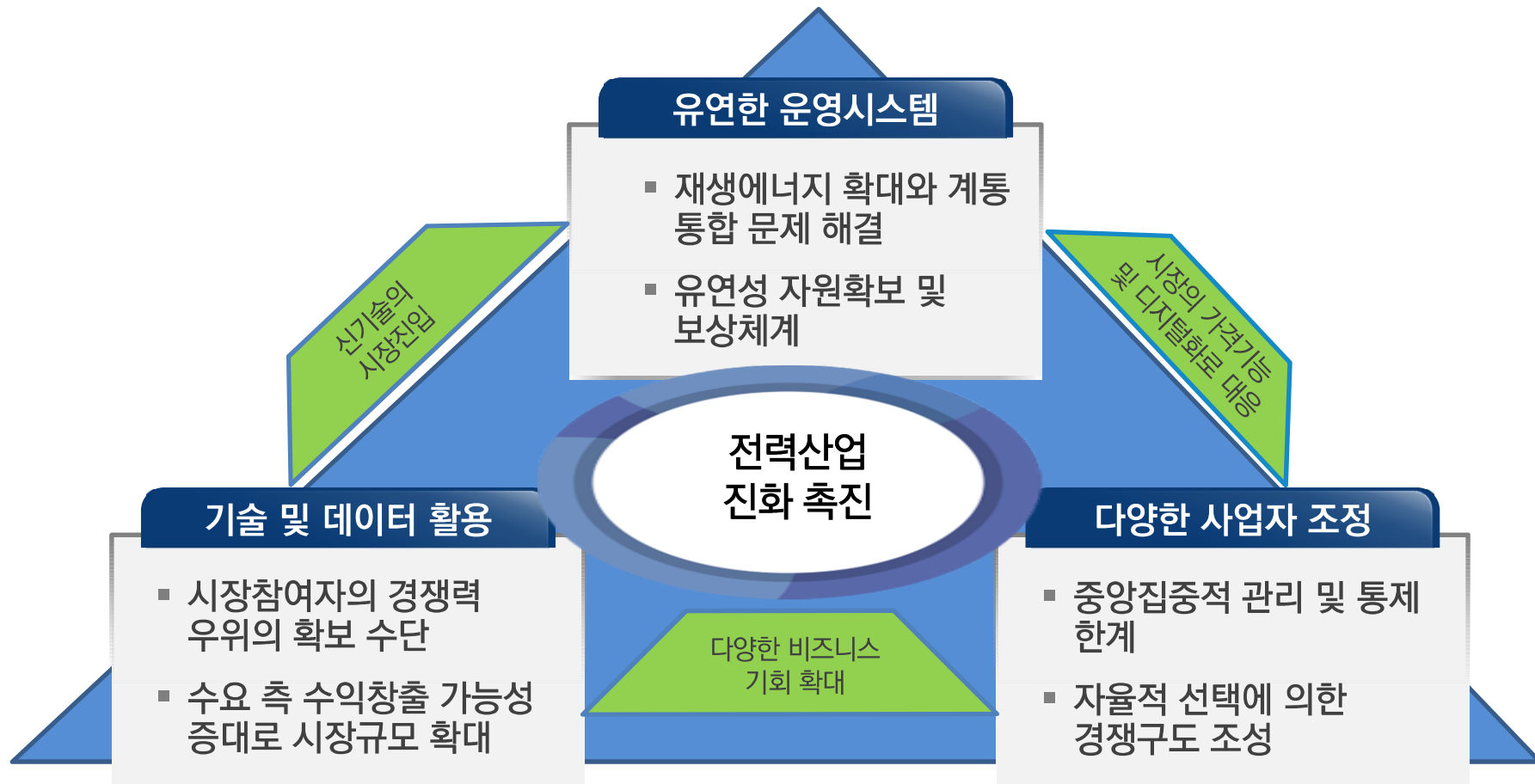


전력산업 진화와 전력시장의 수용



“전력산업의 진화 : 신기술의 적용에 따른 비용 감소, 분산화, 디지털화(자동화 및 효율화)”

» 전력 운영시스템의 유연성과 시장제도 개혁



전력시장의 운영시스템 개선 및 시장 개방



“재생에너지의 계통 통합은 근본적으로 전력운영시스템 개선과 시장의 개방을 통해 해결”

전력 도매시장

재생에너지 변동성 대응

신재생발전기의 계통연계 기준 강화

- 사고시 계통연계유지(주파수 : FRT, 전압 : LVRT)

속응성 자원형태 Fast DR 도입 계획

- 일정 주파수 이하 하락 : 저주파수 계전기를 통한 산업체 소비차단

재생에너지 발전량 예측제도 도입 계획

- 발전량 하루 전 예측, 당일 일정 오차내 이행 시 정산금 지급

도매시장 운영 개선 : 유연성 확보

실시간 시장 및 보조서비스 시장 구축

- 태양광 및 풍력 발전의 실시간 변동성 반영
- 운영예비력과 대체 자원 활용의 시장가치 반영 필요

도매시장의 장단기 계약 비중 확대 및 현물 비중 축소

- 가격 및 물량의 변동성 위험 방지의 수단으로 활용

가격입찰 시장으로 전환

- 시장의 가격기구가 사업자의 입찰 선택에 영향 및 판단

가격입찰에 따른 용량시장 운영 고려

- CBP 체제의 용량요금에서 가격입찰에 따른 용량시장 개설 고려

전력 소매시장

분산에너지자원 확대와 DSO 기능강화 대비

분산에너지자원 거래에 대한 제한

- 현행 분산에너지자원 거래는 도매시장 중심, 한전과 PPA

DSO 중심의 거래 플랫폼 형성과 분산에너지자원 연계

- DSO 중심의 거래 플랫폼 형성, 소매시장 자유화기반에서 활성화
- 소매시장 규모 확대에 대한 기회 제공
- 분산에너지자원 관련 서비스와 사업모델 개발, 다양한 기회 확대

소매시장 개방 방식

진입규제 완화 방식 : 일본과 유사 방식

- 논란의 여지줄이면서 시장경쟁체제로 이행 장점
- 개방의 범위 : 수용가 규모 고려(일정에 대한 로드맵 제시 필요)

현 전기사업법 신규 판매사업자 허용 가능, 규정 미비

- 신규 판매사업자의 진입을 위한 자격 및 허가 요건 규정
- 공급사 전환절차의 표준화 규정 마련 등

전력시장의 운영시스템 개선 및 시장 개방



“도매시장 및 소매시장의 변화와 효율화 추진을 위한 여건 개선”

공정경쟁 여건 조성

도매시장
전력 구매 조건
한전과 타판매사업자
동일조건

송·배전망
이용조건
제3자 차별대우
금지

- 기존 지배적 사업자의 시장 영향력 축소
- 개방 초기 일정기간 비대칭 규제 시행
- 일정기간 다른 다수 사업자의 경쟁력 확보 필요
- 대규모 수용가 직거래도 판매사업자와 동일 조건 적용

시장 가격기능 활성화

현행 소매시장 요금

용도별 교차보조 해소
전압별 요금체계 이행

소매시장 개방

점진적 가격자유화
초기 요금상한제, 요금선택

- 시간대별 비용반영, 차별화된 선택요금제
- 소비자의 공급자 선택과 다양한 요금메뉴 제공

※ 도매시장의 가격 기능 활성화

- 비용절감 및 발전설비 투자 유인의 신호 역할
- 소매시장과의 가격연계를 통한 효율적 자원배분 달성

공정경쟁 여건 조성과 시장 가격 기능 활성화로 전력시장 효율화 증진

감사합니다



에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute