

가상발전소(VPP) 기술 현황 및 전망



정 구 형

한국전기연구원 선임연구원

1 개 황

스마트그리드는 기존의 전력망에 ICT(Information & Communication Technology, 정보통신기술)을 접목해 전력공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 효율을 최적화하고자 하는 차세대 전력망이다. 이는 중앙 집중적이고 단방향성인 기존 전력계통의 비효율성을 극복하기 위해 DER(Distributed Energy Resource, 분산형 에너지원)을 핵심 요소로 적용하고 있다. 따라서 스마트그리드 환경 하에서의 전력계통은 DR(Demand Response, 수요반응), RES(Renewable Energy Source, 신재생전원) 및 ESS(Energy Storage System, 에너지저장장치)를 중심으로 하는 다양한 유형의 DER이 도입되어 규모에 따라 분산적이고 독립적으로 운영할 수 있는 유연한 형태를 갖추게 된다. 또한, 소비자 측의 모든 전기기기가 네트워크로 연결되어 전력공급자와 소비자 간의 상호작용이 가능하게 된다.



DER은 미래의 스마트그리드 시장을 구성하는 기본 단위지만 그 자체만으로는 계통연계 및 전력거래를 수행하는데 한계가 있다. 특히, RES 출력 제어의 어려움으로 인해 필요한 시점에 전력을 생산하는 것이 불가능해질 수 있으며, 이는 결과적으로 전압 및 주파수 이상에 따른 전력품질의 저하를 야기할 수도 있다. 더불어 RES의 불확실한 발전량은 적정 규모의 전력망 투자와 효율적인 운영에서의 어려움을 초래할 수도 있다. 또한, DER은 그 규모가 작고 설치대수가 매우 많아 이를 개별적으로 감시하거나 관리할 수 없기 때문에 전력거래와 계통운영을 위한 가시성(Visibility)이 부족하여 개별 DER이 단독으로 전력시장에 참여하는 것은 현실적으로 불가능하다.

VPP(Virtual Power Plant, 가상발전소)는 이러한 문제를 해결하기 위한 대표적인 방법으로 다양한 유형의 DER을 ICT를 이용하여 통합 운영함으로써 중앙급 전발전기와 같은 운영상의 유연성(Flexibility)과 제어 가능성(Controlability)을 확보하기 위한 기술이다. 실제로 소규모 DER은 중앙계통에서 관리가 불가능하지만 이들을 하나의 발전 프로파일로 통합하여 계획발전량, 증·감발률 전압제어 능력, 예비력 등을 가시화할 수 있다면 중앙급전발전기로의 활용뿐만 아니라 전력시장에서의 전력거래 또한 가능하게 된다. 하지만 아직까지 VPP는 개념 수준에 머물러 있으며, 이에 대한 공통된 정의가 존재하지 않는다. **이러한 VPP에 대한 명확한 가이드라인의 부재는 VPP 기술지원, 투자 및 비즈니스 모델 구축에 있어 가장 큰 걸림돌이 되고 있다.**

2 현황

가. VPP의 기술적 특성

VPP는 배전단에서 다양한 유형의 DER을 통합 운영

한다는 측면에서 마이크로그리드와 유사한 개념이라고 할 수 있다. 일부에서는 마이크로그리드가 전력회사 또는 계통운영자에게 어떠한 서비스를 판매하게 되면 마이크로그리드가 본질적으로 VPP가 된다고 주장하기도 한다. 일반적으로 VPP와 마이크로그리드 간에는 상당 수준의 공통적인 특성을 공유하는 것으로 추정하고 있지만 궁극적인 차이는 마이크로그리드가 최종소비자 수준에서의 수급균형에 초점을 맞추고 있다. 반면에 VPP는 도매전력시장에서의 전력거래를 통해 송전계통 수준에서의 수급균형에 기여하는 것을 목적으로 한다는 데 있다. 이러한 VPP와 마이크로그리드 개념 간의 차이를 바탕으로 VPP의 기술적 특성을 정리하면 다음과 같다.

- 중앙급전발전기로서 계통운영에 참여
- 구성요소로서 DR 및 ESS가 필수적인 것은 아니며, 계통운영자 관점에서의 제어기능 여부가 중요
- 운영자는 시장참여자로서 발전사업자 또는 일종의 부하관리사업자의 형태로 비즈니스 모델을 운영

따라서 기술 특성상 VPP를 마이크로그리드보다 상위 개념으로 정의할 수 있다.

