

분산발전자원을 활용한 가상발전소 기반 기술의 전력시장 참여 방안에 대한 연구

A Study on the Participation of Virtual Power Plant Based Technology Utilizing Distributed Generation Resources in Electricity Market

이 윤 환[†]
(Yun-Hwan Lee)

Abstract - A virtual power plant (VPP) technology is a cluster of distributed generation installations. VPP system is that integrates several types of distributed generation sources, so as to give a reliable overall power supply. Virtual power plant systems play a key role in the smart grids concept and the move towards alternative sources of energy. They ensure improved integration of the renewable energy generation into the grids and the electricity market. VPPs not only deal with the supply side, but also help manage demand and ensure reliability of grid functions through demand response (DR) and other load shifting approaches in real time. In this paper, utilizing a variety of distributed generation resources(such as emergency generator, commercial generator, energy storage device), activation scheme of the virtual power plant technology. In addition, through the analysis of the domestic electricity market, it describes a scheme that can be a virtual power plant to participate in electricity market. It attempts to derive the policy support recommendation in order to obtain the basics to the prepared in position of power generation companies for the commercialization of virtual power plant.

Key Words : Virtual power plant, Smartgrid, Distributed generation resources, Electricity market

1. 서 론

국내 전력계통은 지정학적으로 고립되어 있으며, 전력 생산은 비수도권 지역에서 전력소비는 수도권 지역에 편중되는 특성을 가지고 있다. 전체 전력수요의 40% 이상이 수도권에 집중되어 있어 전력을 수송하기 위한 장거리 대용량 송전 선로가 집약적으로 건설되어 있다. 전력설비의 밀도가 전 세계적으로 제일 높은 수준이고, 송전망을 건설하기 위한 사업이 민원 등으로 인하여 지연되어 전력을 수송할 수 없는 상황이 되면 장기적으로 정전 대란을 촉발할 수 있는 구조적인 문제점을 가지고 있다. 이러한 집중된 부하, 장거리 송전, 지속적인 부하증가 등의 요인들은 계통의 전압 불안정 및 전압붕괴 현상을 유발하여 산업 전반에 심각한 경제적 피해를 입힐 수 있는 부분 정전 또는 광역 정전 등을 발생시킬 수 있다. 전력수급 정책방향은 세계적으로 수요관리에 중점을 두고 있으며, 기존의 공급위주의 정책은 발전소와 송전망 건설로 인한 사회적 갈등을 해결해야 하는 문제점이 있다. 대규모 발전소의 건설은 환경문제, 안전성문제, 입지문제 등으로 쉽지 않은 것이 현실이다. 따라서 효율적인 계통 운용을 위해서 분산전원을 적극 활용하는 방안이 적절한 대안으로 대두되고 있다[1].

제2차 에너지기본계획에 따르면 분산자원의 비중을 2035년까지 15%로 증대시키고, 수요관리 중심의 에너지 정책전환을 위하여 스마트그리드와 에너지관리시스템 보급 및 수요관리 시장 활성화를 적극 추진할 예정이다. 이러한 정책적 기조에 맞추어 비상용발전기, 상용발전기, 수요자원(DR : Demand Response), 에너지저장장치, 신재생에너지원 등의 다양한 분산자원을 정보통신기술을 활용하여 통합 후 마치 하나의 발전소처럼 운전 및 제어하는 가상발전소(VPP : Virtual Power Plant)에 대하여 전 세계적으로 많은 연구가 진행되고 활용되고 있다. 가상발전소는 비상용발전기, 신재생에너지 설비와 소규모 발전소, 에너지저장장치 등 다수 분산전원을 하나로 묶어 하나의 발전소처럼 운영·관리하는 연계발전소라고 할 수 있다. 전력수요가 급증하는 피크시간대에 분산자원을 가동하여 피크관리를 하면, 추가적으로 발전소와 송전망을 건설하지 않고서도 전력을 충분하게 공급할 수 있다[2-5].

가상발전소는 분산형 전원정책을 가장 효율적으로 실현할 수 있는 기술에 속한다. 소규모 분산에너지원을 스마트그리드기술로 통합하여 관리함으로써 전력수요에 적절하고 효율적으로 대응할 수 있도록 한다. 전력은 가능한 절약하고 전기사용가자의 효율성을 증가시키는 것은 가장 효과적인 전기수급정책에 속하며, 이를 통하면 온실가스의 감축이라는 부수적인 효과도 거둘 수 있다.

전력공급정책은 세계적으로 집중형 발전시스템에서 분산형 시스템으로 정책적인 전환을 하고 있고, 분산형 발전시스템이 성공하기 위해서는 스마트그리드기술을 통한 가상발전소의 활용이 필요하다. 분산전원은 미래 스마트그리드 시장을 구성하는 기본 단위지만 자체만으로는 계통연계 및 전력거래에

[†] Corresponding Author : Coon Tec, Korea

E-mail : yunan2@naver.com

접수일자 : 2016년 3월 26일

수정일자 : 2016년 5월 20일

최종완료 : 2016년 5월 26일

대한 한계점을 가지고 있고, 분산전원의 수가 많다 보니 전력거래와 계통운동을 위한 가시성이 없다고 할 수 있다. 실제 신재생에너지나 소규모 자기발전으로 전력을 생산한다 하더라도 해당 지역에만 전력을 공급할 수 있을 뿐이고, 중앙급전에 연결하는 것은 또 다른 문제를 해결하여야 한다. 분산전원을 최대한 활용하기 위하여 분산전원에서 발전된 전력을 중앙급전에 공급할 수 있는 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 분산전원은 전력품질과 전압제어와 같은 협조 제어도 어렵다 보니 신뢰도와 유연성을 기대하기도 힘들어, 신재생에너지와 에너지저장장치 보급 계획 등으로 분산전원의 중요성은 높아지고 있지만 사실상 가상발전소 개념을 적용하지 않으면 기대한 만큼의 성과를 기대할 수 없다.

