

VPP 클라우드 요금 산정에 관한 연구

임충환* · 김동섭** · 문채주***

A Study on Determination of VPP Cloud Charges

Chung-Hwan Lim* · Dong-Sub Kim** · Chae-Joo Moon***

요 약

최근 에너지전환정책은 소규모 태양광발전기 수량을 증가시키고 있다. 계통운영자는 이러한 소규모 태양광 발전량을 정확하게 예측하기가 어렵고 급전계획을 방해할 수도 있으며, 결과적으로 비용상승이 초래될 것이다. 이러한 문제를 해결하는 방법으로 소규모 태양광발전소에서 생산되는 발전량, 전압제어에 대하여 불확실성을 줄이고 예비전력을 공급하는 소규모 태양광발전소의 집합체로서 가상발전소가 떠오르고 있다. 본 연구에서는 가상발전소 클라우드 요금산정을 위하여 순현재가치법과 수익성지수법을 사용하며, 두 종류의 비용평가법 계산결과가 상세하게 설명된다. 계산결과로부터 수익성지수가 1.22로 산정되어 수익성을 확보한 것으로 나타났으며, 순현재가치가 수익성을 충분히 만족시키기 때문에 중개사업자 관점에서 매력적이다.

ABSTRACT

Recent, energy transition policies are driving to increase in the number of small photovoltaic(PV) generators. It is difficult for system operators to accurately anticipate the amount of power generated from such small scale PV generation, and this may disrupt dispatch schedules and result in an increase in cost. The need for a Virtual Power Plant(VPP) is emerging as a way of resolving these problems, as it would integrate small-scale PV plants and eliminate uncertainty about the amount of power generated, control voltage, and provide power reserves. In this paper, the cost evaluation methods are described for determination of VPP cloud charges both Net Present Value(NPV) method and Profitability Index(PI) method, the calculated outcomes of the two types of cost evaluation methods are presented in detail. It seems we secure profitability as we get 1.22 of profitability index from calculation results, it may be attractive for the aggregator as NPV is enough for satisfying profitability.

키워드

Photovoltaic Generators, Virtual Power Plant, Aggregators, Distributed Energy Resources, Profitability Index
태양광 발전기, 가상 발전소, 중개 사업자, 분산 에너지원, 수익성 지수

1. 서 론

최근 정부의 에너지전환정책과 2050 탄소중립 추진

에 따라 국내 전력시스템 내에서 태양광, 풍력 등 신 재생 설비와 발전량이 빠르게 증가하고 있고, ESS·전 기차 등 다양한 분산에너지자원(DER: Distributed

* 국립목포대학교 대학원(limchw@gmail.com)

** 국립목포대학교 전기 및 제어공학과(kimdons01@mkpo.ac.kr)

*** 교신저자 : 국립목포대학교 스마트그리드연구소

• 접수 일 : 2021. 12. 20

• 수정완료일 : 2022. 02. 17

• 게재확정일 : 2022. 04. 17

• Received : Dec. 20, 2021, Revised : Feb. 17, 2022, Accepted : Apr. 17, 2022

• Corresponding Author : Chae-Joo Moon

Smart Grid Institute, Mokpo National University,

Email : cjmoon@mkpo.ac.kr

Energy Resources)이 확대되는 추세이다. 분산에너지 시스템은 소규모 발전소 중심의 분산형 발전지역 내에서 에너지 생산과 소비가 가능하며, 기존의 선형위주 인프라를 벗어나는 면적 위주의 마이크로그리드 기반의 양방향 전력계통체계이다. 또한 재생에너지 입찰제도와 실시간 시장 등으로 재생에너지의 관리를 강화할 수 있어, 분산에너지의 확대를 위해서는 중앙 정부 및 지자체와의 협업과 적극적인 주민참여가 중요하다. 분산전원의 활성화에 따라 다양한 서비스산업을 만들어내고 있지만 전력의 수요와 공급을 일치시키기 위해서는 더 정교한 기술이 요구되고 있다. 이에 따라 변동성이 큰 가변성이 있는 재생에너지 전력을 다른 형태의 에너지로 변환하여 사용 및 저장하고, 발전, 난방 및 수송부문을 연결하는 에너지 시스템인 섹터커플링이 새로운 이슈로 등장하고 있다. 섹터커플링은 전력수요와 공급에 의한 전력계통의 안정성을 고려하는 것이며, 일부에서 적용되고 있는 독립형 마이크로그리드는 정교한 커플링을 위하여 성능개선이 이루어지고 있다[1-4].