나. VPP 운영 현황

최근 미국과 EU(European Union, 유럽연합)를 중심으로 VPP에 대한 연구가 활발하게 추진되고 있다. 하지만 전 세계적으로 VPP에 대한 공통된 정의 및 DER 통합과 관련된 명확한 규정이 수립되어 있지 않다. 때문에 아직까지는 VPP 실증 프로젝트를 통해 이에 대한 기술적 타당성 및 사업성을 검토하는 수준에 그치고 있다. 이에 따라, VPP 시장이 완전히 성숙하기까지는 관련된 일련의 공통 규정에 대해 전력회사를

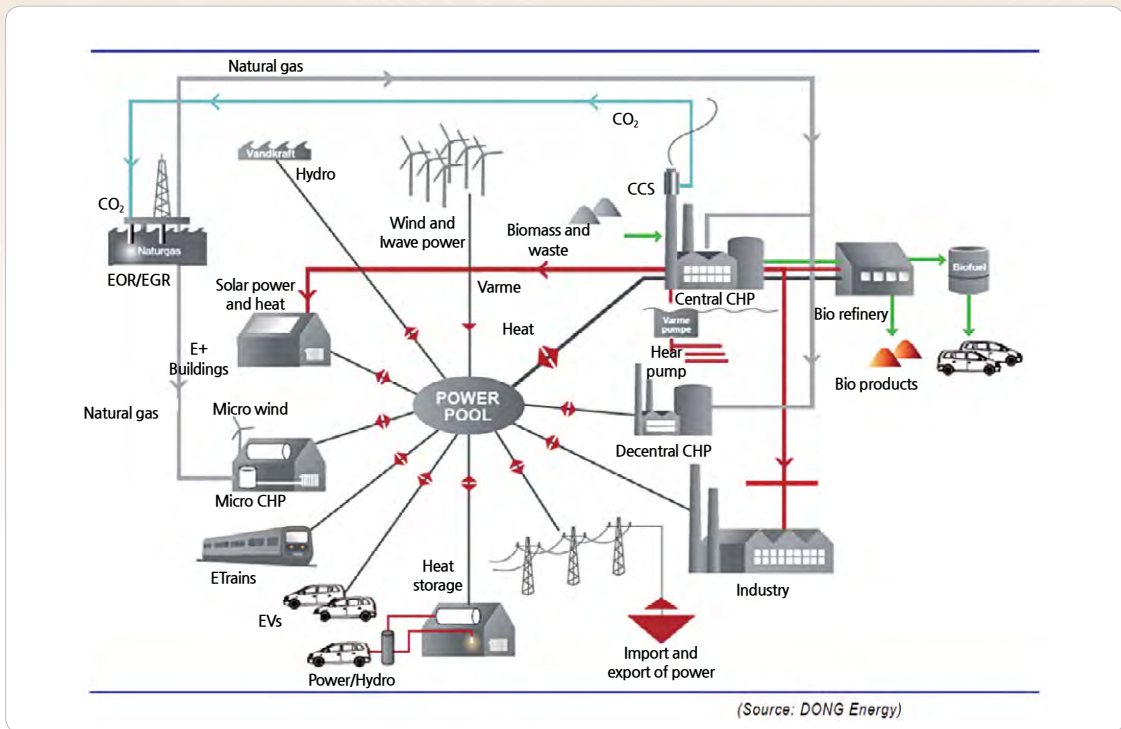


그림 1 가상발전소(VPP) 개념도

포함한 모든 이해관계자 간의 합의가 필요할 것으로 예상된다.

미국과 EU의 VPP 개념은 도입 목적 및 주요 구성요소에서 약간의 차이를 보이고 있다. 미국에서의 VPP 개념은 전적으로 DR을 기반으로 하고 있다. 이는 미국이 전 세계에서 가장 성숙한 DR 시장을 보유하고 있기 때문이다. 따라서 미국의 VPP 개념은 다양한 유형의 DR 자원을 통합하여 기존의 발전기 특성을 모방함으로써 비상시 첨두용량, 유효전력 및 순동예비력과 같은 계통보조서비스를 제공하는 것을 목적으로 한다. 이미 미국 내에는 EnerNOC과 Comverge 등의 민간 기업을 중심으로 통신망을 이용하여 수요반응 자원을 원격 제어하는 NOC(Network Operation Center) 형태의 부하관리사업 모델이 활성화되어 있다. VPP를

통해 가격신호에 반응하여 사전에 계획된 운영전략에 따라 자동으로 수행되는 실시간 DR 형태로의 변화를 도모하고 있다. 한편, PGE(Portland General Electric)은 수요반응이 아닌 소비자 소유의 비상발전기를 통합하여 첨두부하 감축에 이용하는 DSG(Dispatchable Standby Generation) 프로그램을 통해 Oregon주의 21개 소비자 구역 내 32개 발전기로 구성된 45MW 규모의 자체적인 VPP 모델을 운영하고 있다. 이는 연료전지, 폐수처리장 내 마이크로 터빈, PV 및 가스터빈을 연계하여 구성한 VPP로 도매전력시장가격이 매우 높게 상승하는 경우, PGE에 전력을 공급함으로써 최대부하 시 전력구매비용을 절감하는데 기여하고 있다.