따라서 본 논문에서는 비상발전기, 상용발전기, 에너지저장장치(ESS) 등 다양한 분산발전자원을 활용하여 전력시장에 참여할 수 있는 가상발전소 기술의 활성화 방안에 대하여 기술한다. 국내 전력시장에서 가상발전소 기술이 참여하여 발전자원과 경쟁할 수 있는 환경을 조성하기 위하여 신뢰성 있는 전력공급자로서 질적 및 양적으로 충분히 훈련된 자원 모집이 필요하므로, 각 자원별로 특성을 분석하여 가상발전소로 활용할 수 있는 방안에 대하여 제안하고자 한다. 또한, 국내 전력시장 분석을 통해 가상발전소가 국내 전력시장에 참여할 수 있는 방안에 대하여 기술한다. 이를 통해 스마트그리드 환경 하에서 가상발전소 기술의 상용화를 위한 기초를 마련하고 발전사업자의 지위를 얻기 위한 정책적 지원방안을 도출하고자 한다.

2. 가상발전소의 기본 개념

현재 가상발전소에 대한 명확한 정의가 존재하지 않지만, 본 논문에서는 다양한 유형의 분산형 에너지 자원들을 ICT(Information Communication Technology) 기술을 활용하여 국가 전력 수급 위기 시 등에 즉각적으로 전력을 공급할 수 있는 발전자원 활용 기술로 정의한다. 중앙급전발전기와 유사한 운영상의 유연성을 제고 할 수 있으며, 계통에 전력을 역으로 전송하는 실체적으로 존재하는 발전소를 전제로 한다. 여러 개의 분산발전자원이 하나의 발전기와 같이 동시간대에 발전하여 중앙계통에 공급하게 되면 실질적으로 하나의 발전기와 동일한 기능을 하게 된다. 하지만, 계통에 연계된 분산발전자원이 급증하여 전력망에 허용 가능한 전력량 이상으로 전력이 전송되면 계통상의 과부하 및 과전압 현상 등의 문제가 발생할 수 있다.

가상발전소 기술을 활용하면 자가 발전기 및 수요관리를 통하여 절약한 전기를 사용할 수 있어 별도 발전소 건설 없이 전력 공급원으로 활용 될 수 있다. 실제로 소규모 분산전원 설비는 중앙 계통에서 관리할 수 없지만 이들을 묶어 하나의 프로파일을 통해 계획발전량과 전압제어 능력, 예비력 등을 가시화하면 계통 전원으로 활용 가능하며 전력거래도 가능할 수 있다. 또한, 신재생에너지 발전설비가 기후 등과 같은 환경적 요인으로 발전하지 못하면 에너지저장장치와 수요시장에서 해당 전력량을 확보하는 식의 대체 운영도 가상발전소 기술을 활용 할 수 있는 형태가 될 수 있다. 가상발전소 기술은 송전 및 배전이 가능한 전력계통 인프라에 엄청난 가치를 제공하고 기여하여 전력공급에 투자한 수많

은 이해관계자들의 수익 창출원이 될 수 있다. 가상발전소를 기반으로 하는 자원은 다양한 유형으로 존재하며, 전력산업 분야의 상향식 스마트그리드 모델 설립을 통해 양방향 전력공급 체계의 성립이 가능하다. 또한, 가상발전소 기술을 활용하게 되면 다양한 관점에서 비용 및 편익 등의 운영효과를 거둘 수 있다. 사회적 관점에서는 미래 전력수급 불확실성 완화에 따른 전력공급 안정성 향상, 전력공급설비 투자 회피 및 사회적 갈등 해소가 가능하다. 사업자 관점에서는 다양한 수요 측 자원을 모집·활용하여 대규모 자본 중심의 기존 전기사업과는 차별적인 신사업 비즈니스 모델 창출이 가능하다. 계통운영 관점에서는 전력소비패턴의 특수성에 따른 계통운영의 불안요소 완화시킬 수 있으며, 참여 수용가 관점에서는 자산의 효율적 활용 및 에너지비용을 절감할 수 있다[6-8].

2.1 가상발전소 기술의 유형

2.1.1 수요반응 기반 가상발전소

오늘날 활용되고 있는 수요 측 자원을 활용하는 가상발전소의 운영 프로그램은 IT기술의 발전에 따른 자동화 기술을 기반으로 발전하고 있다. 수요반응 기반 가상발전소는 운영방식에 따라서 지속적인 진화를 거듭하고 있으며, 유연한 저가의 자원을 활용할 수 있고, 환경변화에 민감한 재생에너지를 추가적인 장치 없이 활용할 수 있는 장점이 있다. 그러나 자원의 범위와 내용이 명확하지 못하고, 시장의 안정성을 확보 할 수 없는 단점이 있다. 하지만 세계적으로 아직 활용되지 않은 잠재적 수요자원이 풍부하고, 신재생에너지원의 비증확대로 인하여 활용 기회가 많다고 할 수 있다. 그러나 수요반응 기반 가상발전소 기술에 요구되는 스마트미터기의 보급이 지연되고 있고, 수요관리시장이 아직 폐쇄적으로 운영되며, 정산 체계에 대한 문제점이 상존하고 있다[9].

