

수소주거모델의 전력 거래 참여 방안 고찰

정기석[†] · 정태영

한국전력기술 전력기술연구원

A Study on Power Trading Methods for in a Hydrogen Residential Model

KISEOK JEONG[†], TAEYOUNG JYUNG

Power Technology Research Institute, KEPCO E&C, 269 Hyeoksinsin-ro, Gimcheon 39660, Korea

[†]Corresponding author :
jksowl@kepc0-enc.com

Received 22 March, 2023
Revised 24 April, 2023
Accepted 25 April, 2023

Abstract >> Participation in power trading using surplus power is considered a business model active in the domestic energy trade market, but it is limited only if the legal requirements according to the type, capacity, and use of the facilities to be applied for are satisfied. The hydrogen residential demonstration model presented in this paper includes solar power, energy storage system (ESS), fuel cell, and water electrolysis facilities in electrical facilities for private use with low-voltage power receiving system. The concept of operations strategy for this model focuses on securing the energy self-sufficiency ratio of the entire system, securing economic feasibility through the optimal operation module installed in the energy management system (EMS), and securing the stability of the internal power balancing issue during the stand-alone mode. An electric facility configuration method of a hydrogen residential complex demonstrated to achieve this operational goal has a structure in which individual energy sources are electrically connected to the main bus, and ESS is also directly connected to the main bus instead of a renewable connection type to perform charging/discharging operation for energy balancing management in the complex. If surplus power exists after scheduling, participation in power trading through reverse transmission parallel operation can be considered to solve the energy balancing problem and ensure profitability. Consequentially, this paper reviews the legal regulations on participation in electric power trading using surplus power from hydrogen residential models that can produce and consume power, gas, and thermal energy including hybrid distributed power sources, and suggests action plans.

Key words : Hydrogen residential model(수소주거모델), Power trading(전력 거래), Legal issue(법/제도), Distributed energy resource(분산형 전원), Energy storage system(에너지 저장 장치)

1. 서론

전 세계적으로 탄소중립 및 수소경제 조기 정착을 위한 신재생에너지 보급 및 그린수소 생산, 전력화를 위한 다양한 에너지 정책이 발표되면서 관련 시장이 확대되고 있다. 이에 따라 도시 내 건물 및 주거 부분 또한 에너지 소비량 증가 및 형태가 다양화되면서, 주거 부분의 수소 및 재생에너지의 수용성 확대와 전력 외 수소, 열에너지를 통합적으로 관리하고 능동적인 에너지 프로슈머(energy prosumer)로의 전환을 촉진하기 위한 다양한 사업모델이 실증 단계에서 제시되고 있다¹⁻³⁾.

최근 신재생에너지 보급 및 시장 확대에 따라 전기 사업법을 위시한 전력 거래 관련 법/제도 또한 기존의 원자력, 화석 연료 기반의 대규모 발전 사업자 중심의 강제적 전력 시장 구조에서 태양광 발전(photovoltaics, PV), 연료전지(fuel cell, FC) 등 신재생에너지원을 활용한 분산형 전원(distributed energy resources, DER) 기반 소규모 일반용, 자가용 사업자 등에 예외사항을 두어 전력 거래에 참여할 수 있도록 규제가 완화되는 방향으로 정비되고 있다³⁾. 수소주거모델(hydrogen residential model)의 소유주 혹은 운영주가 경제적인 이익을 통하여 투자된 자금을 회수할 수 있는 사업 모델 중 단지 내 잉여전력(surplus electrical power)을 활용한 전력 거래 참여가 현행 국내 에너지 거래 시장 제도하에서 현실적인 사업모델로 고려된다. 강제적 전력 시장의 예외사항을 만족하는 참여자(player)는 요금상계거래(net-metering), 신재생에너지 발전 사업자, 전력수급 계약(power purchase agreement, PPA) 사업자, 구역 전기 사업자, 자가용 전기 설비 설치자 등이 있으며, 의무 또는 선택적으로 한국전력거래소(Korea power exchange, KPX)의 전력 시장에 직접 또는 중개 사업자를 통해 참여하거나, 전력 시장을 거치지 않고 전력 판매 사업자인 한국전력공사와 계약을 통해 거래가 가능하다. 하지만 주로 동종 발전 설비를 활용하고 있으며, 신청 대상 설비의 종류, 용량, 용도에 따라 법률적 요건을 만족하는 경우에만 제한적으로 허용되고 있다.

