

전력신산업 활성화와 전력 거버넌스 토론회(2026.05.20.)

분산자원의 전력거래 참여

통합발전소(VPP) 밸런싱 의무 이행을 위한 DR 활용 방안

에너지경제연구원 전력정책연구실
안재균 연구위원

1. 발표 개요 및 순서

논의 필요성

- 1** **현행 VPP의 밸런싱 의무**
 - 도매시장 입찰 참여 시 발전량 편차 발생
 - 즉시 조정 필요 → 임밸런스 페널티 발생



- 2** **ESS 중심의 고비용 구조**
 - 빠른 응답·양방향 자원이 사실상 ESS뿐
 - 투자비·열화비용으로 수익성 저하



- 3** **DR 자원 활용의 필요성**
 - DR은 비용 효율적이고 대규모 잠재력 보유
 - ESS 의존도를 낮추기 위한 대안으로 주목

DR을 활용한 VPP 밸런싱 의무 이행 방안 논의 필요

논의 순서

- 1** **VPP의 정의 및 도매시장 참여 구조**
개념·유형·시장 참여 매커니즘



- 2** **국내 VPP 밸런싱 의무 이행의 한계**
ESS 의존 → 고비용 구조



- 3** **DR 활용 방안**
DR 자원의 특성 및 밸런싱 자원으로서의 역할



- 4** **해외 사례**
DR을 밸런싱 자원으로 활용한 주요 사례



- 5** **국내 제도 개선방향**
단기·중기·장기 제도 로드맵

2. 통합발전소(VPP)의 법적 정의, 에너지자원 범위, 유형

1) VPP 법적 정의

"**통합발전소사업**"이란 정보통신 및 자동제어 기술을 이용해 *대통령령으로 정하는 에너지자원을* 연결·제어하여 하나의 발전소처럼 운영하는 시스템을 활용하는 사업
— 「전기사업법」 제2조 제12호의10

2) VPP 에너지자원의 범위

[발전·저장 자원]

신·재생에너지 발전설비, 구역전기사업 발전설비, 중소형 원자력(SMR) 발전설비, 집단에너지사업 발전설비, 전기저장장치(ESS)

[수요 자원]

수요반응자원(DR)

— 「전기사업법 시행령」 제1조의4

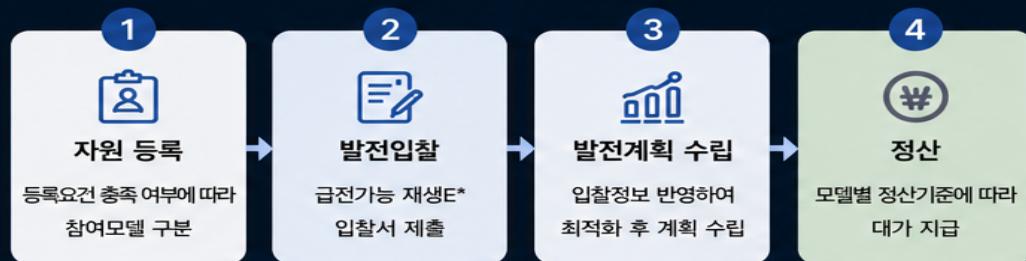
3) VPP 유형



3. VPP 전력시장 참여 모델

- 재생E의 시장·계통 기여도에 따라 참여모델을 구분
- 입찰·제어가 가능한 자원은 '급전가능 재생E'로 등록하여 시장에 참여

재생에너지 참여모델 구분



* 급전가능 재생E : 개별 또는 VPP 용량이 1MW를 초과하며 급전가능한 경우 (설비용량 3MW 초과 시 등록 의무)

참여모델 정의

급전가능 재생E

- 중앙급전 및 출력제어 가능
- 입찰 참여를 통해 경제성 기반 발전
- 시장·계통에 능동적으로 기여

기타 재생E (비중앙급전)