신재생에너지 발전원 출력제어의 어려움으로 인해 필요한 시점에 전력을 생산하는 것이 불가능할 수 있으며, 이는 결과적으로 전압 및 주파수 이상에 따른 전력품질의 저하를 야기할 수 있다. 더불어 신재생전원의 불확실한 발전량은 적정 규모의 전력망 투자와 효율적인 운영에 있어서 어려움을 초래할 수도 있다. 분산형 에너지원은 그 규모가 작고 설치 대수가 매우 많아 이를 개별적으로 감시하거나 관리할 수 없기 때문에, 전력거래와 계통운영을 위한 가시성이 부족하여 개별 분산형 에너지원이 단독으로 현행 전력시장에 참여하는 것은 현실적으로 불가능하다. 가상발전소(VPP : Virtual Power Plant)는 이러한 문제를 해결하기 위한 대표적인 방법이다. 가상발전소를 적용한 다양한 유형의 분산형 에너지원은 ICT기술을 이용하여 통합 운영함으로써 중앙급발전기와 유사한 운영상의 유연성과 제어가능성을 실현하기 위한 기술이다. 실제로 소규모 분산형 에너지원은 중앙에서 관리가 불가능하지만, 이들을 하나의 발전소로 통합하여 계획 발전량, 증·감발률, 진압제어 능력, 예비력 등을 가시화하면 중앙급발전기로서의 활용뿐만 아니라 전력시장에서의 전력거래 또한 가능하게 된다. 최근 연구되고 있는 VPP 솔루션 플랫폼은 전력회사가 발전·송

전설비 등의 건설에 소요되는 비용과 이와 관련된 투자 리스크를 최소화함과 동시에 소비자의 전력 수요를 충족할 수 있도록 향후 수요대응 프로그램 운영 기능까지 포함되고 있다. 이는 VPP의 도입으로 발전 및 송·배전부문에 대한 대규모 설비투자없이 현존하는 발전기와 DR(: Demand Response) 프로그램 등을 통해서 소비자의 부하 변화에 실시간으로 대처하여 보다 친환경적이고 효율적인 전력공급이 가능하도록 하기 위한 것이다[5-8].

VPP 목적은 물리적으로 곳곳에 분산돼 있는 에너지 자원들을 모아 하나의 발전소 형태로 운영함으로써 전력시장 내 전력 생산부터 판매, 거래까지의 비용 감소 및 효율 증대뿐만 아니라 각각의 에너지 자원들이 흩어져 있을 때보다 그 효율성을 극대화시키며, 신재생에너지 인프라가 안정적으로 확대될 수 있도록 시스템적으로 기존 전력망과 연계돼 실시간으로 에너지 자원 상태 모니터링 및 다양한 VPP 비즈니스 모델을 지원하는 클라우드 기반의 핵심 인프라이다. 전력중개사업자인 VPP 사업자는 분산에너지자원 제어를 통해 전력도매시장 참여 또는 전력수요자에게 전력판매하고 전력판매 수익은 수수료 수수료를 제외하고 분산에너지자원 사업자에게 지급한다. 자원보유자인 분산에너지자원 사업자는 VPP 사업자에게 분산에너지자원 거래 위탁하고 전력시장 운영기관은 발전 전력구매 및 전력망 안정을 위한 VPP 전력거래를 관리한다[1],[9-10].

국내의 경우 소규모 중개사업자 제도가 2019년 시행되었으나 전체 발전자원중 소규모 전력중개시장을 통한 전력거래실적은 불과 1% 수준으로 활성화 되지 못하고 있다. 정부는 2019년 2월 이래 분산자원시스템을 운영해 오고 있으나 5개 중개사업자만이 운영에 참여하고 있다. 등록된 용량은 24.4MW이나 단지 11.1MW만이 거래에 실제적으로 적용되고 있으며, 활발하게 활용되지 못하고 있는 증거이다. 본 연구에서는 국내 VPP 주요기업의 요금제 현황을 II장에서 조사하되 특히 중개사업자와 자원보유자간 계약범위의 한계인 발전소 모니터링 서비스, 발전량 예측 제도 참여, REC 위탁 거래, 발전소 O&M 등을 중점 분석한다. III장에서는 클라우드 서비스요금제를 설계하고 IV장에서는 분석하여 중개사업자 관점 기본 시나리오에 대한 수익성을 검토하며, V장에서 결론을 얻고자

한다.

II. VPP 현황

2.1 분산전원의 계통운영 문제점

국내 태양광발전소는 1MW이하의 소규모 발전설비가 대부분임에 따라, 가시성이 부족하고, 발전거래 과정이 복잡한 전력거래시장으로의 참여가 어려워서 대부분 한전 PPA 계약을 선호하고 있다. 한전 PPA는 월별 발전량을 기반으로 하여 전력거래를 하기 때문에 시간대별 발전량 파악이 어려움에 따라 순부하 감소효과를 유발하여 계통운영에 어려운 요인으로 작용하고 있다. 최근 신재생에너지 보급이 많은 제주전력계통의 경우에는 재생에너지 발전계약이 증가하고 있는 상황이다. 제주 재생에너지 비율은 2015년 9.3%에서 2020년 16.2%로 증가하였으며, 신재생에너지 보급 시나리오 4030 및 4035에 따라 출력계약 빈도 및 출력계약 발전량도 향후 크게 증가할 것으로 추정되고 있다. 제주 재생에너지 출력제어 빈도는 2015년 3회에서 2020년 77회로 증가하여 4030 시나리오인 2040년까지 재생에너지 비율 30%로 태양광 64GW, 풍력 29GW이 보급되면 그 손실이 막대할 것으로 예측하고 있다.