수소주거모델은 수전해(water electrolysis), FC 등 수소 관련 설비뿐만 아니라 에너지 자립을 위해 열병합발전(combined heat and power, CHP), 수전해, FC, PV, 에너지 저장 장치(energy storage system, ESS)와 냉동기, 히트펌프(heat pump), 축열조(heat storage tank), 축냉조(cold storage tank), 수소저장합금(hydrogen storage alloy, HSA) 등 다양한 에너지 형태의 이중 설비가 유기적으로 결합된 통합 에너지 시스템(integrated energy system)이다⁴⁾. 전력 분야에서는 주거 단지 내 잉여전력을 판매, 중개하고, 수소/전력에너지 저장을 통한 단독 에너지 공급이 가능한 커뮤니티형 마이크로그리드 모델로 정의되며, PV, FC, ESS 등 이중 소규모 발전 설비를 포함하는 것을 특징으로 한다. 운영 목표는 단지 내 개별 신재생에너지, ESS를 활용한 수익성 확보보다는 단지 내 에너지 자립률(energy self-sufficiency ratio) 확보와 전체 에너지 운영 관점의 경제성과 독립 운전 시 내부 계통의 전력 수급 안정성을 확보하는데 궁극적인 목표가 있다.

그러나 현재 수소주거모델의 전력 거래 시장 제도 참여 관련 국내외 사례가 전무하다. 다만 해외의 경우 마이크로그리드의 법률적 규제에 대한 정책 연구 사례로 마이크로그리드의 상용화를 위한 법률적 규제, 기술 규정에 대해 전반적인 분석과 미국 뉴욕주, 스페인의 사례를 기술하였다⁵⁾. 특히, 전력 거래 관련 법/제도상의 규제와 정부의 정책적인 지원 방향을 기술하였다.

본 논문에서는 하이브리드 분산형 전원을 포함한 수소주거모델을 대상으로 잉여전력을 활용한 전력 거래 제도 참여를 위한 관련 법/제도 현황을 조사하고, 거래 유형별 규제 사항을 검토하여 실질적인 참여 방안을 제시하고자 한다.

2. 수소주거모델

2.1 설비 구성 및 계통 연계

수소주거모델은 Fig. 1과 같이 전력 외 열, 수소 등 비전력 에너지를 생산, 소비하고 필요시 전환(수전

해: 전력→수소, FC: 수소→전력) 또는 저장(전력: ESS, 열: 축열조/축냉조, 수소: HSA)할 수 있는 다양한 형태의 에너지 설비로 구성된다⁶⁾. 이 중 전력에너지는 외부 전력망(E-grid)과 내부 DER로 PV와 FC로부터 공급받으며, 직접 소비되거나 동종 또는 이종 에너지 형태로 저장되고, 역송 병렬 조건에서는 잉여 전력을 E-grid로 공급한다.

구체적으로 DER은 10 kW 급 FC (LNG FC: 5 kW, HFC: 5 kW)와 98 kW 급 PV(세대 및 공용 PV 포함)로 구성된다. 이 중 LNG FC는 외부 가스망(G-grid)으로부터 저압 LNG를 공급받는다. 수전해 스택 및 주변 장치(balance of plant)와 태양열(solar heat), 지열(geothermal), FC 폐열 회수(organic rankine cycle) 설비의 구동에 필요한 전력과 단지 내 공용/세대 전력을 부하로 고려한다.

ESS는 수소주거모델의 전력 계통 안정화 유지와 경제성 확보를 위해 필수적으로 요구되며, 연결점은 수소주거모델의 운영 목표에 따라 달라질 수 있다⁷⁾. 만약 내부 잉여전력 발생 시 전력 거래를 통한 수익 창출보다 전력 계통 수급 안정성 확보 차원에서 에너지 저장 및 전환을 최우선 목표로 설계한 경우 운전 상황에 따라 외부 전력망과 내부 분산형 전원으로 부터 전력을 수급받아 시간별 충방전(state of charge, SoC) 스케줄 운전이 가능하도록 Fig. 2(a)와 같이 주

모선에 전기 설비가 직접 연결되는 형태로 구성된다.

ESS는 계통이 단절되어 독립 계통으로 전환된 비상 상황에서 내부의 한정된 자원만으로 계통 복구 전까지 부하 변동성을 견딜 수 있는 최소한의 여유 용량을 가지고 있어야 한다.