- 비중앙급전(예측제도 기반)으로 참여
- 실시간 출력제어 및 입찰 불가
- 예측정산금 중심 정산

예측제도 전환기 조치
입찰제도 도입 시 종료 원칙
전환기 1년간 현행 예측
정산금의 50% 지급

예측정산금 제도
다음날 발전량 예측 제출
오차 허용범위 이내 시
예측정산금 지급

참여모델별 비교

구분	단독형 (급전가능 재생E)	집합형 (급전가능 재생E, VPP)	기타 재생E (비중앙급전)
중앙급전	○ (가능)	○ (가능)	✗ (불가)
출력제어	○ (가능)	○ (가능)	✗ (불가)
입찰참여	○ (참여)	○ (참여)	✗ (불가)
시장가격 결정 자격	○ (있음)	○ (있음)	✗ (없음)
정산기준	시장기반 정산 (SMP 등)	시장기반 정산 (SMP 등)	예측정산 중심
대상 설비	설비용량 1MW 초과 (3MW 초과 시 등록 의무)	VPP 용량 1MW 초과 (3MW 초과 시 등록 의무)	1MW 이하 또는 비급전가능 설비
역할	시장·계통의 능동적 자원 (유연성 제공, 경제적 최적화)	VPP 단위 통합운영을 통한 시장·계통 기여 확대	간접적 기여 (예측 기반)

○ : 가능/있음/참여 ✗ : 불가/없음

모델별 역할 및 기대효과

급전가능 재생E (단독형·집합형)

- ✓ 시장 효율성 및 경제성 향상
- ✓ 출력 변동성 완화 및 계통 안정성 기여
- ✓ 유연성 자원으로서의 역할 수행

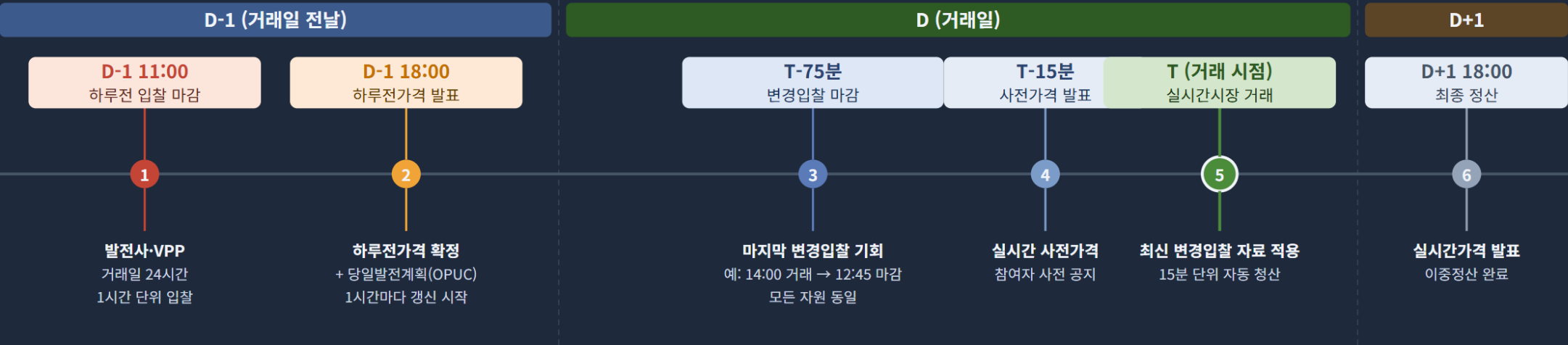
기타 재생E (비중앙급전)

- ✓ 예측제도를 통한 간접적 기여
- ✓ 소규모·비급전 설비의 시장 참여 보장
- ✓ 점진적 전환을 통한 제도 안정성 확보

4. 도매시장 거래 및 정산구조

전력시장 거래 시간 흐름 — 하루전 → 당일 → 실시간

제주 시범사업 운영규칙(안) 기준



자원별 변경입찰 가능 항목 (T-75분까지)

자원 유형	변경 가능 항목	비고
일반 발전기 가스·석탄·LNG·원전 등	자체발전계획량 제약운전 사유 발생 시 변경 가능	입찰가격 변경 X (하루전 가격 그대로)
급전가능 재생E 태양광·풍력 (단독·집합형)	공급가능용량 · 기술적 특성 · 입찰가격 기상 변동성 반영 위해 가격까지 변경 허용	⚠ 하루전 입찰가격보다 상향 불가
급전 전기저장장치 ESS (BESS 등)	공급가능용량 · 기술적 특성 SOC 상태·충방전 능력 변화 반영	입찰가격 변경 X
송전사업자용 ESS 한전 운영 등	주파수조정가능용량 계통 안정화 가용량 변경	전용 항목만 변경
DR 자원 (수요반응) 수요관리사업자	운영규칙에 명시 X 변경입찰 항목으로 규정 안 됨	⚠ 융합형 VPP 구현의 제도적 한계

하루전 · 당일 · 실시간 시장 흐름



하루전시장 (DAM)

하루전 낙찰량 · 하루전가격 결정



당일발전계획 (OPUC)