2.1.2 공급형 가상발전소

가상발전소 기술을 통틀어 가장 간단한 분야가 공급형 가상발전소 방식이다. 일반적으로 다양한 자원의 포트폴리오를 스마트그리드기술을 통해 모집된 기존의 기저발전시설로서 화력발전소 또는 원자력 발전소에서 제공하는 서비스와 동일한 기능을 수행할 수 있다. 신재생에너지의 시장가치를 증대시킬 수 있고, 상호 연계에 필요한 비용을 절감할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 기존의 비상용 발전기를 상업용으로 활용함으로써 발생할 수 있는 다양한 가치 상충에 따라 적합한 제도가 미비하다는 단점이 있다. 그러나 분산형 발전자원의 가치가 상승되고 있고, 대규모 풍력단지 등과 같은 신재생에너지에 의한 발전규모가 기존의 화석에너지원을 사용하는 발전소와 유사한 규모로 발전이 가능하므로, 공급형 가상발전소가 성장할 수 있는 기회가 존재한다. 그러나 스마트미터기의 보급 지연, 관련 기술 표준 미비, 검증된 사업모델이 존재하지 않는다는 단점이 존재한다.

2.1.3 혼합자산 가상발전소

혼합자산 가상발전소는 진화된 형태의 가상발전소 기술이라고 할 수 있다. 전력계통망의 신뢰성문제를 잠재적으로 해결할 수 있는 방법이 될 수 있으며, 열에너지를 활용할 수 있어 자원의 활용 폭이 확대 가능하다는 장점이 있다. 하지만,

실제적인 상용모델이 아직 개발되지 않았으며 다양한 참여자를 관리하고 지원할 수 있는 제도가 구축되어 있지 않고, 운영표준이 정립되어 있지 않다는 단점이 존재한다. 하지만, 다양한 자원을 활용한 포트폴리오를 구성할 수 있어 향후 가상발전소를 주도할 것으로 예상되며 국내 스마트그리드 환경 하에서 가상발전소의 이상적인 모델이 될 수 있다.

2.1.4 도매옥션 가상발전소

도매옥션 가상발전소는 이미 상용화된 시장으로 경매를 통하여 가격이 결정되고, 장기적으로 이산화탄소의 규제에 따라 용량을 조정할 수 있는 장점이 있다. 그러나 유럽시장에서 제한적으로 사용되고 있는 모델이고, 다른 유형의 가상발전소 기술 및 스마트그리드와 공유될 수 없다. 공급형 가상발전소와는 다르게 화석연료를 사용하는 일반적인 중앙집중식 발전소를 자원으로 활용하여 이산화탄소 배출에 대한 규제 등의 제약요인이 있다. 또한, 가상발전소에 대한 투자가 혼합자산이나 수요반응 기반으로 이동하고 있어 사업적인 위험 요인이 존재한다.

2.2 가상발전소 기술의 구조

기존의 대규모 발전 자원은 자체의 관리 시스템과 외부와의 연계 시스템을 갖추고 전력계통 상황과 시장 상황에 따라 자원이 관리되고 있다. 반면 가상발전소의 대상이 되는 분산자원의 경우 소규모의 자원들의 집합 형태이기 때문에 상대적으로 이러한 체계적인 관리 및 연계를 위한 시스템이 부족한 경우가 대부분이다. 따라서 가상발전소와 같이 분산발전자원을 상호 연결하여 계통 및 시장 상황에 따라 최적 운영하기 위해서는 지리적으로 산재한 발전원을 연결하여 구성하고 자원들의 특성을 감안한 운용 체계의 도입이 요구된다. 통상적으로 가상발전소의 체계는 크게 3개의 형태로 분류할 수 있다[9].

2.2.1 중앙 제어 가상발전소

가장 일반적인 형태의 가상발전소로서 상위 VPP 관리 시스템이 존재하고 하위에 다수의 분산 자원이 분포된 형태의 구조이며, 계통, 시장 및 날씨 등 주변 상황에 따라 반응하고 최적의 운전 결정을 수립하는 로직 부분이 상위단에 집중된 구조이다.

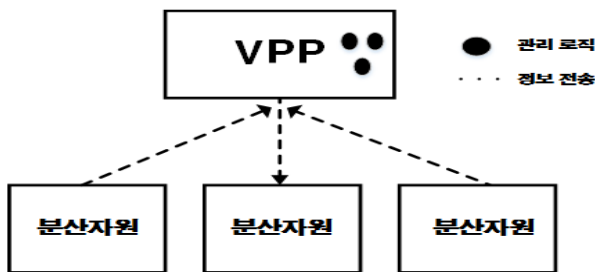


그림 1 중앙 제어 가상발전소
Fig. 1 Centralized Controlled Virtual Power Plant

모든 관리로직은 VPP 운영자가 보유하며, 전력시장과 전력생산에 관한 정보 역시 VPP 운영자만 보유하고 있다. 중

앙 제어 가상발전소의 장점은 모든 VPP 운영자가 시장수요를 충족시키기 위하여 다양한 분산자원을 이용한다는 점이다.

2.2.2 분산형 제어 가상발전소

다수의 분산 자원이 대규모로 존재할 경우의 중앙 제어만으로 최적 운영이 어려운 상황이 발생할 수 있다. 지역적, 자원적 특성 등을 고려하여 상위단, 하위단의 계층적 구조로 구성되는 것이 분산형 제어 가상발전소 체계이다. 상위와 하위 계층의 VPP 시스템에 각자의 특성에 따른 관리로직이 구축되고 상위 VPP에서는 전체적인 관리로직에 따른 의사결정 구조를 갖는 형태이다. 분산형 제어 가상발전소의 장점은 개별 VPP 운영자간 의사소통을 원활히 하고 책임소재를 단순화시킬 수 있다는 점이다[9].