용량 설계는 배터리 종류, 독립 운전 출력 지속 시간에 따라 달리 선정된다. 공공기관 ESS 설치 의무화 제도에 의하면 ESS 출력 기준 최소 2시간 이상 충방전할 수 있는 배터리 용량을 확보하도록 권고하고 있다. 태양광 연계 ESS의 경우 태양광 발전 설비용량의 2.5-3배수를 설치하는 것을 권장하고 있다. 본 연구에서는 독립 운전 상황에서 8시간 이상의 신뢰도를 유지(신뢰도 유지 확률 95% 이상)하기 위한 ESS 용량 산정 기법을 적용하였다⁸⁾. 만약, 실제 운영 상황에서 저장된 수소에너지를 활용한 연료전지 발전이 적절히 활용될 경우 장기적인 전력 수급에 문제가 없을 것으로 판단된다.

실증 설비의 전력 계통 연계 방식은 국내 계통 연계 규정(grid code)인 송·배전용 전기 설비 이용 규정과 분산형 전원 배전 계통 연계 기술 기준이 적용되며, DER의 연계 여부, 전력 생산에 따른 전력 거래 여부 등에 따라 단방향, 양방향 DER, hybrid형 DER로 구분된다. 본 논문에서는 PV, FC 등 DER과 ESS가 연계된 혼합된 형태의 hybrid형 DER로 정의된다.

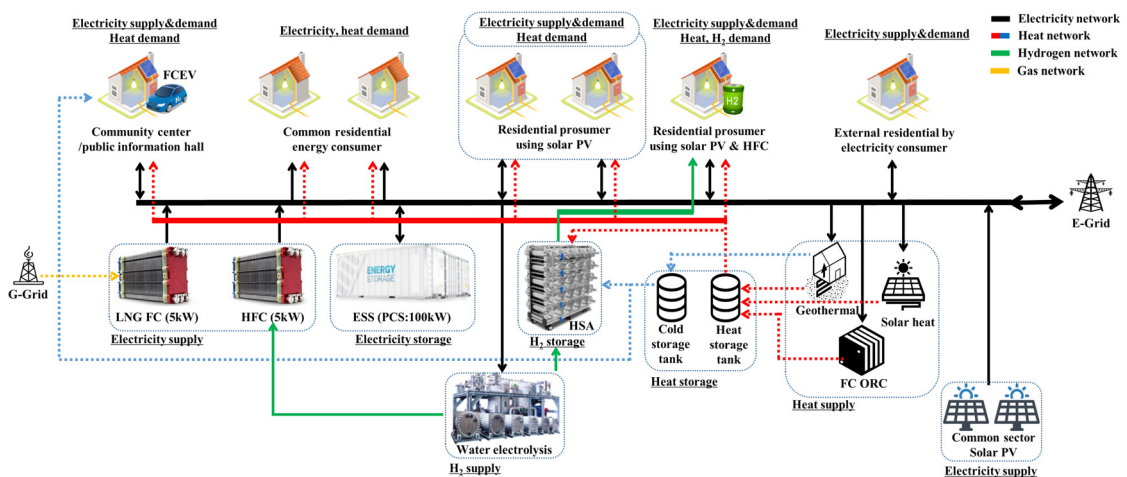


Fig. 1. Energy network configuration of hydrogen townhouse residential model

2.2 운전 모드별 운영 전략 및 잉여전력 발생

수소주거모델은 전력 계통 관점에서 계통 연계 모드 (grid-connected mode)와 독립 운전 모드(stand-alone mode)를 가진 마이크로그리드로 정의할 수 있으며, 통합 에너지 관리 시스템은 건축물 에너지 관리 관점에서 1차 에너지원의 생산, 소비량을 기준으로 에너지 자립률을 100% 이상 유지하도록 운영될 수 있다. 계통 연계 모드 상황에서 수소주거모델 내 잉여 전력([- net load)이 발생한다면 목적 함수(비용 최소화)에 따라 우선 ESS에 전력에너지를 충전하거나 수전해 설비를 가동하여 수소로 전환하고 남은 전력에 대해 전력 거래가 수행되도록 설계된다. 반대로 부족 전력이 발생한다면, 우선 ESS의 전력에너지를 방전하거나 FC를 발전하고 추가로 필요한 전력에 대해

E-grid로부터 전력을 수전하도록 설계된다. 독립운전 모드로 전환되는 상황에서 ESS는 FC와 수전해 설비가 예열되는 시간 동안 단독으로 운전되는 조건에서도 독립 운전이 가능하도록 설계된다. ESS는 내부 전력 계통의 전압, 주파수 유지를 위한 동기화 전원의 역할을 담당하며, PV 발전이 안 되거나, ESS의 SoC가 운전 범위보다 낮거나, FC의 계시별 요금제 (time-of-use, TOU)보다 E-grid의 TOU가 낮은 경우 EMS는 E-grid에서 전력을 수급받아 부하로 공급하고, ESS의 SoC 운전 범위를 충족하도록 스케줄을 설정하게 되며, 이러한 이유로 Fig. 2(b)와 같이 ESS를 신재생 연계형(주로 PV)으로 연결할 수 없으며, 주모선에 직접 접속된 형태로 운영된다.