수요 · 재생에너지 예측 보정



실시간시장 (RTM)

15분 단위 재조정
실시간가격 · 예비력가격 결정



급전지시 · 출력조정

실시간 수급 균형 유지

이중정산 및 임밸런스 페널티

이중정산 (Two-Settlement)

$$\text{하루전낙찰량} \times \text{하루전가격} + (\text{실시간발전량} - \text{하루전낙찰량}) \times \text{실시간가격}$$

- 하루전 계약(낙찰) 금액
: 하루전낙찰량 × 하루전가격

- 실시간 편차 정산 금액
: (실시간발전량 - 하루전낙찰량) × 실시간가격

▶ 계약이행 유도 및 실시간 수급 밸런싱 확보

임밸런스 페널티 (IMBP)

중앙급전발전기

미달 발전량 발생 시 페널티 부과

$$\text{미달 발전량} \times \text{실시간가격} \times \text{페널티계수 20\%}$$

$$\text{페널티 금액} = \text{미달 발전량} \times \text{실시간가격} \times 20\%$$

- 기준: 계약입찰량 대비 실시간발전량 미달

급전가능 재생e

과잉 발전량 발생 시 회수

$$\text{과잉 발전량} \times (\text{실시간가격} - \text{입찰최솟값})$$

$$\text{회수 금액} = \text{과잉 발전량} \times (\text{실시간가격} - \text{입찰최솟값})$$

- 기준: 급전지시량 대비 과잉발전



허용오차율

'24년

12%



'25년

8%

허용오차율 초과 시 위 페널티 · 회수 금액 적용

※ 실시간가격: RTM 가격 (한계가격) 기준

4. 현행 VPP 밸런싱 의무 이행의 한계

1) 밸런싱(실시간 출력 조정 능력) 자원으로 ESS에 단독 의존

자원	출력 조정 능력	운영규칙
태양광·풍력	자체 조정 불가 (기상 종속)	집합형 구성 자원
ESS	양방향 조정 가능 (유일)	보조자원
DR	양방향 조정 가능	미포함 (추후 점진적 확대 명시)

2) 현행 제도의 구조적 문제

- VPP는 공급자원, DR은 수요자원으로 분리 운영
- 통합 운영 시 시너지 효과 활용 불가
- ESS 단독 의존 → 비용·확장성 한계

→ 통합 활용 제도화 필요

5. 수요반응자원(DR) 정의와 밸런싱 자원으로서의 우수성

DR 정의

가격 · 계통 신호에 반응해 소비를 조절하는 자원

유형



① 신뢰성 DR

계통 비상 시 의무 감축



② 경제성 DR

시장 가격에 반응한 자발적 조정



③ Fast DR

초~분 단위 응답 (밸런싱 · 주파수조정용)

주요 자원군

산업 대응량 · 고응답



전기료



냉동창고



펌프



압축기

건물 유연 · 예측가능



HVAC



조명



데이터센터



상업건물

가정 소규모 · 다수 · 자세대



히트펌프



EV 충전



스마트기전



가전·IoT

밸런싱 자원으로서 DR의 강점

4가지 측면에서 ESS와 차별화

① 응답속도

1s 10s 1m 5m

Fast DR

산업·EV

건물

Fast DR은 ESS와 동등한
1초 이내 응답 가능

② 양방향 대응

공급
부족

공급
과잉

부하 ↓

부하 ↑

감축 + 증대 모두 가능
→ 재생e 흡수 효과

③ 저비용 구조

ESS

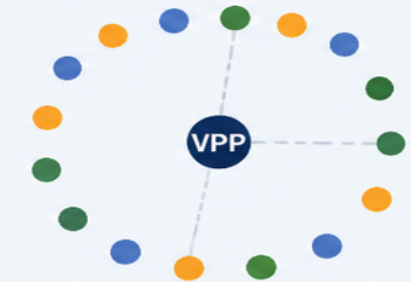
DR

高 CAPEX

低 한계비용

기존 인프라 활용

④ 분산성 · 확장성



소규모 다수 → 단일점 고장 無

6. 밸런싱 자원 비교 : ESS vs DR

항목	ESS(LFP BESS)	DR
단위 투자비	32~52만원/kWh*	약 6,500원/kW**
한계비용	배터리 열화 + 손실	부하 조정 보상금 수준
응답속도	1초 이내	수초~수분 (Fast DR은 1초 이내)
지속시간	수시간 (용량 한계)	부하 특성에 따라 가변
양방향	○ (충/방전)	○ (감축/증가)
확장성	자본투자 비례	부하 발굴 비례
수명·내구성	사이클 열화	부하 자체 수명