2.2 VPP 개념 및 구성

VPP는 다양한 분산자원을 ICT 기술을 이용하여 하나의 발전소처럼 운영하는 통합관리 시스템으로 태양광, ESS, DR 등이 통합된 새로운 형태의 분산자원으로 볼 수 있으며, 다양한 분산자원 보유자와 중개사업자를 통해 모집된 자원으로 정의된다. 중개사업자는 다양한 분산자원을 모아 최적화하거나, 거래를 촉진하여 가치(수익)를 창출하는 주체이다. 분산자원의 모집 형태에 따라 공급형, 수요형, 융합형으로 구분하고 있으며, 국내 VPP는 현행 관련 제도의 한계로 공급형 VPP와 수요형 VPP를 중심으로 운영되고 있다. 공급형 VPP는 소규모 신재생에너지 발전과 에너지저장장치 등 분산형 에너지 자원을 정보통신기술을 이용해 통합하여 하나의 발전소처럼 관리하는 시스템을 의미한다. 공급형 VPP는 분산형 에너지 자원의 출력을 제어가 가능하여 안정적인 전력계통 운영

에 기여한다. 수요형 VPP는 전력 피크 시 에너지 효율시스템 및 소프트웨어로 중앙집중형 전원의 전력사용을 줄이는 기능을 제공한다. 소비자의 전기요금 절감과 피크 시간 대 도매전력 구입비용을 절감하는 효과가 있어 수요형 VPP는 DR 제도가 발달한 나라에 적합하다. 융합형 VPP는 공급형 VPP와 수요형 VPP를 융합하여 전력망에 분산형 에너지 자원을 통해 전기를 공급하고 수요자원을 효율적으로 운영한다. 공급 및 수요반의 VPP 장점 이외의 전력 수급 균형 서비스 제공으로 전력계통 안정화에도 기여한다. 장기적으로 공급형 VPP와 수요형 VPP가 같이 참여하는 융합형 VPP 시장으로 확대 운영될 것으로 전망된다.

2.3 국내 VPP 사업현황

국내 VPP 대표적인 사업자인 해썬은 독립 VPP 중개사업자로 2016년 소규모 전력중개 시범사업때부터 중개사업에 참여한 국내 1호 전력중개사업자이다. 소규모 전력중개사업을 통해서 모집한 발전소의 개수는 2021년 1월 현재 100개 돌파하였다. 해썬은 VPP 거래플랫폼을 가지고 있으며, 다수의 발전자원을 위탁 또는 소유하고 있는 전형적인 전문 독립전력 중개사업자라고 할 수 있다. 솔라커넥트는 해썬과 더불어서 대표적인 전문독립전력중개사업자이며, 스트릭스사의 솔루션을 합병하여 VPP 시장에 본격적으로 참여하였으며, 국내 1위 데이터량을 바탕으로 타사와 차별화된 정확도 높은 예측 기술을 보유하고 있으며, 업계최초 확정수익형 중개사업모델로 전력거래소 계약 발전소 50%, 한국전력 계약 발전소 35%를 확보하고 있다. 컴퍼니위는 해썬이나 솔라커넥트와는 달리 VPP 중개사업에 참여하는 것보다는 VPP 솔루션을 원하는 기업에 VPP 솔루션을 구축해주는 사업 모델을 주로 하고 있다. SK E&S의 VPP 플랫폼은 외주용역을 통해서 VPP 솔루션을 구축하고 이를 플랫폼화하여 확장해 나가는 형태로 1MW미만 자원의 80%가 한전 PPA로 거래 중이며 KPX 전환 시 계량기 교체 비용이 큰 부담이 될 것이다. 인코어드는 VPP 플랫폼 대역사업자로 태양광 20MW, 발전소 10개 보유 기준으로 최소 수익률 보장하는 모델을 갖고 있다.