한편, EU 내 VPP 개발 동인은 온실가스 배출량 저감 및 화석연료에 대한 의존도 완화를 위한 RES 및 DG

(Distributed Generation, 분산전원)의 보급 확대와 에너지 효율 향상이라 할 수 있다. 즉, RES 및 DG의 보급 확대에 의해 발생할 수 있는 배전망 내 안정도 및 전력품질과 관련한 문제에 능동적으로 대응하고, 소규모 DER의 전력시장 참여를 유도함으로써 전반적인 계통운영 효율을 향상시키기 위해 이러한 분산형 자원들

을 통합 운영 및 제어하기 위한 기술 플랫폼이 EU 내 VPP 개념의 핵심이다. EU 중에서도 독일과 덴마크가 전 세계적으로 VPP 기술 분야를 주도하고 있으며 이와 관련하여 다양한 R&D 실증 프로젝트를 진행하고 있지만 상업화에 이르기까지는 아직 시간이 필요한 것으로 판단된다.

표 1 EU 내 가상발전소(VPP) 실증 프로젝트 개요

프로젝트명	통합 목적	가상발전소 역할	제어방법	통신
VFCPP (Virtual Fuel Cell Power Plant) : 29기의 분산형 연료전지 기반 마이크로 열병합발전기를 통합한 VPP 실증 프로젝트	기술적 목적 첨두부하 감축 사전에 지정한 부하 프로파일 추종 운전	중앙제어관리자	중앙제어	양방향 통신 : 인터넷 VPN (Virtual Private Network) 채널 단방향 통신 : RRC (Radio Ripple Control)
PowerMatcher 기반 VPP : multi-agent 기반 분산형 에너지원 제어기술 적용	기술적 목적 첨두부하 감축 등	전력가격 공지 agent	분산형 시장 기반 제어	양방향 통신 : UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) 무선 네트워크
	상업적 목적 현물시장에 입찰	내부시장 운영자; 외부 전력시장의 시장참여자		
FENIX (Flexible Electricity Network to Integrate the eXpected 'energy evolution') VPP : 유럽 내 대규모 VPP 실증 프로젝트	기술적 목적 대기 예비력 제공 전압제어 서비스 제공 혼잡 해결	중앙제어관리자	중앙제어	양방향 통신 : GPRS (General Packer Radio Service) 및 IEC (International Electro-technical Commission)-104 프로토콜
	상업적 목적 1일전 전력시장 참여 보조서비스 시장 참여	내부시장 운영자; 외부 전력시장의 시장참여자	분산형 시장 기반 제어	
EDISON VPP : 전기자동차 통합을 고려한 VPP 실증 프로젝트	기술적 목적 수급균형 서비스 제공 전기자동차 집단에 대한 비용의 효과적인 제어 기능 제공	중앙제어관리자	중앙형 시장 기반 제어	IEC 61850 기반 양방향 통신
ProVipp (Professional Virtual Power Plant) : 총 8.6 MW의 9기 수력발전소를 통합한 Siemens의 DEMS (Decentralized Energy Management System) 실증 프로젝트	상업적 목적 전력시장 참여 예비력 시장 참여	중앙제어관리자	중앙형 시장 기반 제어	양방향 무선통신

국내의 경우, VPP에 대한 관심은 아직까지 연구개발 수준에 그치고 있다. 하지만 DR을 통한 수요관리 및 에너지 효율화에 대한 관심은 높은 편이다. 이와 관련된 에너지 정책 또한 매우 적극적으로 도입하고 있기 때문에 향후 VPP 도입에 대한 동인은 충분히 조성되어 있는 것으로 판단된다. 현재 DR 기반 VPP의 초기 형태로 간주할 수 있는 수요자원시장을 통한 부하관리사업자 제도 또한 운영하고 있기 때문에 향후 제3자가 소유하는 IPP 형태의 실시간 Auto-DR 기반 VPP 모델로 발전할 가능성이 높은 편이다.