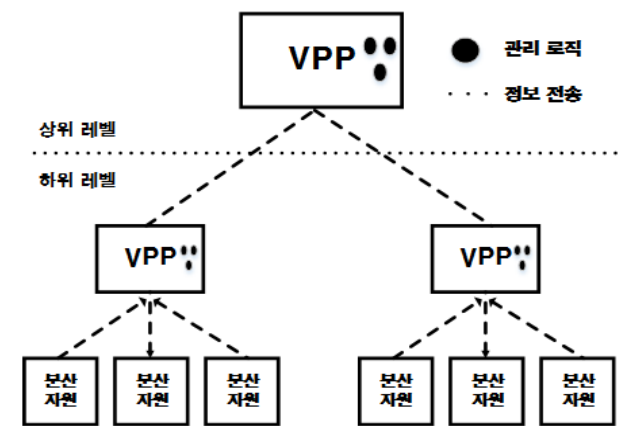


그림 2 분산형 제어 가상발전소
Fig. 2 Distributed Controlled Virtual Power Plant

2.2.3 완전 분산형 제어 가상발전소

완전 분산형 제어 가상발전소는 관리로직이 별도의 시스템에 존재하지 않고 로컬의 분산자원에 내재된 형태로서 각 주체가 자의적으로 시장과 주변 환경에 반응하는 구조로서 가장 자유도가 높은 체계이다. 개별 분산자원은 독립적으로 시장상황에 반응하여 직접 시장에 참여하게 된다. 완전 분산형 제어 가상발전소의 장점은 모든 상황에 대하여 역동적으로 최적화된 전력 시스템을 제공할 수 있다는 점이다[9].

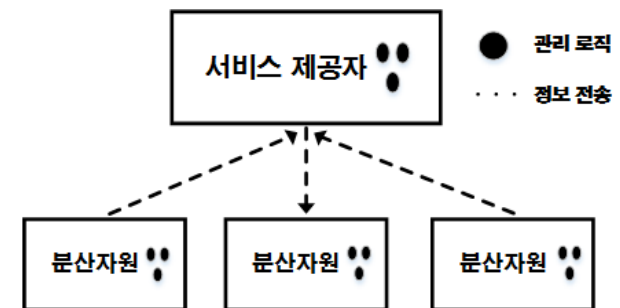


그림 3 완전 분산형 가상발전소
Fig. 3 Fully Distributed Controlled Virtual Power Plant

3. 분산발전자원 활용 방안

가상발전소 기술을 활성화하기 위하여 본 논문에서는 다양한 형태의 자원을 분산발전자원으로 활용하는 방안에 대하여 제안한다. 비상발전기, 상용발전기, 에너지저장장치 등의 자원 특성을 분석하여 신뢰성 있는 자원으로서의 활용하기 위한 자원별 활용 방안에 대하여 분석하였다. 다음 표는 국내 가상발전소로 활용 가능한 잠재 자원별 특성을 나타낸다.

표 1 국내 가상발전소 잠재 자원별 특성

Table 1 Domestic potential virtual power plant resources characteristic

구분	경제성	수용가 편의성	신뢰성
비상발전기	높음	높음	높음
상용발전기	낮음	높음	낮음
에너지 저장장치	낮음	높음	높음
수요 반응자원	높음	낮음	낮음

3.1 비상발전기 활용 방안

비상발전기는 상용전원의 공급이 정지되었을 경우 비상전원을 필요로 하는 중요 설비나 시설에 전원을 공급하기 위한 발전장치를 말한다. 비상발전기는 화재나 사고 시 정전이 발생할 경우 건물의 비상부하에 전력을 공급하는 것을 목적으로 스프링클러 등의 펌프설비에 대한 높은 초기 기동전류에 동작할 수 있도록 설계되어 있다. 따라서 평상 시 비상부하의 크기보다 비상발전기의 용량이 크게 설치되어 있다. 비상발전기를 분산발전자원으로 활용하기 위해서는 여러 가지 기술적인 접근이 필요한 상황이며, 이로 인해 초기 시설투자와 추가적인 운영비가 소요된다.

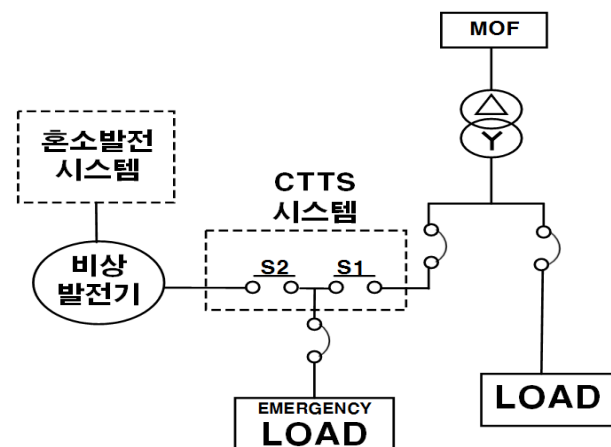


그림 4 비상발전기 시스템 구성도
Fig. 4 Back-up generator system configuration

가상발전소 자원으로 활용을 위해 비상발전기 기동 시 최적 부하 운전을 위한 무정전자동절체장치(Closed Transition

Transfer Switch)를 설치하고 환경 오염물질 저감을 위한 혼소발전시스템(Bi-fuel System)을 추가로 설치한다. 소방 및 비상 부하 이외에 부하 이동을 통하여 상용부하를 이동하여 전력 피크 발생 시 자체적으로 전력을 공급할 수 있도록 시스템을 구성한다.