III. 서비스 요금제 설계

3.1 국내 기업의 요금제 분석

중개전력거래와 관련하여 VPP 중개사업자와 자원 보유자간의 계약범위는 발전소 모니터링 서비스, 발전량 예측 제도 참여, REC 위탁 거래, 발전소 O&M 등 4가지로 구분된다. 발전소모니터링 서비스는 설비용량에 따라 모니터링 요금제가 책정되며, 표 1과 같이 일반적으로 100kW이하 발전소는 월 20,000원, MW급 발전소는 MW당 약 100,000원 수준으로 책정되고 있다. 발전량 예측 제도 참여는 별도 요금제는 없으며, 예측 정확도 및 계약에 따른 중개사업자와 자원보유자간의 수익을 배분하는 구조이다. 중개사업자-자원보유자 간 인센티브 계약 체결하고 배분율을 업체마다 상이하나 현재 고객 배분율: 50%~70% 수준으로 책정하거나 발전소 이용률 10% 이상 구간의 발전량 기준 확정 수익을 제시하는 사례도 있다. REC 위탁 거래는 기존 모니터링 서비스에 월 1만원 추가 수준이다. 발전소 O&M은 100kW급의 소규모 발전소의 경우 거의 O&M 계약을 하지 않는 것으로 알려져 있으며, 대체적으로 약 500kW급 이상 규모의 발전소부터 O&M 계약을 하는 경향이 있다. 발전소 O&M 및 안전관리비용은 1MW 기준 약 80~100만원/월 수준이다.

표 1. 모니터링 시스템 개별 요금제
Table 1. Individual charges of monitoring system

Company	Charges
A	Standard : ₩8,800/M
B	~100kW ₩20,000/M(Including RTU Rent)
C	₩20,000/M(Including RTU Rent)
D	~100kW ₩20,000/M / Extra ₩1,000/100kW

3.2 요금제 설계 가이드라인

스마트시티 구축 사업 일환으로 VPP 운영 등 다양한 에너지서비스 통합 플랫폼 개발하고 있다. ① VPP 요금제는 크게 정액제와 종량제 형태의 요금제로 구분할 수 있다. 정액제 개념의 요금제는 발전설비용량기준으로 실제 발전량과 무관하게 일정하게 비용

이 발생하므로 고정형이다. 종량제 개념의 요금제는 거래되는 발전량을 기준으로 시장에 거래되는 발전량에 따라서 비용이 발생하므로 변동형이다. ② 발전설비용량 기준은 정액제 개념으로 1MW 단위로 정액 요금을 징수하며, 고정된 요금 산정으로 수익 정량화가 가능하다는 특징이 있다. ③ 거래 발전량 기준은 종량제 개념으로 거래량에 비례한 요금인 수수료를 징수한다. 거래량 및 배분 비율(플랫폼제공자 대비 VPP 중개사업자)에 수익 변동성이 크다. 결론적으로 VPP 중개사업과 VPP 플랫폼 대여는 모두 초기 시장이므로 중개사업자 관점에서 발전설비용량 기준 요금제(정액제)가 수용성이 높을 것으로 예상된다.

3.3 설계된 요금제

VPP 요금제는 크게 정액제와 종량제 형태의 요금제로 구분할 수 있으며, 정액제 개념의 요금제는 발전설비용량기준을 적용하기 때문에 실제 발전량과 무관한 일정한 비용이 발생하여 고정형 특성을 나타낸다. 종량제 개념의 요금제는 거래되는 발전량을 기준으로 적용하기 때문에 시장에 거래되는 발전량에 따라서 비용이 발생하는 변동형 특성을 나타낸다. 정액제는 1MW 단위로 정액 요금을 징수하여 고정된 요금 산정으로 수익의 정량화가 가능하다. 종량제는 거래량에 비례한 요금(수수료)을 징수하기 때문에 거래량 및 배분 비율(플랫폼제공자 대비 VPP 중개사업자)에 수익 변동성이 크게 나타날 수 있다. VPP 중개사업과 VPP 플랫폼 대여는 초기 시장이므로 정액제 수용성이 높을 것으로 예상된다.

IV. 클라우드 서비스 요금제 분석

4.1 요금제별 수익성 분석 개념

수익성 분석은 생산한 제품과 서비스를 판매해서 예상되는 매출액과 투입되는 비용을 추정한 다음에, 제품 또는 서비스 제공 출시 및 판매 통해서 어느 정도 수익을 달성할 수 있는지를 분석하는 과정이다. VPP 클라우드 서비스의 공급자와 수요자가 해당 요금제에 대해 만족할 수 있는지를 판단해야 하므로 적정 요금제로 VPP 클라우드 서비스가 시장에 출시될 경우 판매자(제공자)와 구매자(소비자)인 소규모 중개

사업자가 해당 요금제로 거래 및 사업을 영위할 시 수익성을 확보하는지 여부를 분석할 필요가 있다. 소규모 중개사업자는 현재 시장에 참여중인 소규모 중개사업자 뿐만이 아닌 잠재적 중개 사업자도 포괄적으로 포함한다.