해당 수소주거모델은 가구수 대비 태양광 발전용량이 높아 Fig. 3의 original case와 같이 낮 시간대에 과발전 현상이 자주 발생할 것으로 예측된다. 만약 계통 연계 운전 모드에서 태양광 발전 용량이 전력 소비량보다 훨씬 큰 과발전 상황이 발생할 경우, EMS에 탑재된 최적 운전 알고리즘에 의해 역조류 해소를 위해 수전해와 ESS의 충전 모드가 가동된다.

Fig. 3의 Optimized-#1은 경제성을 고려한 ESS의 SoC 응동 범위를 적용한 사례이며, Optimized-#2는 스케줄링 이후 잉여전력을 해소하기 위해 SoC의 응동 범위를 Optimized-#1보다 넓게 적용한 사례이다. 만약 스케줄링 이후 잉여전력이 존재할 경우 해소를 위해 역송병렬 운전을 통한 전력 거래 또는 내부적

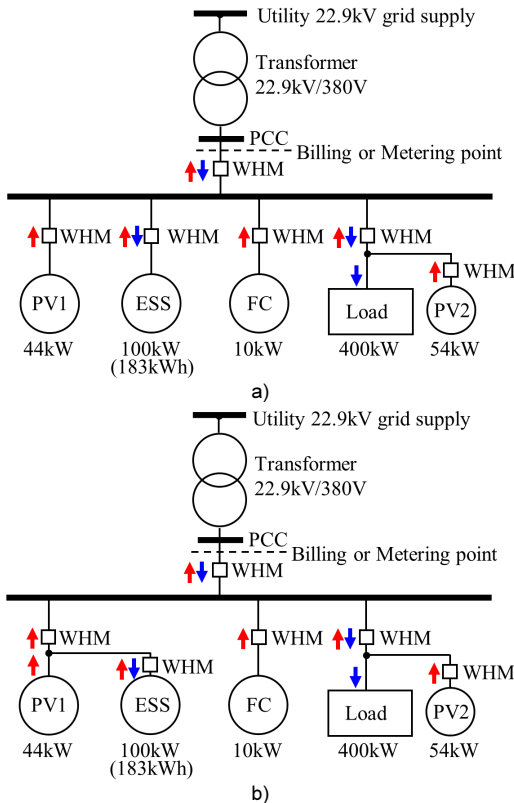


Fig. 2. Electrical facility configuration according to ESS connection type (a) direct connected to main bus and (b) connected to PV of hydrogen townhouse residential model

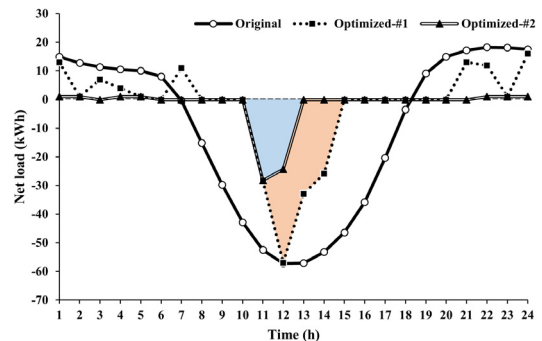


Fig. 3. The results of net load for different operation conditions of hydrogen townhouse residential model according to over-generation of PV

으로 잉여전력 해소를 위한 방안이 마련되어야 한다.

수소주거모델은 전기사업법에서 규정한 전력 사업자가 아닌 경우 자가 소비형과 전력 거래형으로 구분할 수 있다. 3.2절에서 구체적으로 언급할 법/제도 관점에서는 사업 주체가 내부 에너지 생산량을 얼마큼 자가 소비하느냐에 따라 서비스는 크게 자가 이용, 일부 거래, 거래 전용으로 분류할 수 있다. 본 수소주거모델은 2.1절의 설비 구성과 본 절의 통합 에너지 관리 시스템의 설비 스케줄링 운전 개념 및 사례를 근거로 일부 거래를 통한 수익 창출이 가능할 것으로 판단한다.