비상발전기는 가동 특성이 우수하여 전력 수급 위기 시 발전자원으로 즉시 활용이 가능하다. 또한, 수용가에서 자체 피크 컷 용도로 활용 시 수용가 관점에서도 경제성을 확보할 수 있다고 판단된다. 부가적으로 비상발전기를 수요자원으로 활용하는 경우 대부분의 수용가의 부하 피크 시간대에 포함될 가능성이 높으므로 부가적인 수익을 기대할 수 있다. 비상발전기를 활용한 수요반응 기반 가상발전소 유형의 자원으로 다양한 발전자원과 연계된 서비스를 함께 제공하여 가상발전소 활성화에 기여할 수 있다.

3.2 상용발전기 활용 방안

상용발전기는 전력사업자로부터 전력의 일부만을 공급받거나 전력공급을 받지 않고 평상시 및 비상시에 상시 공급하는 발전기를 말한다. 일반적으로 전기사업자와는 달리 수용가에서 필요로 하는 전력을 자체 생산 및 공급하기 위해 발전기를 설치하여 가동할 수 있는 설비로써 활용된다. 상용발전기의 경우 백업용으로 이용하고 있으며, 아파트 단지 등의 경우 실제 상용발전기를 자체 피크 컷 용도로 사용하고 있다.

상용발전기는 상용전원을 대신하여 전력을 공급하는 경우 제한시간이 없으며 보통 24시간 가동 시 평균 부하율 70% 이하로 운전을 하게 되며, 별도의 시설개조비용이 없다. 수용가에서 자체 피크 컷 용도로 활용 시 수용가 관점에서 경제성을 확보할 수 있다고 판단된다. 대부분의 수용가의 부하 피크 시간대에 포함될 가능성이 높으므로 부가적인 수익을 기대할 수 있다. 상용발전기를 활용한 수요반응 기반 가상발전소로 활용하여 가상발전소 활성화에 기여할 수 있다.

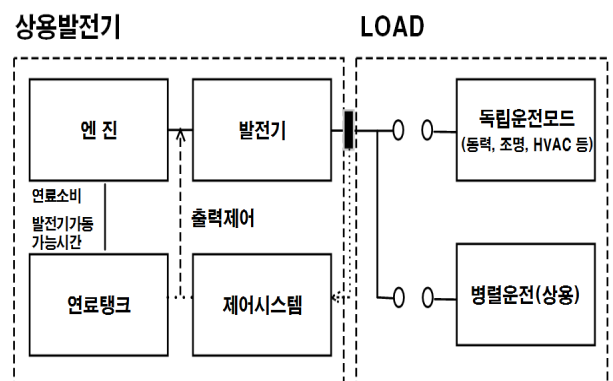


그림 5 상용발전기 시스템 구성도
Fig. 5 Commercial generator system configuration

3.3 에너지저장장치 활용 방안

에너지저장장치의 경우 비상용 전원이 필요한 곳에 무정전 전원으로 활용할 수 있고, 설치 장소에 제약이 적어 좁은 공간을 활용하기에 유리하여 가정용 등 소규모 소비자가 유지

및 관리가 용이하다. 또한, 수용가의 피크부하가 낮은 경우에는 유희전력을 저장하고, 과부하 시에는 저장된 전력을 사용함으로써 부하관리를 통한 운영 최적화 용도로 활용 가능하다.

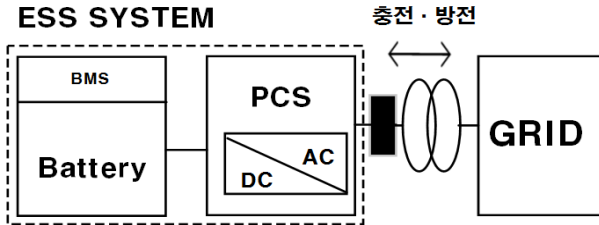


그림 6 에너지저장장치 시스템 구성도
Fig. 6 Energy storage system configuration

전력수급이 원활하지 않을 경우 계통운영자가 에너지저장장치로부터 전기를 공급받을 수 있어 비상 시 수급자원으로 활용 가능하다. 소음이 적고 매연이 없어서 수요지 인근의 일반건물 등에 설치가 용이하므로 송배전시설 투자를 절감시킬 수 있다. 에너지저장장치의 관리자가 전력시장 및 수요자원 시장에 직접 참여하거나 최대 부하의 감축 등을 통하여 가상발전소 활성화에 기여할 수 있다.

3.4 가상발전소 자원의 국내 전력 시장 참여 방안

국내 전력시장에서 전력거래를 하고 있는 중앙급발전기는 크게 기저발전기와 피크발전기로 나뉘며 전력시장에서 별도의 수익모델을 가지고 있지만 전력시장에서 거래되고 있는 상품인 용량, 에너지 및 계통운영보조서비스를 공급함으로써 안정적인 수익구조를 유지하고 있다. 신뢰성 수요자원, 경제성 수요자원, 비상발전기, 에너지저장장치를 활용한 가상발전소 자원이 피크발전기의 용량에 대처할 수 있고, 정전방지 등 비상시 활용할 수 있으며, 운영예비력 서비스뿐만 아니라 배터리를 통해 주파수 조정 서비스도 적용 및 기여가 가능하다고 예상된다. 분산발전자원을 활용한 가상발전소 기술이 활성화 된다면 피크발전기의 에너지를 대체할 수 있을 것이다. 따라서 가상발전소가 기존의 대규모 발전자원을 비용적인 측면에서 효과적으로 대처할 수 있을 때 최적화 될 수 있을 것이다. 그러므로 발전자원의 효율적인 운영을 위해 오랜 시간동안 유지되고 개선되어온 도매전력시장에서 가상발전소가 발전자원과 공정한 경쟁할 수 있는 환경이 조성된다면 국내 전력 시장에 참여가 가능하게 될 것이다.