4.2 요금제별 수익성 분석 기법

수익성 분석은 국가 전체적인 관점이 아닌 개별 사업주체의 입장에서, 발생하는 금전적 비용과 수입을 추정하고, 그에 따른 재무적 수익률을 계산하여 사업의 타당성을 검토하는 방법으로 크게 전통적 분석방법과 할인현금흐름 분석방법 등으로 구분할 수 있다. 전통적인 분석방법은 화폐의 시간가치를 고려하지 않은 방법으로서 회계적 이익률법, 자본회수기간법 등이 있다. 할인현금흐름 분석방법은 화폐의 시간가치를 고려한 투자평가의 방법으로 수익성지수법, 순현재가치법 및 내부수익률법 등이 있다. 현금흐름할인법인 순현재가치법과 내부수익률법에 비하여 회수기간법은 회수기간까지만 분석하고 분석기간 전체를 고려하지 않기 때문에 사업의 특성에 따라 평가결과가 달라질 수 있어 체계적인 판단 기준으로 삼기에는 무리가 있다. 다른 분석방법을 통한 평가대안들 사이의 분석결과 차이가 크지 않아 대안 선택이 어려운 경우에 직면하게 되면 회수기간법을 최종 판단의 기준으로 삼을 수 있다. 현금유출의 현재가치에 대한 현금유입의 현재가치비율로 NPV(Net Present Value Method)법이 어떤 투자안의 타당성을 절대적 금액으로 측정하는데 반하여, 수익성지수는 투자안의 상대적 비율이다. 따라서 어떤 투자안의 상대적 수익성을 나타낼 뿐 가치가산의 원칙이 적용되지 않는 단점이 있다. 순현재가치법과 내부수익률법을 비교해 보면, 일반적으로 단일 투자안의 투자가치를 평가할 때는 두 방법이 동일한 결과를 가져오나, 이론적 배경에서 순현재가치법이 내부수익률보다 우위에 있다고 할 수 있다. 순현재가치법은 채투자수익률에 대한 가정에 있어서 내부수익률법보다 합리적이라고 평가되고 있고, 해당 사업가치의 증가분을 계량화하여 나타내 준다는 장점이 있는 반면, 내부수익률법으로 평가할 경우에는 투자로부터 기대되는 현금흐름의 방향이 한 번 이상 변할 경우 복수의 내부 수익률이 존재할 가능성도 있어 평가에 어려움이 발생할 수 있다. 일반적인 예비타당성조

사 단계에서의 재무성 분석에서는 수익성지수법, 순현재가치법, 내부수익률법 세 가지 분석 방법을 모두 시행하여 결과를 제시하되, 재무적 타당성의 존재 여부를 결정하기 위해서 재무적 순현재가치를 주된 판단 기준으로 삼는 것이 바람직한 것으로 인식되고 있다. 본 연구에서는 VPP 클라우드 서비스 요금제에 따른 수익성 분석에는 순현재가치와 수익성지수 두 가지 평가방식을 판단기준으로 활용한다.

4.3 순현재가치와 수익성지수 분석법

① NPV : 사업에 대한 투자로부터 기대되는 미래의 현금유입액 현재가치와 유출액 현재가치의 차이를 식 (1)과 같이 재무적 순현재가치(NPV)라고 한다.

$$NPV = \text{현금유입액 현재가치} - \text{현금유출액 현재가치} \quad (1)$$

$$= \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, r은 할인율을, n은 분석기간, R_t 는 t기간에 발생하는 현금유입액, C_t 는 t 기간에 발생하는 현금유출액을 의미한다. 수익성 판정은 산출된 순현재가치가 0보다 크면 수익성이 있는 것으로 평가한다. r은 할인율로서 새로운 투자로부터 획득해야 할 최소한의 수익률을 말하며, 이는 투자에 대한 자본비용으로 이해할 수 있으며, 재무적 순현재가치를 산출하기 위해서는 할인율이 먼저 결정되어야 하며, 일반적으로 가중평균자본비용 혹은 장기 시장이자율을 할인율로 사용하게 된다. 순현재가치법은 순현재가치(NPV)가 기업가치의 증가분이라는 논리적 타당성이 뒷받침된다는 점과 화폐의 시간가치를 감안하며, 그리고 기업가치의 증가분이 금액으로 표시되어 가시성이 있는 장점이 있는 반면 계산이 복잡하고, 복수의 내부수익률이 존재할 수 있으며, 단기간 현금회수가 많은 투자안이 높은 내부수익률을 갖게 되는 경향이 존재한다.