3. 전력 거래 유형 및 법/제도 현황 분석

3.1 자가용 설비 규모 전력 거래 유형

신재생에너지원 기반 발전량이 내부 순부하(net load) 및 저장 용량(energy storage capacity, ESS, hydrogen buffer tank)을 초과하여 잉여전력이 발생되는 상황은 Fig. 3의 부하량 및 PV 발전량 예측 결과를 통해 확인하였다. 신재생에너지 발전 기반 역송병렬 운전 형태로, E-grid에 잉여전력을 공급하고, 수익을 확보할 수 있는 유형은 상계 거래, PPA, 전력 시장 직접 거래, 소규모 전력 중개, 구역 전기 사업 등을 고려할 수 있다. 본 논문의 수소주거모델의 실증 규모를 고려하여 참여 대상 설비의 용량을 자가용 설비(10-1,000 kW) 규모로 한정할 경우 Table 1과 같이 자가 소비 후 잉여전력 판매가 가능한 상계 거래, PPA, 전력 시장 거래를 후보군으로 선정하였다.

요금 상계 제도는 전기 사용 동일 장소에서 자가 소비 후 잉여전력을 한국전력공사와 상계 거래 계약 체결을 통해 거래하는 방법이다. 신청 대상은 발전 설비 10 kW 이하(단, 태양광 1 MW 이하) 자가 소비 후 잉여전력을 판매하고자 하는 자이며, 발전 설비가 10 kW를 초과할 경우 매월 전기 사용량을 상계 후 누적된 잉여전력을 연가중 평균의 계통한계가격(system marginal price, SMP) 대금으로 1년 주기로 정산받게 된다. 자가용 PPA는 신재생에너지 자가용

발전 설비 자가 소비 후 잉여전력을 한국전력공사와 장기 계약 체결(15년 이상, 고정 가격)을 통해 거래하는 방법으로, 신청 대상은 자가용 발전 설비(10-1,000 kW) 설치자이다. 자가용 PPA는 사업용 PPA와 달리 발전 사업 허가를 취득하지 않아도 신청이 가능하며, 월가중 평균 방식의 SMP와 가중치 1로 고정된 renewable energy certificates (REC)를 통해 수익을 창출할 수 있다. 전력 시장 거래 제도는 전기 사용 동일 장소의 신재생에너지 발전 설비 자가 소비 후 잉여전력을 KPX의 전력시장을 통해 거래하는 방법이다. 신청 대상은 10 kW 초과 자가용 발전 설비를 이용하여 자가 소비 후 잉여전력을 판매하고자 하는 자로서, 1 MW를 초과할 경우 사업용 설비로 분류되어 의무적으로 시장 거래에 참여하여야 한다. 여기서 PV는 자가 소비 후 남은 전력을 모두 팔 수 있지만, PV를 제외한 신재생에너지는 발전량의 50%에 해당하는 잉여전력만을 판매할 수 있다. 판매 금액은 SMP에 의해 결정되며, ESS로 전력 거래를 하는 경

Table 1. Types of participable power trade in the hydrogen residential model for private capacity scale

type	net-metering	PPA	electricity market
trading institution	KEPCO		KPX
capacity	10 kW or less (1 MW at PV)	10 kW-1 MW	over 10 kW
trading method	Selling surplus power after self-consumption		
	only over 10 kW	less than 50% at non-PV	
usage offset period	monthly		hourly
settlement payment	SMP (annually weighted average)	SMP (monthly weighed average) + REC*1.0 (fixed)	SMP (hourly) + REC
settlement cycle	Annually	Monthly	6 times a month
metering method	Monthly manual reading	Monthly automatic reading	Hourly automatic reading
fee	N/A	N/A	Transaction & comm. fees

우 REC 가중치에 근거하여 보상받는다. 다만 ESS가 있더라도 REC 수혜 여부는 에너지공단의 검증이 요구된다.