최근 수요 반응 자원도 발전 자원과 동일하게 전력 시장에서 거래가 될 수 있는 수요자원거래시장이 개설되어 전력 거래 시장에서 수요 반응을 통한 거래가 가능하게 되었다. 시장이 생성된다는 것은 지속성이 보장된다는 점에서는 매우 긍정적인 반면 기금 중심의 운영 모델에 비해서 보다 경제적 이고 체계적인 접근이 요구된다는 측면도 상존한다. 따라서 가상발전소 사업자 입장에서 분산발전자원을 최대한 확보하여 수요자원 시장에 적용 가능한 규모를 산정하여 신뢰성 수요자원으로의 용량지원을 받도록 하는 것이 우선적인 사업 모델로 검토할 수 있다.

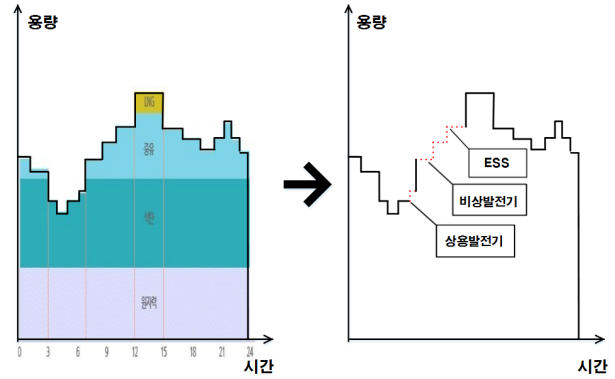


그림 7 가상발전소 활성화에 의한 전력시장 변화
Fig. 7 Change electricity market due to the activation of virtual power plant

국내 전력 환경에서 수용가 자원을 통한 거래가 가능한 모델로 기존 부하관리 사업 모델을 들 수 있다. 가상발전소 체계와 부하관리체계의 구분을 명시하기 어려울 수 있는데 부하관리사업 체계가 부하 및 수용가 자원을 통해 계통에서 원하는 전력 목표치를 제공함에 목적이 있는 반면에 가상발전소 운영 체계는 부하관리사업 모델과 유사하게 수용가 전력 자원을 통하여 전력 시장에 거래된다는 큰 차이점을 갖는다고 할 수 있다. 또한 수용가의 전력자원을 활용함에 있어서 기존 부하 관리 사업 모델이 운용에 따른 보상성격을 기반으로 하는 반면 가상발전소 활용 체계에서는 보상 및 수용가 자원 운용에 따른 전력 요금 및 에너지 절감에 목표를 들 수 있다. 참여 수용가에 대해서 다양한 에너지 서비스를 제공하여 참여 수용가의 지속적인 가동 가능 상태를 유지 및 관리함에 목표가 있으며 이 부분에서 기존 부하관리 사업 모델에 비해서 보다 적극적 수용가 서비스 대응점을 갖는다고 할 수 있다.

4. 국내 전력시장 참여를 위한 가상발전소 활성화 방안

가상발전소 기반 기술이 활성화되기 위해서는 자원을 모집하고 관리하는 가상발전소 사업자의 역할이 중요하다고 할 수 있다. 가상발전소 사업자는 스마트그리드로 연결된 자원을 급전명령 시 자원 소유자 또는 운영자에게 정해진 시간대에 발전하여 발전된 전기를 판매하고, 판매한 수익금을 자원소유주에게 배분하는 사업자를 의미한다. 가상발전소 사업자는 자원을 모집하여 이를 기반으로 거래를 수행하는 주체이므로 이들 사업자가 사업을 착수할 수 있는 제도적, 사회적 및 경제적 환경이 구축되는 것이 매우 중요하다. 특히 가상발전소 사업의 경우 전력 거래 시장 또는 수요 반응 시장이라는 제한된 영역에서 사업을 수행해야 하며, 사업 참여자인 수용가를 모집하는 과정에서 수용가의 적극적인 참여 의사를 유도하기 어려운 상황이 존재하게 된다. 기존 전력발전기금 중심의 시장에서는 비교적 단순한 운영 모델에 기반 하였으며 사업 참여자 및 참여 수용가의 경우에도 제한된 운영 환경에서 단순한 보상 체계에 기반 하여 보조 사업 모델의 개념으로 진행한 측면이 있다. 반면 가상발전소

사업자의 경우에는 초기 사업에 대한 자원의 포트폴리오 구성이나 분석이 좀 더 복잡성을 가질 수 있다고 예상된다.