② PI : 현금유출의 현재가치에 대한 현금유입의 현재가치 비율로 사업에 대한 수익성을 식(2)와 같이 나타낸 것을 수익성지수법이라고 한다.

$$P.I. = \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+k)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{Q_t}{(1+k)^t} \quad (2)$$

NPV법이 어떤 투자안의 타당성을 절대적 금액으로 측정하는데 반하여, 수익성지수는 투자안의 상대적 비율을 도출한다. 수익성 판정기준은 독립적인 투자안인 경우 수익성지수가 1보다 큰 투자안을 채택하고, 수익성지수가 1보다 작은 투자안을 기각하며, 상호 배타적인 투자안에서는 수익성지수가 1보다 큰 투자안들 중에서 수익성지수가 가장 큰 투자안을 최적 투자안으로 선택한다. 모든 현금흐름을 고려하고, 화폐의 시간 가치를 고려하며, 자본제약이 있는 경우의 적절한 의사결정기준이다. 그리고 자본제약이 없다면 동일한 자본규모인 경우 순현재가치법과 동일한 의사결정결과를 가져다줄 수 있는 반면 어떤 투자안의 상대적 수익성을 나타낼 뿐 가치가산의 원칙이 적용되지 않는다.

4.4 소규모 전력 중개 사업자 관점 수익성 분석

① 기본시나리오 : 중개사업자가 운영하는 총 모집 자원용량은 20MW이고 해당 용량을 구성하고 있는 발전소는 표 2와 같이 100kW, 200kW, 500kW 자원이 각각 20MW의 1/3씩을 구성하고 있는 것으로 가정한다.

표 2. 중개사업자의 자원구성
Table 2. Resource formation of aggregator

Plant Capacity (MW)	No. of Plant	Total Capacity (MW)
0.1	66.7	6.7
0.2	33.3	6.7
0.5	13.3	6.7
Total	113.3	20

현재 재생에너지 예측정산제도 참여 가능자원이 1MW 이하 태양광, 풍력, 바이오, ESS, 소수력으로 제한이 되어 있으며 전력거래소 회원사 신재생 설비 중 1MW 미만의 설비가 70%를 차지하고 있다. 또한 현재 1MW이하 발전설비는 대부분 한전 PPA를 이용하는 현 상황에서 이 가정은 한전PPA -> KPX 전환하는 발전소를 대상으로 하여 기존 사업자와의 경쟁 회피 영역을 찾기 위한 것이다.

② 비용계산 : 현금유출인 비용은 계량기 교체비용과 VPP 클라우드 이용요금으로 구성되며, 1회 4,000천원의 계량기 교체비용이 소요된 것으로 가정하면

총 교체비용은 133.3개를 반영하면 453,333천원으로 계산된다. VPP 클라우드 서비스 이용요금은 클라우드 사업자에게 지불하는 요금으로, 시스템 구축비용과 MW당 월 서비스 이용요금으로 구성된다. 기존 기업 내에 구축된 클라우드 시스템을 활용한다고 보아 구축비용은 없는 것으로 가정한다. 클라우드 사업자에게 지불하는 비용은 MW당 서비스 이용요금이 40천원 /MW·월 으로 가정하면 연간 서비스 이용요금은 20 MW × 40천원/MW·월 × 12개월/년 = 9,600천원/년으로 계산된다. 이 비용을 종합적으로 추정하면 표 3과 같다.

표 3. 비용추정 결과
Table 3. The Results of cost evaluation

(Unit: 1,000Won)

Year	Replacement Cost	Cloud Cost	Summation
2022	453,333	9,600	462,933
2023	0	9,600	9,600
2024	0	9,600	9,600
2025	0	9,600	9,600
2026	0	9,600	9,600
2027	0	9,600	9,600
2028	0	9,600	9,600
2029	0	9,600	9,600
2030	0	9,600	9,600
2031	0	9,600	9,600
Total	453,333	96,000	549,333

③ 수익추정 : 현금유입인 수입은 모니터링 + REC 위탁 서비스와 발전량 예측정산금으로 구성된다. 모니터링 + REC위탁 서비스 요금 수입은 현재 활동 중인 소규모 전력중개사업자들의 서비스요금을 참고하면 표 4와 같이 개별 발전소 용량별 모니터링 비용은 100kW 2만원 1MW 10만원으로 책정한 후 그 사이는 100kW 단위로 보간법을 활용하였으며, REC 위탁 서비스는 발전소 용량과 무관하게 월 1만원으로 책정하였다.

표 4. 발전소 용량별 서비스 요금
Table 4. Service charges by plant capacity

(Unit : Won)

Plant Capacity	Service Cost of Monitoring	REC Commission	Total Monthly Rate
100kW	20,000	10,000	30,000
200kW	28,889	10,000	38,889
300kW	37,778	10,000	47,778
400kW	46,667	10,000	56,667
500kW	55,556	10,000	65,556
600kW	64,444	10,000	74,444
700kW	73,333	10,000	83,333
800kW	82,222	10,000	92,222
900kW	91,111	10,000	101,111
1MW	100,000	10,000	110,000

용량별 개소를 공급하는 방식으로 산정한 중개사업자의 서비스요금 수입은 표 5와 같이 정리된다.