Table 1의 후보군을 제외한 소규모 전력 중개 사업은 가상 발전소(virtual power plant) 기반 소규모 전력 자원을 모집 관리할 수 있도록 KPX가 개설, 운영하는 시장에 중개 사업자를 통해 참여하는 방식으로, KPX가 설치를 지원하는 전용 계량기를 설치하여야 한다. 본 논문의 수소주거모델은 발전 전력의 자가 소비가 필요하여, 자가 소비가 규정상 불가한 소규모 전력 중개 사업의 경우 후보군에서 배제하였다. 추가적으로 해당 유형으로 참여할 경우 발전 사업 허가 취득 의무와 계량기 설치, 중개 거래 대행에 따른 수수료 등의 추가 비용 부담을 고려한 수익성

확보 문제를 고려해야 한다. 수소주거모델은 구역 전기 사업과 같이 열과 전기에너지를 기술적으로 직관할 수 있으나, 현행법에서 일정 규모 이상(주택 건설 총 수 5,000 가구 이상, 개발 면적 30만 m² 이상)인 신규 개발 지역에 한하여 집단 에너지 공급 타당성을 검토한 후에 승인하도록 되어 있어, 상대적으로 작은 규모의 수소주거모델은 참여가 불가할 것으로 판단되어 후보군에서 배제하였다. 추후 수소주거모델의 규모가 확대될 경우 전력뿐만 아니라 열에너지의 공급을 포함하는 CHP의 형태로 상용화가 가능할 것으로 보여 집단 에너지 사업(community energy system), 구역 전기 사업 등에서의 지원 제도에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

Table 2. An overview of the regulations on power trade in hydrogen residential models

Type		Net-metering
Electric utility act	Act	· Article 31 (Electric power trading) Paragraph 1, Paragraph 4 Subparagraph 2 ↳Private electric consumer is available for trading in the electricity market
	Enforcement Decree	· Article 19 (Electric power trading) Paragraph 2 Subparagraph 1 & 2 ↳Power trading volume : PV (no restriction), non-PV (less than 50%) ↳In the case of heterogeneous power generation facilities, it is impossible to check whether the volume is less than 50%
	Guidelines for power trading of small-scale renewable energy generation electricity, etc	· Article 3 (Power trading method), Act 18 (Power trading by net-metering) Paragraph 1 ↳Renewable power generation facilities · ESS-utilized power under 1,000kW could be traded with electricity vendors without passing through the power market ↳Renewable power generation facilities · ESS exceeding 10kW could not be traded in offset
New energy act	Act	· Article 2 (Definition) Paragraph 3 ↳Definition of new and renewable energy facilities
	Enforcement Rule	· Article 2 (New and renewable energy facilities) Paragraph 12 ↳ESS is defined as a power storage facility connected to a electric power generation facility using new and renewable energy
	Management · operation guidelines for mandatory supply of renewable energy and mandatory fuel mixing system	· Appended Table 2 (Weight by new and renewable energy source) 19 and 21 ↳ The PV-linked ESS to be RPS is applied only to the amount of electricity charged from 6 to 15 from Pv and discharged from 16 to 23
Standard for handling charge-off transactions (KEPCO)		· Article 3.5.1.1 (Target of power trading) ↳Net-metering is possible when installing heterogeneous power generation facilities in the same district
Technical standards for connecting distribution system to distributed Power (KEPCO)		· Article 4 (Connection conditions and classification of connections) Paragraph 7 ↳ESS charging of hybrid DER is possible only with renewable energy

3.2 전력 거래 법/제도 현황 및 거래 유형별 규제 분석

수소주거모델의 PV, FC, ESS 등은 Table 2의 전 기사업법 및 신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법(신에너지법)에 의거하여 개별 설비 용량이 1,000 kW 이하인 경우 신재생에너지 설비로 전력 시장에 참여하거나 전력 시장을 거치지 않고 전기 판매 사업자와 거래가 가능하게 된다. 2.1절에서 언급한 수소주거모델의 발전/부하 설비 운영 개념 및 규모를 고려할 경우 자가용 전기 설비 설치자로 분류할 수 있으며, 신청 대상 설비는 Table 2의 ‘소규모 신재생에너지 발전 전력 등의 거래에 관한 지침(산업통상자원부고시 제2018-56호)’에 의거 구체적으로 1,000 kW 이하 신재생 발전 설비, 총 총방전 설비 1,000 kW 이하 ESS, 전기자동차(electric vehicle, EV) 등으로 제한된다. 신재생에너지지원에 의한 잉여전력이 전력 거래를 위해 외부로 공급되는 상황은 송배전망 운영자인 한국전력공사 관점에서 역조류를 발생시키는 역송병렬운전으로 정의하고 있다. 본 절에서는 각 거래 유형별로 거래 기관, 신청 설비의 용량, 거래 방법 등에 따라 상이하하여 Table 2과 같이 전력 거래 관련 규정 현황을 조사하고, 각 거래 유형별 신청 요건에 대한 법률적인 규제사항을 분석하였다.

