

신재생에너지의 출력제한 완화를 위한 Must-Run 발전기능의 VPP 기본 운영전략

김병기, 김대진, 유경상, 김찬수, 남양현, 윤승진
 한국에너지기술연구원 전력시스템연구팀
 e-mail:bk_kim@kier.re.kr

Concept for Base Operation of Virtual Power Plant having Characteristic of Must-Run Function for Curtailment Reduction of Renewable Energy Sources

Byungki Kim, Dae-Jin Kim, Kyung-Sang Ryu, Chan-Soo Kim, Yang-Hyun Nam and Seung-Jin Yoon
 Korea Institute of Energy Research, Electric Power System Research Team

요약

제주도는 재생에너지 비중이 높아짐에 따라 출력제한 횟수가 풍력의 경우 2015년 3회에서 2020년 77회로 가파른 증가 추세를 보이고 있음 재생에너지 보급단계별 대책 및 필요사항을 제시한 IEA보고서에 따르면 '20년 제주는 이미 전력계통 영향 3단계로 재생에너지 변동성 및 초과발전에 대한 대책이 필요한 상황이다. 이러한 배경하에 최근 공급형 VPP(Virtual Power Plant)를 이용하여, 하루 전 예측 수요를 바탕으로 발전기 제약만 고려한 비용기반시장(CBP, Cost Based Pool)에서 VPP는 개별 모형을 가지고 운영하는 역할이 제시되고 있다. 하지만, 향후 송전제약을 고려한 참여가능 발전기의 실 수급여건을 반영한 가격입찰시장(PBP, Price Based Pool)의 도입이 예정됨에 따라 다수의 플랫폼을 연계 제어하고, 로컬계통을 수용하여 계통자원화를 관리하는 Must-run 발전기능을 포함하는 융합형 VPP가 필요할 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서는 향후 PBP 시장에 대응할 수 있도록, 다수의 VPP를 계통자원화하고 로컬계통을 방사상으로 운영할 수 있는 계층구조의 지능형 VPP-EMS 기술을 개발하기 위한 기본 운영전략을 제시한다.

1. 서론

재생에너지 증가에 따른 출력제한으로 인한 경제적 손실이 급증할 것으로 전망. VPP 운영을 통한 재생에너지 출력 안정화 및 잉여전력 문제해결이 시급한 실정이다. 제주의 경우, '20년 기준 재생에너지 출력 제한으로 인한 손실이 34억원(19.4GWh)으로 추산됨. 제주의 출력 제어로 인한 손실은 '34년까지 기하급수적으로 증가해 5,100억원(2,931GWh) 상당의 전기를 생산하지 못할 것이라는 전망이 나와 국가 차원의 대책 마련 필요하다. 최근 재생에너지 발전비중이 높은 EU 국가의 경우, 재생에너지원의 전력망 이용료 증가로 요금의 크게 상승하고 있다. 이에 대한 해결책으로 재생에너지 출력 변동에 따라 실시간으로 수요를 증대시킬 수 있는 '그린 DR'을 적극 활용할 계획이며, '그린 DR'의 원천기술인 분산 자원 최적 제어를 위한 VPP 기술개발이 필요한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 본 연구과제에서는 변동성 재생에너지(VRE) 및 분산자원의 지속적인 보급 확대를 위해 수요지/동일 선로를 기준으로 생산·소비·거래하는 방식으로의 전력의 공급 및 수요 패러다임 변화를 추진하며, 출력제

한 문제 대응을 위한 가상발전소-에너지관리시스템(VPP-EMS) 기술 개발 전략을 제안한다.