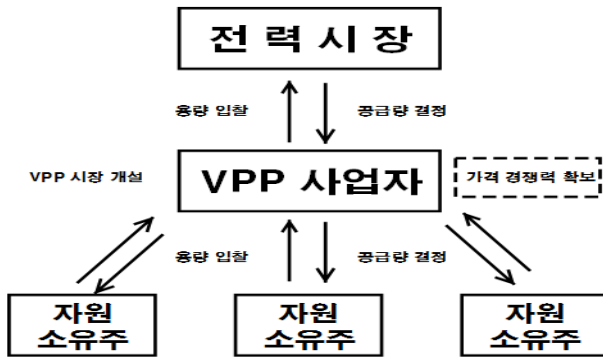


그림 8 가상발전소 사업자 진출 방향
Fig. 8 Direction of virtual power plant aggregator

4.1 국내 환경에 따른 가상발전소 기술 적용 방안

국내 전력 환경은 거의 대부분 단일 전력 계통으로 이루어져 있으며 전력 거래 시장 및 수요 반응도 단일화된 체계로 구성되어 있다. 또한 도매 시장 형태의 전력 거래가 이루어지므로 2장에서 언급한 중앙 제어 가상발전소(CCVPP) 형태의 체계가 우선적으로 수용 가능한 체계로 고려될 수 있다. 그러나 분산발전자원을 기반으로 수요 시장 거래 및 수용가의 전력요금 절감을 위한 가상발전소 자원 운용을 통해서 경제성을 확보하기 위한 운용에는 상당한 관리 로직 및 노하우가 요구될 것이다. 또한, 현재 전력 거래 시장, 수요 시장 전방, 수용가 자원의 가상발전소화에 대한 투자 및 운용비용, 정산 등에서 사업성 확보를 담보하기 어려워 단일 CCVPP 체계가 갖는 제한성이 존재할 것으로 예상된다. 또한 다양한 형태의 사업자가 존재할 경우 수용가에 의한 사업자 선택 및 변경 등의 과정을 위한 조정 기능 등도 요구되므로 이러한 운용 및 관리의 절차상의 어려움을 해소하기 위해서 분산형 제어 가상발전소(DCVPP) 체계 도입을 통해서 상위 VPP에서 전반적인 운용에 대한 로직 및 관리 체계를 제공하고 하위 VPP에서는 수용가 자원 관리 및 수용가단의 요금 절감 프로세스에 집중하는 구조로 분산하는 것이 국내에 적용 가능한 체계이다.

표 2 운영 단계별 주요 고려사항

Table 2 Main consideration of the operation step

단계	모델 구분	주요 고려 사항
1 단계	비상발전기 용량 중심 가상발전소 모델	<ul style="list-style-type: none"> ○ 최소투자 비용으로 적정 용량 확보 ○ 초기 투자비용 최소화 ○ 운용 효율 최대화 방안 적용 ○ 다양한 비상발전기 적용 모델 개발
2 단계	경제성 중심 가상발전소 모델 전환 / 병행 모델	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중장기 운용 가능한 모델 개발 필요 ○ 신규 비상 발전기 도입 수용가에 가스 발전기 활용

국내 환경을 고려하였을 경우 가상발전소의 운영은 다음과 같은 방안이 고려 될 수 있다. 신뢰성이 높은 비상발전기를 중심으로 계통의 신뢰성을 제고를 목적으로 용량을 확보하는 방안을 우선적으로 고려해 볼 수 있다. 동시에 중장기적으로는 다양한 자원을 혼합적으로 적용하여 경제성 중심의 가상발전소 운영 방안이 적용될 수 있다고 판단된다.

4.2 가상발전소 기술 활성화를 위한 정책적 제언

가상발전소 기반 기술이 국내 전력시장에 참여하기 위해서는 기존의 발전자원들과의 경쟁을 통한 전력판매 시장이 되고 있는 기존의 법령을 분석하여 적합한 개선책을 제시하는 것이 중요하다고 판단된다.

분산발전자원을 활용하는 가상발전소사업은 전력피크시간대에 발전기를 가동 및 에너지저장장치를 방전하여 전력을 전력거래소에서 판매하도록 하는 제도를 구축할 필요성이 있다. 관련 법령인 전기사업법에 의하면 전력거래소에서 전력판매를 할 수 있는 자는 발전사업자, 전기판매사업자, 일부 구역전기사업자, 일부 자가용전기설비 설치자, 수요관리사업자로 제한되어 있다. 가상발전소 사업자로 전력거래소에서 전력을 판매할 수 있는 여건이 생성되려면 관련 제도를 개정할 필요성이 있다.

표 3 가상발전소 활성화를 위한 정책적 제언

Table 3 Policy recommendation for vpp activation

구분	현행	개정안
전력 시장 참여 법령	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발전사업자 ○ 전기판매사업자 ○ 구역전기사업자 ○ 일부 자가용전기설비 설치자 ○ 수요관리사업자 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발전사업자 ○ 전기판매사업자 ○ 구역전기사업자 ○ 일부 자가용전기설비 설치자 ○ 수요관리사업자 ○ 연계발전사업자(신설)

가상발전소 사업자는 스마트그리드를 전제로 사업을 할 수 있으므로, 지능형전력망 서비스 제공사업자가 시장에 참여 가능한 형태가 될 것이다. 그러나 현행 지능형전력망 서비스제공사업자는 수요반응관리서비스제공사업자, 전기차충전 서비스제공사업자 및 그 밖에 서비스제공사업자로 제한하고 있다. 현행 법률에 의하면 가상발전소 자원은 활용한 가상발전소 사업자는 전력거래시장에 참여할 수 없기 때문에 지능형 전력망법 시행령 개정을 통해 연계발전사업자에 관한 항목을 신설하여 전력거래에 참여할 수 있도록 할 필요성이 있다.

관계 법령을 개정하게 되면 가상발전소 사업자가 직접 전력거래에 참여할 수 있는 근거를 신설함으로써 다른 발전사업과 마찬가지로 연계발전사업자도 전력시장을 통해서 거래할 수 있는 법률적인 기반을 마련 될 수 있다.