* CAPEX: \$250~400/kWh (4시간 LFP BESS, PNNL/NREL ATB 2022~2024)

≈ 약 32~52만원/kWh (환율 1,300원/\$)

** 전력거래소 (2017) — 독일 1차예비력 DR 자원 기준

→ DR이 비용·확장성·환경 측면에서 우위, ESS는 즉응성 우위

7. DR 활용 시 개선 효과

경제적 측면

① 기존 부하 활용 기반의 경제적 밸런싱 자원 확보

- 기존 부하 활용 기반 유연성 확보
- 추가 저장설비 투자 의존도 완화
- 피크 대응 비용 효율성 향상

② 신규 ESS 투자 부담 완화

- 기존 수요자원 활용 기반 투자 부담 완화
- 단기 유연성 확보 기반 증설 부담 완화
- 수요조정을 통한 유연성 자원 보완 가능

③ 수익 다각화

- DR 정산금 확보
- 임밸런스 비용 감소 가능
- (추후) 보조서비스시장 참여 가능성

계통·환경 측면

① 계통 안정성 향상

- 분산형 수요자원 기반 계통 유연성 확보
- 피크·수급변동 대응력 향상
- 계통운영 안정성 제고

② 재생E 통합 확대

- 재생에너지 변동성 대응 지원
- 출력제어 부담 완화
- 재생에너지 수용성 확대 기여

③ 환경 효과

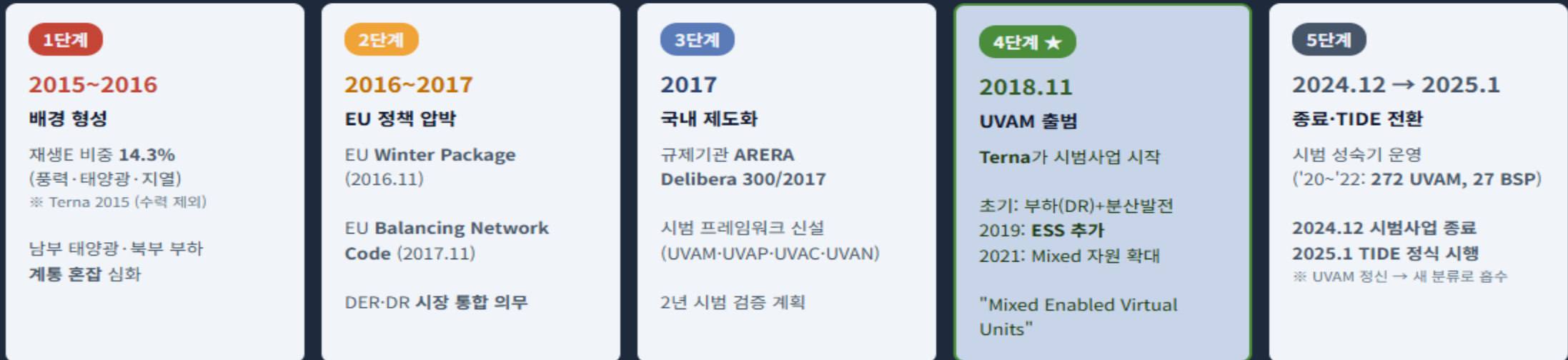
- 피크 대응용 추가 설비 부담 완화
- 첨두부하 대응용 화력발전 운전 감소 가능
- 계통 효율 향상 기반 온실가스 감축 기여

8. 해외 융합형 VPP 제도 ① — 유럽

1) 이탈리아 — UVAM (Mixed Enabled Virtual Units, 2018.11)

UVAM 도입의 역사적 타임라인

EU 정책 → 이탈리아 국내 → Terna 시범 → 정식 제도화



계통 불안

정책 압박

법적 근거

제도 출범

정식 제도화

정치·경제적 동인

① 환경 정책

EU 2050 탄소중립
이탈리아 재생E 55% 목표
→ 변동성 흡수 자원 시급

② 시장 형평성

기존 보조서비스시장
대형 발전사 독과점
→ DER·DR 진입권 보장

③ 계통 안정성

남북 송전 혼잡 심각
지역별 보조서비스 필요
→ 분산자원 지역 운영

④ 기술 가능성

AI·플랫폼 기술 발달
Enel X 등 사업자 준비
→ 분산자원 통합 운영

UVAM — 이탈리아 시범 보조서비스 사업 (2018.11~2024.12)