요금 상계 제도 참여 시 Table 2의 소규모 신재생에너지 발전 전력 등의 거래에 관한 지침의 제18조(상계에 의한 전력 거래) 제1항에 의거 발전 설비 용량 10 kW 이하(단, PV는 1,000 kW 이하), 신재생에너지 발전 설비·전기 발전 보일러(ESS·EV의 경우 총 총방전 설비 용량이 10 kW이하)로 제한된다. 해당 규정은 개별 설비에 적용되기 때문에, 수소주거모델의 183 kWh (power conversion system, 100 kW) 급 ESS로 인해 신청 요건을 갖추지 못할 것으로 예상된다. 수소타운하우스는 공용·세대 전력 외 수소, 가스, 열에너지 생산, 저장, 전환을 위한 상당량의 설비 작동 전력이 요구되기 때문에, 소규모 타운하우스를 고려하더라도 수백 kW의 전력 공급이 필요하다.

이 경우 ESS 설비 용량을 10 kW 이하로 설계 시

전력 계통 안정성을 유지할 수 없을 것으로 판단된다. 자가용 PPA 제도 참여 시 전력량은 월별 검침하기 때문에 시간대별 계측이 필요한 ESS가 연계된 경우 시간대별로 상계 처리가 불가하여, 참여가 어려울 것으로 분석된다. 수소주거모델이 전력 시장 거래제도에 참여할 경우 SMP 예측, 그에 따른 알고리즘 문제 등을 구현하기 어렵고, 구현한다고 해도 전력 발전량 예측이 틀리게 되면 비효율적인 계통 운영으로 이어질 수 있다. 또한 전력 거래에 능동적으로 참여하는 형태의 시장이기에, 계통 내 요소별 정확한 가격 정립이 선행되어야 참가를 고려할 수 있다.

수소주거모델 설비 구성 측면에서 살펴보면, FC, PV의 이중 발전 설비와 ESS가 결합된 시스템으로 현행법상 이러한 설비 구성에 대한 자가용 PPA와 전력 시장 거래 참여가 허용되지 않을 것으로 분석된다. 구체적으로 1구역 1계량기 원칙에 의거 PV와 FC가 결합된 이중 신재생에너지 발전 설비 구성에서 각 발전 설비마다 개별적으로 계량기를 설치할 수 없어 FC의 총 발전량이 규정에서 명시한 50% 미만임을 확인할 수 없게 된다.

또한 PV, FC와 연계된 ESS는 Table 2의 신에너지법 시행 규칙 제2조와 분산형 전원 연계 기준 제4조에 의거 신재생 연계형(신재생에너지만으로 충전)으로만 전력 거래(시장 거래, 소규모 중개 거래) 참여가 가능하나, Fig. 2(b)와 같이 접속점 변경 시 수소주거모델의 운영 개념을 유지할 수 없게 되어 실질적인 참여가 어려울 것으로 분석된다.

3.3 수소주거모델 전력 거래 대안 검토

수소주거모델의 잉여전력을 활용한 전력 거래는 기술적으로는 실행 가능하나, 본 논문을 통해 확인한 바와 같이 국내 관련 법령하에서 적용하기에는 아직까지 많은 제약사항이 존재한다. 현행 제도에서 규제 샌드박스를 통해 제안 기술의 적용성을 실증 단계에서 적용할 수 있으나, 수소경제 활성화 및 사업화와 연계한 장기적 관점에서 제도 개선, 정비 및 규제 완화가 필요하다. 본 논문에서는 현행 제도하에서 수소

타운하우스 에너지 관련 운영 목표 유지 및 수익 창출을 위해 대안으로 Fig. 4와 같이 사업 주체를 2개로 구분하여, 전자는 기존 수소타운하우스 운영 개념을 유지하기 위해 최소한의 분산형 전원을 포함한 일반 수용가 계통(Customer-2)을 구성하고, 후자는 발전 사업용 계통(Customer-1)으로 별도로 분리하는 방안을 제안하다. 해당 운영 방안은 2.1절의 수소주거모델의 초기 설계 사양을 활용한 PV 발전량 및 부하 예측 결과를 토대로 단지 내 효율적이고 안정적인 전력 공급과 에너지자립률 유지를 통한 운영 목표 유지와 동시에 태양광 발전 사업에 따른 추가 수익 확보가 가능하다.