3 VPP 도입을 위한 단계별 추진 전략

VPP 도입은 송·배전 인프라의 지능화가 전제되지 않는다면 별 다른 의미가 없게 된다. 지능형 계량기(Smart Meter)는 전력회사에게 효과적인 비용으로 보다 정확한 요금청구와 관련된 데이터를 수집할 수 있는 능력과 소비자에게 동적인 도매전력시장과 연동하는 판매 가격신호를 제공할 수 있는 능력을 부여한다. 따라서 지능형 계량기는 송·배전 인프라의 지능화를 위한 기본 구성요소가 될 수 있다. 통신매체의 유형과는 관계없이 소비자 단의 지능형 계량기 보급은 VPP 도입을 위한 첫 번째 단계라 할 수 있다.

스마트그리드는 최종소비자가 수요감축을 자동화할 수 있는 설비 및 기술을 이용하여 실시간 시장상태에 반응하는 능력을 부여하는 기술이다. 소비자 소유의 DR 또는 DG로 생산된 잉여발전량을 전력회사 또는 계통운영자에게 판매함으로써 과거의 수동적인 소비자를 프로슈머(Prosumer)로 변화시키게 될 것이다. 따라서 이러한 소비자 환경의 변화를 바탕으로 프로슈머의 전력거래를 보장하는 것이 VPP 도입을 위한 2단계라 할 수 있다.

VPP 도입을 위한 3단계는 광범위한 지역에 설치된 AMI(Advanced Metering Infrastructure, 지능형 계량 인프라)를 기반으로 하는 지능형 네트워크 시스템을 이용하여 전력공급 서비스를 소비자 단에서 송전단 수준으로 확장시키는 것이다. 이와 더불어 자동제어기술은 개별 소비자 자원을 상위 전력망의 자원 및 계통운영자와 연계할 수 있도록 한다. 이와 같은 상위 전력망과의 네트워킹이 VPP 도입의 4단계이다.

계통설비 관련 하드웨어 및 소프트웨어 공급사업자에게는 스마트그리드가 전 세계적으로 가장 수익성이 좋은 시장 가운데 하나로 자신의 제품과 서비스를 공급할 수 있는 좋은 기회가 될 것이다. 전기는 미래의 에너지 서비스를 위한 선택 수단이며, 심지어 운송 분야까지 확대되고 있다. 실제로 VPP 통합과 이에 따른 계통에 새로운 가치 창조를 위해 IT 공급사업자들이 중요한 매개체 역할을 수행하고 있다. 따라서 VPP 도입 5단계는 이러한 IT 공급사업자들이 개방된 계통 아키텍처 기술 환경 하에서 혁신에 박차를 가할 수 있도록 이들의 참여를 허용하는 것이다. 하지만 이 단계는 IT 기업들이 제공하는 데이터 수집 및 처리에서의 상당한 발전 없이는 불가능하다. VPP 도입을 위한 6단계는 이러한 데이터 흐름을 아주 자연스럽게 효율적으로 만드는 것이라 할 수 있다.

VPP 도입 7단계는 모든 VPP 관련 이해관계자들에게 유리한 해결책을 제시할 수 있는 규제 구조를 수립하는 것이다. 아직 전 세계 어디에서도 이 수준까지 도달하지 못했지만 미국, 덴마크, 독일 및 일본과 같은 국가들은 이와 관련하여 비약적으로 발전하고 있다. 이상적으로는 이것이 1단계가 되어야 하지만 새로운 개념, 비즈니스 모델 및 최첨단 기술 도입 시 관련된 정책 및 규제는 기술의 진보를 따라가지 못하는 것이 일반적이다. VPP 개념 또한 이러한 경향을 보이고 있

기 때문에 기술 구현을 바탕으로 VPP 개념을 보다 구체화시킬 수 있어야만 관련된 정책 및 규제를 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

4 전망

VPP 도입의 전략적 목적은 전력회사가 발전 및 송전 설비 등의 건설비용과 이와 관련된 투자위험을 최소화 하면서 동시에 소비자의 전력수요를 충족할 수 있도록

하는 것이다. 성공적인 VPP의 도입은 발전 및 송·배전 부문에 대한 대규모 설비투자 없이 **현존하는 발전기와 DR 프로그램 등을 통해서 소비자의 부하 변화에 실시간으로 대처하여 보다 친환경적이고 효율적인 전력공급이 가능하게 될 것이다.** 이와 같이 **소비자의 서비스 요구와 단기적 부하의 움직임에 실시간으로 대응하기 위해 VPP는 정보기술과 진보된 계량기술, 자동제어기술 및 다양한 이중기술을 포괄적이고 정밀하게 사용해야 한다.** 