Unità Virtuali Abilitate Miste — 융합형 VPP의 원형

①

Mixed Resources (혼합 자원)

이질적 분산자원의 자유 결합

부하(DR) · 분산발전 · 태양광

ESS · EV 충전 · 바이오가스

하나의 가상 단위 = 1개 UVAM

"Miste" = 혼합형 VPP의 핵심 정신

②

Aggregator 운영 구조

BSP (Balance Service Provider)

↳ 집합사업자가 다수 자원 통합 운영

주요 기능:

자원 모집 · 예측 · 입찰 · 실시간 제어 · 정산

Enel X · Edison · A2A 등 31개 사업자

③

MSD 보조서비스 참여

Mercato dei Servizi di Dispacciamento

(이탈리아 보조서비스시장)

주파수 조정 (Frequency Regulation)

예비력 제공 (Reserve Capacity)

혼잡 관리 (Congestion Management)

Terna(TSO)가 직접 호출·정산

④

이중 보상 정산

대기 용량 보상 (고정)

↳ 가용 용량 등록만 해도 보상

실제 호출 보상 (변동)

↳ Terna 명령 이행 시 추가 보상

Aggregator 단위 통합 정산

자원별 분리 정산 X → 사업자 통합 정산

TIDE — 이탈리아 통합 급전 규정 (2025.1 시행)

Testo Integrato del Dispacciamento Elettrico — UVAM 시범사업의 정식 제도화

① 새 집합 단위 분류 (6종)

지리적 범위 + 시장 자격 기준 재분류

UAS	단독 자격 단위 (개별 등록)
UVAN	노드별 가상 자격 단위
UVAZ	존(구역)별 가상 자격 단위
UVN·UVZ	에너지시장 전용 단위
UnAP	시장 비참여 단위

② 기술 중립성

"Mixed (혼합)" 카테고리 **폐지**

모든 자원이 기본적으로 통합 가능

부하 · 발전 · ESS · EV

자유로운 결합 허용

※ UVAM의 정신이 일반 원칙으로 확장

③ BRP-BSP 역할 분리

BRP (Balance Responsible Party)

↳ 에너지시장 수급 책임자

BSP (Balance Service Provider)

↳ 보조서비스 공급자

별도 사업자로 활동 가능

한 자원이 두 사업자에 동시 등록 가능

④ 포트폴리오 입찰

여러 분산자원을

하나의 큰 단위처럼 운영

통합 입찰 · 통합 정산

15분 단위 정산 (2025.1~)

집합사업자의 시장 진입 비용 절감

2) 영국 — Independent Aggregator (BSC P344, 2018~)

영국 Independent Aggregator 도입의 역사적 타임라인

Supplier 종속 구조 → EU 정책 압박 → BSC P344 → DFS 시범 → 확장



Supplier 종속

정책 압박

법적 근거

제도 출범

확장·정착

정치·경제적 동인

① EU 규제

EBGL Network Code (2017.11)
BSP 역할 분리 의무화
→ 독립 사업자 진입권 보장

② 시장 형평성

Supplier 독점 구조
독립 Aggregator 진입 막힘
→ 시장 경쟁 활성화 필요

③ 분산자원 확대

가정용 ESS·EV·히트펌프 급증
스마트미터 보급 (2020~ 60%+)
→ 통합 운영 인프라 형성

④ 에너지 안보

2022 우크라이나 가스 위기
겨울 정전 우려
→ DR 활용 시급 (DFS 출범)

Independent Aggregator — 영국 BSC P344 (2018.5 시행)

Supplier 종속 구조 폐지 — DR·DER의 도매시장 직접 참여 보장

① Supplier 독립성

Supplier 동의 없이
시장 직접 참여 허용

독립 Aggregator가
DR·ESS·DER을 모집해
Balancing Mechanism에 입찰

P344의 가장 핵심 변화

② BRP-BSP 역할 분리

BRP (Supplier·소매판매사)
↳ 고객 수급 균형 책임

BSP (Independent Aggregator)
↳ 보조서비스 공급자

두 역할 분리 가능
한 자원이 두 사업자에 동시 등록

③ 에너지 영향분 정산

DR 감축 발생 시
Supplier에게 **자동 보정**

Aggregator → BM 보상 수령
Supplier → 잉여분 청구권 행사

임밸런스 자동 해소
Supplier 손해 없이 독립 사업 가능

④ 자원 통합 유연성

자원 종류 무관 **자유 결합**

산업·상업·가정 부하 (DR)
가정용 ESS · EV 충전
분산 태양광·풍력

Octopus · Tesla VPP 등 활용

9. 해외 융합형 VPP 제도 ② — 미국

FERC Order 2222 도입의 역사적 타임라인

EPAct → Order 745 (DR) → 합헌 판결 → Order 2222 (DER) → RTO 시행

1단계

2005~2008

법적 기반 형성

EPAct 2005 § 1252
FERC에 DR 지원 의무 부여

FERC Order 719
(2008.10)
DR 시장 진입 시작

DR 보상 차별 문제 부상

2단계

2011.03

Order 745 (DR)