이를 통하여 현재 전력수급이 불안정한 상황을 해결하기 위한 방법으로 발전설비(공급자원)의 추가건설을 통해 공급 가능한 전력을 확보하는 방법, 수요관리를 통해서 최대전력 수요를 감축하는 방법, 비상용발전기나 상용발전기를 피크시간대에 중앙계통에 전력을 공급하는 발전기로 활용하는 방법이 있게 된다. 가상발전소 사업자의 전력시장 참여가 활발해질 경우 발전소 추가건설 억제에 따른 설비투자비 절감 및

송전선의 추가적인 건설비용을 절감할 수 있으며, 유희상태의 분산발전자원을 추가적인 용도로 활용할 수 있게 된다.

또한, 가상발전소 기술이 활성화되기 위해서 사업자와 고객이 제공하는 수요자원, 공급자원에 대한 통제와 조정에 필요한 표준화를 추진할 필요성이 있다. 현재 국제적인 표준이 확립되지 않은 상황에서 국내 표준의 확립은 향후 국제적인 표준으로 정착할 수도 있어 세계적으로 시장을 선점 할 수 있다.

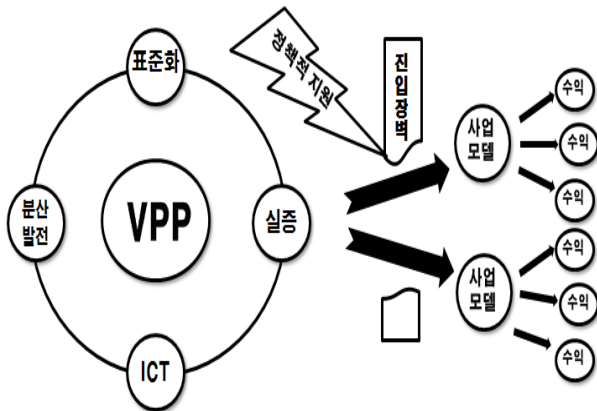


그림 9 가상발전소 활성화 추진 방안
Fig. 9 Virtual power plant activation progress plan

5. 결 론

본 논문에서는 분산발전자원을 활용하여 가상발전소 기술을 활성화하는 방안에 대하여 제안하였다. 국내 전력시장 분석을 통해 가상발전소가 국내 전력시장에 참여할 수 있는 체제에 대하여 제안하였고, 이를 통해 스마트그리드 환경 하에서 가상발전소 기술의 상용화를 위한 기초를 마련하고 발전 사업자의 지위를 얻기 위한 정책적 지원방안에 대하여 제안하였다.

현재 가용 가능한 가상발전소 사업을 활성화하기 위하여 분산발전자원별로 활용 가능 자원의 우선순위를 정하는 선택과 집중 전략이 요구된다고 본다. 초기단계에는 경제성이 확보 가능한 비상발전기 자원을 우선적으로 활용하고, 시장 여건 및 제도가 성숙함에 따라 순차적으로 상용발전기와 ESS를 활용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다. 가상발전소 기술의 활성화를 위한 정부의 가상발전소 사업자에 대한 정책적인 지원 또한 필수적으로 이루어져야 한다. 지원정책의 유형은 설비투자에 대한 지원과 연료비나 인건비와 같은 유지운영비에 대한 지원으로 구분할 수 있다. 또한, 국내 가상발전소 기술의 활성화를 위해서는 자원의 현황을 정확히 파악하여 가용자원의 규모와 가용 시 기술적 문제, 보상 문제 등을 조사 연구해야 한다. 가상발전소 기술에 대한 실증 및 검증이 선행되어야 할 것이며, 실증을 통하여 도출된 문제점은 정책적인 지원을 통해 해결하면 가상발전소 기술의 국내 도입 및 확산이 빠르게 이루어질 수 있을 것이다.

References

- [1] MOTIE, "The Seventh Basic Plan of Electrical Supply and Demand", 2015
- [2] MOTIE, "The Second Energy Master Plan", 2014
- [3] Koo-Hyung Chung, Man-Geun Park, Don Hur, "A Proposal of Institutional Prerequisites to the Participation of Virtual Power Plant in Electricity Market under the Smart Grid Paradigm", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 64, No. 3, March 2015.
- [4] Yong Kuk Park, Min Goo Lee, Kyung Kwon Jung, Yong-Gu Lee, "Large-scale Virtual Power Plant Management Method Considering Variable and Sensitive Loads", Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.52, NO.5, May 2015
- [5] Hyun-Sung Lim, "A Study on Current Status Survey and Utilization of Emergency Generator Installation", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.29, NO. 10, October 2015.
- [6] Korea Smart Grid Institute, "VPP related laws and institutional and policy research and analysis research", 2015
- [7] Korea Smart Grid Institute, "Study of Economic Analysis Considering VPP operating system", 2015
- [8] Korea Smart Grid Institute, "Research of VPP operating systems and business models", 2015
- [9] Pike Research Report, "Virtual Power Plants : Demand Response, Supply-Side, Mixed Asset, and Wholesale Auction Smart Grid Aggregation and Optimization Networks", 2013
- [10] <http://www.kpx.or.kr/>

저 자 소 개



이 윤 환 (李 允 煥)

2010년 고려대 일반대학원 전자전기공학과 졸업(석사), 2014년 동대학원 졸업(박사). 2014년~2016년 한국스마트그리드사업단 신사업추진실 대리, 2016년~쿤텍(주) 기술연구소 선임연구원
E-mail : yunan2@naver.com