표 5. 모니터링 + REC 위탁 서비스 수입
Table 5. Incomes of monitoring plus REC commission

(Unit : 1,000won)

Year	Capacity (MW)	100 kW	200 kW	500 kW	Income
2022	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2023	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2024	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2025	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2026	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2027	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2028	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2029	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2030	20	24,000	15,556	10,489	50,044
2031	20	24,000	15,556	10,489	50,044
Total	-	-	-	-	500,444

VPP 클라우드 서비스가 예측정산제도를 통과하고, 총 예측정산금을 발전사업자 70% 중개사업자가 30%로 분배, 정산금 수준은 3원과 4원의 평균인 3.5원/kWh를 적용하면, 260,650원/일 × 0.3(중개사업자 배분율) × 365일/년 = 28,541천원/년으로 계산된다. 분석기간은 10년이고 분석기준일은 2020년 말을 기준으로 하며, 재무적 할인율 4.5%를 사용한다. 이때 태양광 평균 이용율은 9시 19.01%, 10시 34.13%, 11시 46.52%, 12시 54.60%, 13시 56.86%, 14시 54.12%, 15시 47.54%, 16시 36.88%, 17시 22.69%를 적용하고 나

머지는 10% 미만으로 나탄 미충족되어 정산금은 0원으로 처리한다. 표 4와 5를 종합하여 계산하면 표 6과 같이 나타난다.

④ 수익성 평가 : 기본 시나리오에 대하여 소규모 전력중개사업자의 장래 연도별 수입 및 비용 등을 감안하고 여러 가지 수익성 지표를 산출하여 중개사업자의 수익성을 평가한 결과는 표 7과 같이 나타난다. 비용의 현재가치는 CPV(Cost Present Value), 수입의 현재가치는 IPV(Income Present Value), 순현재가치 NPV(Net Present Value), 수익성지수는 PI(Profitability Index)로 표시하였다. 현재가치의 분석결과 총 비용의 현재가치는 4.9억원으로 나타나 총 수입의 현재가치는 6.0억원으로 추정되고 순현재가치는 1.1억원이 되어 0을 상회하는 것으로 나타났다.

표 6. 수익추정 결과
Table 6. The results of profitability evaluation

(Unit : 1,000won)

Year	Monitoring +REC Commission	Incomes	Summation
2022년	50,044	28,541	78,586
2023년	50,044	28,541	78,586
2024년	50,044	28,541	78,586
2025년	50,044	28,541	78,586
2026년	50,044	28,541	78,586
2027년	50,044	28,541	78,586
2028년	50,044	28,541	78,586
2029년	50,044	28,541	78,586
2030년	50,044	28,541	78,586
2031년	50,044	28,541	78,586
Total	500,444	285,412	785,856

표 7. 수익성 분석 결과
Table 7. The Results of profitability analysis

(Unit : 1,000won)

CPV	IPV	NPV	PI
487,822	595,049	107,227	1.22

수익성지수는 1.22로 산정되어 수익성 확보의 기준인 1.0을 초과하며, 따라서 본 시나리오는 수익성을 확보한 것으로 보이나 순현재가치가 그렇게 크지 않다. 수익성이 보장되는 10년 동안의 사업기간 동안에도 순현재가치가 그렇게 크지 않다는 점에서 중개사

업자 관점에서 보면 기본 시나리오의 요금제가 크게 매력적이지 않을 수 있으며, 이는 또한 한전 VPP 클라우드 서비스나 해당 서비스 요금제에 문제가 있다 기보다, 현재 국내 관련 제도의 근본적인 문제로 보인다.

V. 결론

2019년도에 국내에 도입된 소규모 전력중개사업자 제도는 도입 당시 5개의 중개사업자, 등록용량 24.4MW에서 2021년 3월 현재 53개의 중개사업자, 373MW 규모로 2년만에 중개사업자 수 10배, 등록용량 15배의 급격한 성장을 이루었으나, 전체 재생에너지 발전거래 실적에서 중개사업이 차지하는 비중을 보면 불과 1% 수준이다. 정부의 재생에너지 확대 및 분산형 전원 활성화 촉진 정책에 따라 향후 다양한 전력거래가 활성화되기 위해서는 현재의 전력중개사업이 다수의 중개사업자가 참여하여야 의미있는 수준의 전력거래 규모로 성장할 것이다.

시스템 구축비가 없는 것이 중개사업자의 수용성 제고 측면에서 유리할 것으로 판단되며, 시스템 구축 사업자인 클라우드사업자의 수익성 측면에서도 큰 무리가 없다. 중개사업자 관점에서 볼 때, 현재 KPX거래용 계량기 교체비용으로 초기 투자비용이 높으며, 클라우드 VPP 플랫폼 초기구축비까지 부담한다면 중개사업자, 특히 신규 중개사업자의 선호도, 수용성은 많이 낮을 것으로 예상된다. 클라우드사업자의 수익성 지수가 1.22로 산정되어 수익성은 확보한 것으로 나타났다. 초기 시장인 만큼 중개사업자 관점에서 시장 참여가 가능할 것으로 보인다.