DR = 발전자원
LMP 동등 정산 확립

도매 에너지시장 한정
Net Benefits Test 조건부

DR Aggregator 사업
폭발적 성장

3단계

2014~2018

법적 안정·NOPR

2014.5 항소법원 무효 판결

2016.1 대법원 합헌
(FERC v. EPSA)
FERC 권한 확정

2018.11 NOPR 발표
DER 통합 자원 규제 제안

4단계 ★

2020.09

Order 2222 (DER)

DER 집합 자원
도매시장 직접 참여

부하·ESS·태양광·EV
자원 무관 통합

3개 시장 전면 개방
에너지·용량·보조서비스

5단계

2026~2030

RTO별 시행

NYISO: 2026
PJM: 2027 (용량)
2028 (에너지·보조)
MISO: 2027~2029
SPP: 2030

최소 100kW부터 참여 가능

법적 기반

DR 정산

권한 확정

DER 통합 명령

단계적 시행

정치·경제적 동인

① 법적 권한

2016 대법원 판결
FERC의 DR 규제 권한 인정
→ DER로 확장 가능 토대

② DER 급증

가정 태양광·ESS 보급
EV 시장 확대
→ 시장 통합 필요성

③ 탄소중립 정책

바이든 행정부 청정에너지
계통 유연성 확보 필요
→ DER 동원 가속

④ Aggregator 성숙

745 이후 DR Aggregator
사업 모델 검증 완료
→ DER로 자연스럽게 확장

10. 융합형 VPP 비즈니스 ① — 밸런싱 시장 직접 참여 모델

1) Next Kraftwerke (독일) — 유럽 최대 융합형 VPP

Next Kraftwerke — BRP의 수급 균형 관리 사례

분산자원 BRP의 임밸런스 회피 메커니즘 (독일·유럽 7개 TSO 영역)

사업 형태

BRP 대행 운영

통합 자원 규모

10GW (2022.4)

15,000개 자산 (2025)

주력 자원

태양광 60% (6GW)

독일 PV 트레이더 1위

핵심 과제

예측 오차 임밸런스

수급 균형 관리 3대 메커니즘

①

Intraday 시장 거래

EPEX Spot Intraday
(XBID 유럽 통합 시장)

15분 단위 연속 거래
게이트 클로저 5분 전까지

예측 오차 발견 즉시
시장 매매로 보정

시장 기반 임밸런스 해소

②

양방향 자원 결합 ★

포트폴리오 내부 보정

바이오가스·CHP

↳ ramp-up/down 양방향

배터리 ESS

↳ 즉시 충방전

산업 부하 DR

↳ 양방향 감축·증대

본 발표 직접 시사점

③

통합 예측 플랫폼

NEMOCS

(Next Pool Operation System)

15,000개 자산
실시간 데이터 수집

머신러닝 기반
풍력·태양광 예측

예측 정확도 ↑
→ 임밸런스 자체 감소
기술 인프라 시사점

분석 범위 — BRP 역할 한정

본 분석 BRP (Balance Responsible Party)

수급 균형 책임자

자기 포트폴리오 임밸런스 의무 이행

실시간시장에서 입찰량 ↔ 실적 차이 정산

→ Next Kraftwerke의 본업

별도 영역 BSP (Balance Service Provider)

보조서비스 공급자

예비력 시장 입찰 (FCR·aFRR·mFRR)

TSO 호출에 응답 (Terna·National Grid 등)

→ 별도 사업 (본 슬라이드 분석 제외)

2) Enel X (이탈리아) — UVAM 핵심 사업자

Enel X (이탈리아) — UVAM의 자원 구성과 운영

이탈리아 UVAM 시장 1위 사업자 (2019 41~45% → 2020 35% 점유)

사업자 지위

BSP (Aggregator)

총 모집 자원

약 350 MW (2020)

UVAM 시장 점유율

35~45% (1위)