2. Must-Run 발전기능의 VPP 필요성

최근 전세계적으로 분산자원 가시성을 높이면서 수요와 공급의 균형을 적절히 유지하는 방식으로의 미래 변동성 에너지 패러다임 변화에 대응할 수 있는 기술 개발 필요한 상황이다. 이에 국외의 경우 표 1과 같이 VPP 참여시장이 용량, 순동예비력과 같은 보조서비스가 개설되어 있으며, 일본의 경우 10초 이내에 응답해야 하는 1차 예비력 시장에 VPP를 참여시킬 예정

[표 1] 국외 가상발전소 실증프로젝트

프로젝트명	개요	통합 목적	VPP 역할	제어 방법
VFCPP (Virtual Fuel Cell Power Plant)	29기의 분산형 연료전지 기반 마이크로 열병합발전기를 통합한 VPP 실증 프로젝트	첨두부하 감축 시전에 지정한 부하 프로파일 추종 운전	중앙제어 관리자	중앙제어
PowerMatcher 기반 VPP	multi-agent 기반 분산형	첨두부하 감축 등	전력가격 공지 에이전트	분산형 시장

프로젝트명	개요	통합 목적	VPP 역할	제어 방법
	에너지원 제어기술 적용	현물시장에 입찰	내부시장 운영자; 외부 전력시장의 시장참여자	기반 제어
FENIX (Flexible Electricity Network to Integrate the expected 'energy evolution') VPP	유럽 내 대규모 VPP 실증 프로젝트 - 온프레미스	대기 예비력 제공 전압제어 서비스 제공 혼잡 해결	중앙제어 관리자	중앙제어
EDISON VPP : EV 통합형 VPP 실증 프로젝트	- 온프레미스	1일전 전력시장 참여 보조서비스 시장 참여	내부시장 운영자; 외부 전력시장의 시장참여자	분산형 시장 기반 제어
Pro Vpp (Professional Virtual Power Plant)	DEMS (Decentralized Energy Management System) 실증 프로젝트	수급균형 서비스제공 EV효과적인 제어 기능 제공	중앙제어 관리자	중앙형 시장 기반 제어
		전력시장 참여 예비력 시장 참여	중앙제어 관리자	중앙형 시장 기반 제어

한편 국내외에서는 주파수 조정에 더해 배전망의 전압 변화를 감지하여 유/무효 전력 제어를 통한 전압 안정화에 VPP 운영 기술 도입을 검토하고 있다. 국내의 경우 현재까지 발전량 예측에 따른 정산금만 지불하고 있고 현재 운영 중인 상업용 VPP는 보조서비스에 대한 기술이 포함되어 있지 않아 주파수 및 전압 조정을 위한 분산자원의 원격 제어 및 최적제어 기술이 포함된 VPP 운영기술 개발 필요한 상황이다.

[표 2] 국가별 VPP 시장제도

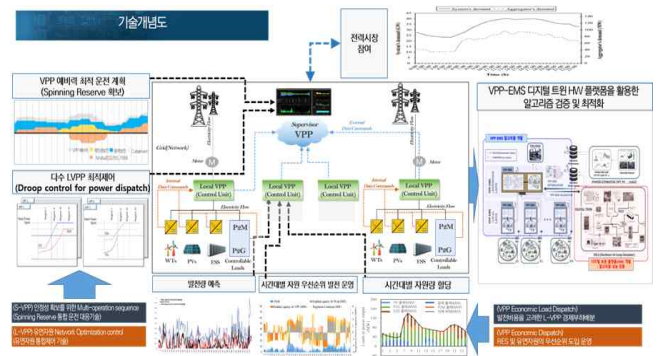
구분	VPP 참여 가능시장			지원제도
	에너지	용량	보조서비스	
영국	0	0	0	-
미국	0	0	0	-
일본	0	0	0	ESS 설치 지원
호주	0			발전기 등록의무 면제
독일	0		0	재생E 예측 의무 보상
한국	0			발전량 예측제도 정산금

제주도에서는 변동성 재생에너지 비중이 지속적으로 증가함에 따른 덕커브(Duck curve)와 같은 전력망의 안정성 문제 및 이에 기인하는 출력제한 문제가 심화되고 있어 이에 대한 대응책 마련이 시급한 상황이다. 따라서 본 논문에서는 분산제어의 한 형태로서 다양성을 가지는 융합형 VPP 구성 및 기본 운영전략을 통해 전력효율, 운영 안정성, 잉여전력문제 해소, 분산전원의 지속적 확대하고자 한다.