공급형 VPP 활성화를 위해서는 단기적으로 소규모 전력 중개시장 활성화가 요구되며, 구체적 수단으로는 계통기여에 따른 인센티브 제공, 중개사업자의 REC 집합체 거래를 통한 수익 제고, 수익 안정성 확보를 위한 중개사업자의 REC 장기고정계약 참여 허용, 효과적인 전력거래 유인을 제공하는 장기고정계약 정산 방법의 개선을 들 수 있다. 따라서, 정부의 지원정책이 추가적으로 반영되어야 하며, 다수의 소규모 전력중개사업자가 참여할 수 있는 여건이 조성되어야 한다.

References

- [1] Y. Cho, S. Baek, S. W. Choi, and D. Jeong, "A Development of VPP Platform for the Efficient Utilization of Distributed Renewable Energy Resources," *The J. of Information Systems*, vol. 27, no. 2, 2018, pp. 95-114.
- [2] J. Giehl, H. Gocke, B. Grosse, J. Kochems, and J. Kirchenbauer, "Survey and Classification of Business Models for the Energy Transformation," *Energies*, vol. 13, Article 2981, 2020, pp. 1-17.
- [3] J. Choi, C. Moon, and Y. Chang, "A Study on System Retrofit of Complex Energy System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 61-68.
- [4] E. Kwak and C. Moon, "Analysis of Power System Stability by Deployment of Renewable Energy Resources," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 4, 2021, pp. 633-641.
- [5] K. Chung, M. Park, and D. 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, 2015, pp. 375-383.
- [6] Y. Lee, "A Study on the Participation of Virtual Power Plant Based Technology Utilizing Distributed Generation Resources in Electrical Market," *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 65P, no. 2, 2016, pp. 94-100.
- [7] Y. Cho, S. Baek, W. Choi, and D. Jeong, "A Development of VPP Platform for the Efficient Utilization of Distributed Renewable Energy Resources," *The J. of Information Systems*, vol. 27, no. 2, 2018, pp. 95-114.
- [8] S. Yang, Y. Kim, W. Lee, and W. Kim, "The Power Brokerage Trading System for Efficient Management of Small-Scale Distributed Energy-Resources," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 4, 2021, pp. 735-742.
- [9] S. Ghavidel, L. Li, J. Aghael, and Y. Tao, "A Review on the Virtual Power Plant: Components and Operation Systems," *IEEE International Conference on Power System Technology*, Guangzhou China, 2018, pp. 1-6.

- [10] H. Saboori, M. Mohammadi, and R. Taghe, "Virtual Power Plant(VPP), Definition, Concept, Components and Types," *IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, Wuhan, China, 2011*, pp. 1-4.

저자 소개

임충환(Chung-Hwan Lim)



1992년 전남대 공학사, 2005년 핀란드 알토대 경영학석사, 1993년 한국전력공사에 입사하여 2021년~현재 광주전남건설지사장, 2021년~현재 국립목포대학교 대학원 전기공학과

스마트그리드협회 표준관리위원장, 신사업추진실장, 해외사업처 송배전사업부장, 신사업개발부장, 광주전남건설지사 변전건설부장 등을 역임

※ 관심분야 : 에너지신사업, HVDC, ESS 시스템

김동섭(Dong-Sub Kim)



1982년, 2000년 한양대학교 공학사, 공학석사, 2014년 연세대학교 공학박사

2020년~현재 목포대학교 공과대학 전기 및 제어공학과 교수

2016년~현재 IEC MSB 이사

2019년~현재 공학한림원 회원, 대한전기학회 부회장, 국제배전망협의회(CIRED) 한국위원장, 대한전기협회 비상임이사, 한국스마트그리드사업단 비상임이사, 한국산업기술진흥협회 비상임이사 역임

* 관심분야 : 에너지관리시스템, 배전선로 전압제어, 신재생에너지 운영시스템

문채주(Chae-Joo Moon)



1981년, 1983년 및 1994년 전남대학교 공학사, 공학석사, 공학박사
1997년~현재 목포대학교 공과대학 전기 및 제어공학과 교수
2017년~현재 에너지밸리산학융합원장

한국전력기술(주) 책임연구원, 광주일보 테마칼럼니스트, 전력전자학회 부회장, 이투뉴스 및 한국전기신문 칼럼니스트, 기초전력연구원 에너지밸리분원장 역임

※ 관심분야 : 풍력발전시스템, 전력변환시스템, 전력시스템