모회사

Enel 그룹

자원 구성 및 자원별 운영 — 3단계

① 자원 모집·구성

① C&I 부하 DR (핵심)

- ↳ 산업: 전기로·시멘트·냉동창고
- ↳ 상업: HVAC·호텔·데이터센터
- ↳ 단위: 1MW ~ 수십MW

② 소형 수력 발전 (보완)

- ↳ Enel 그룹 자산 (<10 MVA)

③ 가정용 ESS (시범)

- ↳ 100+ PV+ESS (2019.12~)
- ↳ 베르가모·브레시아·만토바

"Mixed Enabled Virtual Units"

② 자원별 운영 방식 ★

전기로·산업 공정

- ↳ 작업 일정 조정·일시 중단

냉동창고·HVAC

- ↳ 열적 관성 활용
- ↳ 1~2시간 $\pm 1\sim 2^{\circ}\text{C}$

소형 수력

- ↳ TSO 셋포인트 응답
- ↳ 양방향 출력 조정

가정용 ESS

- ↳ 원격 충방전 제어

자원 특성별 차별 활용

③ 시장 응답

참여 시장 — Terna MSD

- ↳ MSD ex-ante (사전 용량)
- ↳ MB (밸런싱 시장)
- ↳ 실시간 호출 응답

이중 보상 구조

- ↳ 고정 (가용 용량 보상)
- ↳ 변동 (실제 호출 보상)

지역 구분

- ↳ A구역 (북·중부)
- ↳ B구역 (남부)

밸런싱 성과 (이탈리아)

- ✓ UVAM 시장 1위 (2019 45%, 2020 35%)
- ✓ C&I DR + 소형 수력 시너지 검증
- ✓ 가정용 ESS 시범 성공 (2019.12~)
- ✓ 이중 보상 구조 실증 (고정+변동)
- ✓ MB 밸런싱 호출 실시간 응답 검증

밸런싱 한계 (이탈리아)

- X UVAM 시장 자체가 작음 (~700MW)
- X 단방향 감축 중심 (증대는 제한)
- X 호출 가능 시간 연간 한도
- X 대형 발전기와 직접 경쟁 한계 (FCR)
- X 2024.12 UVAM 시범 종료 → TIDE 전환

10. 융합형 VPP 비즈니스 ② — 유틸리티·소매 결합 모델

Octopus Energy — 소매판매사의 BRP+BSP+Aggregator 통합 운영

영국 1위 소매판매사 (시장점유 25%), 자체 IT 플랫폼 Kraken 기반 통합 운영

설립 2015 (현년)	영국 시장 점유율 25% (2026 Q1, 1위)	고객 수 7.7M (영국) / 18개국	VPP 자원 1GW+ 분산자원
------------------------	---------------------------------------	---------------------------------	----------------------------

성장 비결 — 3대 요인

① 시장 위기·M&A

2021~2022 영국 에너지 위기
↳ 약 30개 소매사 파산

인수합병 약 300만+ 가구
↳ Avro Energy (58만)
↳ Bulb Energy (150만)
↳ Shell Energy Retail (130만)

2015 0% → 2024 22% → 2026 25%
9년 만에 1위 등극

② 통합 운영 ★

소매판매사 (Supplier)
↳ 가정·중소기업 전기 판매

BRP — 자기 고객 수급 균형
↳ 임밸런스 의무 이행

BSP — 보조서비스 입찰
↳ National Grid ESO

Aggregator — 분산자원 통합
↳ 가정 ESS·EV·히트펌프

한 사업자가 4가지 역할 동시

③ Kraken 플랫폼

자체 개발 IT 플랫폼
↳ AI·머신러닝 기반
↳ 고객관리·정산·VPP 통합

빠른 고객 이관 능력
↳ Bulb 150만 가구를
6개월 만에 이관

라이선스 사업
↳ E.ON·Origin·EDF 등
↳ 5,400만 가구 운영

IT 플랫폼 자체가 수익원

통합 모델의 본 발표 관점 의미

자원 확보
소매 고객 = 분산자원 풀
→ 가정 ESS·EV 자연스럽게 통합

밸런싱 관리
BRP로서 자기 고객 임밸런스 직접 관리
→ 외부 정산 불필요

IT 인프라
통합 플랫폼이 핵심 경쟁력
→ Kraken 모델 참고 가능

11. 국내 적용 시 기대 효과

① VPP 사업자 관점

사업 수익성 · 확장성 강화

- **기존 부하 활용 기반 밸런싱 비용 효율화**
기존 설비 활용 기반 유연성 확보
- **CAPEX 부담 완화**
추가 저장설비 투자 부담 완화 가능