3. Must-Run 발전기능의 VPP 기본운영 전략

본 논문에서는 수요중심으로의 에너지 운용 패러다임 변화 및 출력제한 문제 대응을 위한 Must-run 기능의 융합형 가상발전소(VPP)-에너지관리시스템(EMS) 기술 개발을 하기 위한 핵심기술은 아래와 같다.

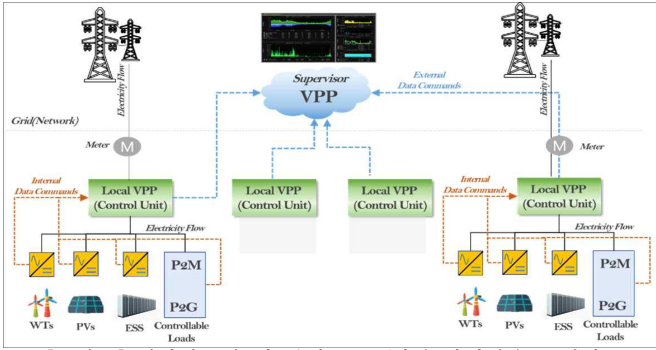
- ① 섹터커플링 및 부하특성을 고려한 VPP-EMS 통합 운영기술
- ② 에너지원과 부하의 특성을 고려한 AI기반 예측 기술
- ③ 계층구조 지능형 VPP-EMS 기술 검증 시스템을 개발



[그림 1] 출력제한문제 해결을 위한 지능형 계층구조 VPP-EMS 기술 구성도

본 논문에서는 상기에서 제시한 3가지의 핵심기술 중 섹터커플링 및 부하특성을 고려한 지능형 VPP-EMS 통합 운영기술 전략을 제안하여, 예비력 운전이 가능한 VPP의 운영체계 및 방안을 제안한다.

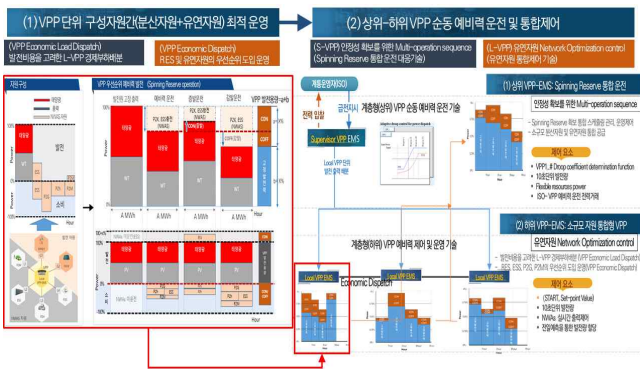
VPP-EMS 통합 운영은 시간대에 발생하는 재생에너지 과출력 혹은 과부하 문제를 유연성 자원으로 해결하여, VPP를 기존 화력 발전기처럼, 기저부하운전 90%, 예비력 운전 10%로 구성하는 것을 목표로 한다. 구체적으로 신재생에너지원의 발전은 100%로 운영하면서 계통의 운영상황에 따라, VPP를 구성하고 있는 P2X 자원을 이용하여 전력을 유연하게 제어하게 된다. 또한 VPP 내 유연자원들의 계통입지에 따른 용량, 운영 특성 그리고 자원들의 특성에 따른 경제급전모델의 설계를 반영한 VPP 최적포트폴리오 구성을 통해 VPP의 유연자원의 모델을 설계한다. 여기에서, VPP 최적 포트폴리오는 선로별 부하 특성, 전원 분포, 지역적 특성 등 다양한 요소를 고려한 복합 구성에 따른 에너지 수요관리, 효율 향상 등 다양한 서비스 개발 및 시장 진입이 가능할 수 있도록 구성한다.