③ 수요자 관점

경제적 편익 · 참여 기회

- **산업체**
DR 정산금 및 전기요금 절감 가능
- **일반 소비자**
계통 안정화 기반 요금 안정화 기여

② 계통 운영자 관점

계통 효율 · 유연성 확보

- **전체 밸런싱 조달비 감소**
분산 수요자원 기반 유연성 확보
- **재생E 출력제어 부담 완화**
수요 흡수를 통한 변동성 대응 지원

④ 국가 관점

사회후생 증가

- **자원 배분 효율성 향상**
시장 기반 유연성 자원 활용 확대
- **미활용 분산자원 가치 창출**
산업체 · 가정 자원의 시장 참여 확대

12. 국내 VPP의 DR 활용 제고방향

① 자원 구성 — 운영규칙 개정

- 현행: 집합형 VPP 구성 자원을 태양광·풍력으로 한정
- 개선: 집합형 VPP 자원에 **DR 포함** → 재생e + ESS + DR 통합 자원 허용
- 근거: 「전기사업법 시행령」 제1조의4 (VPP 자원에 DR 포함)와 정합성 확보
- 해외 참조: **미국 FERC Order 2222** (DER 통합 자원 도매시장 참여), **이탈리아 UVAM** (Mixed Enabled Virtual Units — 부하+발전+ESS 통합)

② 사업자 자격 — 통합발전소사업자(VPP)의 DR 겸업 허용

- 통합발전소사업자에 **DR(수요자원) 겸업·통합 운영 허용**
 - ※ 「전기사업법 시행령」 제1조의4가 이미 VPP 자원에 DR 포함 → 운영규칙·하위 규정 정비로 실현
- 효과: 새 사업자 카테고리 신설 없이 단일 사업자의 공급·수요 자원 통합 포트폴리오 운영
- 해외 참조: **미국 DER Aggregator** (FERC Order 2222로 법적 지위 부여), **영국 Independent Aggregator** (BSC P344, 발전사 우회 없이 직접 참여)

③ 정산 체계 — 임밸런스 정산에서 융합 자원 인정

- 현행: 임밸런스 산정 시 공급 자원만 고려 (DR 감축은 별도 트랙)
- 개선: VPP 입찰량 대비 실적 산정 시 **DR 감축량을 공급 측 출력에 합산** → DR 활용으로 **임밸런스 회피** 가능
- 효과: 융합 운영의 실효성 확보 (DR이 임밸런스 해소 자원으로 작동)
- 해외 참조: 미국 FERC Order 745(DR도 LMP로 발전기와 동등 정산), 이탈리아 UVAM (통합 자원의 단일 입찰·정산)

④ 기술 기반 — 실시간 인프라 강화

- 필요: VPP가 실시간 시장을 거래하기 위해서는 **5분 주기** AMI(지능형 전력계량 시스템)가 요구됨.
- 현행: DR 시장은 **15분 주기**로 AMI 데이터 취득 중
- 해외 참조:
 - 호주(AEMO): 인프라 교체 - 5분 단위 AMI 설치 및 데이터 변환 장치 의무화
 - 영국(Grid): 서브미터 인정 - 자산별 1~5분 단위 하위 계량 데이터를 정산용으로 공인
 - 미국(CAISO): 텔레메트리 송출 - 4~10초 주기 실시간 데이터를 통한 이행 실적 증빙

14. 결론



VPP의 DR 자원 활용 로드맵

시기	KPX 로드맵	통합 운영 모델 추진 과제
1단계 (2026~2027)	기반 구축·모델 실증	운영규칙 개정 융합형 VPP 시범사업
2단계 (2028~2029)	시장 확대·제도 정착	임밸런스 정산 개선 VPP 사업자 DR 겸업 허용
3단계 (2030~)	시장 통합·완성	계량·통신 표준 정착 보조서비스 전면 개방

주요 참고자료

- 「전기사전기사업법」 시행령 제1조의4
- 한국전력거래소 (2025), 전력시장 환경변화에 따른 수요자원시장 개선 로드맵 수립에 관한 연구
- FERC Order 745 (2011), 2222 (2020)
- Terna UVAM (2018), BSC P344 (2018)
- DFS, ConnectedSolutions, Next Kraftwerke, Enel X
- Octopus + Tesla VPP (2025)
- PNNL ESGC (2022), NREL ATB (2024)
- OpenADR 2.0, IEEE 2030.5