[그림 2] 섹터커플링 및 부하 종류/패턴 상이성을 고려한 VPP-EMS 운용 기술 개념도

한편, 섹터커플링 및 부하특성을 고려한 지능형 VPP-EMS 통합 운영기술의 기본 운영 아키텍처는 아래의 구성으로 개발되며, 기본 운영에 대한 방안을 표현하면 그림 3과 같다.

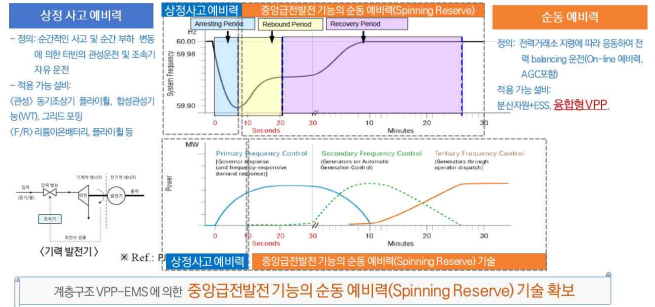
- (1) VPP 단위 구성자원간(분산+유연자원) 운영
 - (VPP Economic Load Dispatch) 발전비용을 고려한 L-VPP 경제부하배분
 - (VPP Economic Dispatch) RES 및 유연자원의 우선순위 도입
- (2) VPP 순동 예비력 운전 및 통합제어 운영
 - (상위기능) 안정성 확보를 위한 Multi-operation sequence<Spinning Reserve 통합 운전 기술>
 - (상위기능) 유연자원 Network Optimization control <유연자원 통합제어 기술>



[그림 3] VPP 계구조(Layer) 단위 VPP 운영 방안

VPP를 중앙급발전기능으로 개발하기 위해서는 기존 화력발전기의 운영방식과 동일하게 변화하는 부하 변동에 유연하게 대처할 수 있는 능력이 필요하다. 따라서 VPP를 구성하는 유연자원들의 경제급전 전략과 전력급전 방식의 구조를 개발한다면, 그림 4와 같이 고정발전예비력을 확보하여, 부하변동에 따라 예비력

운전이 가능한 VPP의 도입이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 제주도에 빈번하게 발생하고 있는 신재생 에너지의 출력제한문제를 VPP 도입으로 해결할 수 있으며, 전력 피크에 능동적인 대응을 통해 VPP 내 분산전원 활용성 및 유연성 극대화 할 수 있다. 따라서, 향후에는 본 논문에서 제안한 VPP의 기본 운영전략을 통해, 다중 분산전원의 VPP 연계를 허용하는 확장형 플랫폼 구현 할 예정이며, 이 플랫폼에는 분산에너지 관리 및 확산 체계 확립 할 수 있는 섹터커플링, 분산전원 발전량 예측에 대한 상세기술이 적용될 예정이다.



[그림 4] 순동예비력기능으로서의 VPP

4. 결론

신재생에너지의 출력제한문제 해결을 위한 Must-Run 발전기능의 VPP 기본 운영전략을 제안하였다. 따라서 제안한 VPP 전력을 통한 유연성 자원의 시장 진입 활성화 가능 및 선로별 부하 특성, 전원 분포, 지역적 특성 등 다양한 요소를 고려한 복합 운영체계를 제안하여 향후 VPP 구성에 따른 에너지 수요관리, 효율 향상 등 다양한 서비스 개발 및 시장 진입이 가능할 수 있는 방안을 제안하였다.

Acknowledgment

본 논문은 한국에너지기술연구원 2023년도 기본사업과 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원 지원을 받아 수행하였음 (No. 20203030020200) (No. C3-2416-01),

참고문헌

- [1] 한국전력연구원, “스마트시티 구축을 위한 에너지서비스 통합 플랫폼 개발”
- [2] 한국에너지 4.0 산업협회, “다중 그리드간 에너지 관리 플랫폼 개념도”, 2021