4. 결론

본 논문은 하이브리드 분산형 전원을 포함한 수소주거모델의 잉여전력을 활용한 전력 거래 참여 방안을 국내 법/제도 규제 분석을 통해 검토하였다. 수소주거모델은 단지 내 에너지 자립률 유지 및 전력 수급 안정화와 경제성을 확보하기 위해 10-1,000 kW의 자가용 규모의 PV, FC 등 이중 신재생에너지 발전설비와 ESS가 주모선에 직결된 형태로 결합된 통합에너지 시스템으로 정의되며, 이러한 설비 용량, 구성 방식 및 운영 개념을 가진 시스템은 현재까지 국

내 법/제도 상 법률적인 규제 사항에 의해 상계 거래, 자가용 PPA, 전력 시장 거래, 소규모 중개 사업, 구역 전기 사업 등의 전력 거래가 허용되지 않는 것으로 확인되었다. 현행 제도에서 수소주거모델의 운영 목표를 유지하면서, 전력 거래를 통한 수익성 확보를 위해 사업 주체 분리 방안을 대안으로 제시하였으며, 본 논문을 기초로 추후 사업화 연계 시 설비 용량, 구성 방식에 대해 현재 법/제도상 규제 리스크를 고려한 설계가 수행되어야 한다. 궁극적으로 최근 전력 거래 관련 규제샌드 트랜드를 고려한 법/제도 정비가 수반되어 임시적인 규제 완화 효과를 넘어 수소경제 활성화와 에너지 전환 정책 실현, 사업화와 연계하여 지속적인 성장 동력을 유지하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행하였습니다(과제번호 22HSCT-C157917-03).

References

1. J. Lee, S. Y. Lim, K. A. Shin, N. Kim, D. H. Kim, and C. G. Park, "A study for analysis of micro heat grid configuration and deduction of optimal size in hydrogen cities", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 33, No. 6, 2022, pp. 845-855, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.6.845>.
2. K. Knosala, L. Langenberg, N. Pflugradt, P. Stenzel, L. Kotzur, and D. Stolten, "The role of hydrogen in German residential buildings", *Energy and Buildings*, Vol. 276, 2022, pp. 112480, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112480>.
3. Y. H. Jang, Y. S. Kim, G. I. Wang, and S. H. Lee, "Estimation of greenhouse gas reduction effects of a hydrogen energy to wn based on an energy sharing platform", *Journal of Climate Change Research*, Vol. 13, No. 5, 2022, pp. 623-632, doi: <https://doi.org/10.15531/KSCCR.2022.13.5.623>.
4. S. K. Jeon, J. H. Jeon, S. H. Ryu, and D. H. Lee, "An economic operation of small integrated energy system including tri-generator, photovoltaic and ESS," *The Transaction of the Korean Institute of Electrical Engineers P*, Vol. 71P, No. 2, 2022, pp. 9-16, doi: <https://doi.org/10.5370/KIEEP.2022.71.1.9>.
5. Korea Electrical Manufacturers Association, "Development

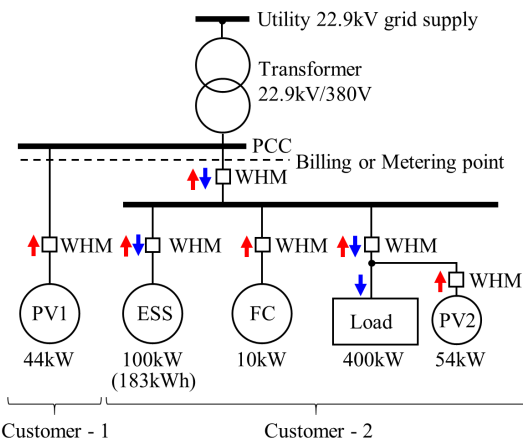


Fig. 4. Electrical conceptual diagram of hydrogen residential model as an alternative for participating in domestic power trading system

- of integration EMS for the microgrid and application technology to real site”, Ministry of Knowledge Economy, 2013. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201300025310>.
6. S. Lee and S. Hwang, “Development of energy operation status contents for Samcheok hydrogen townhouse”, Journal of the Korea Contents Association, Vol. 23, No. 1, 2023, pp. 267-274, doi: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2023.23.01.267>.
 7. S. Hwang and J. N. Park, “Techno-economic analysis of water electrolysis system connected with photovoltaic power generation”, Journal of Hydrogen and New Energy, Vol. 32, No. 6, 2021, pp. 477-482, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2021.32.6.477>.
 8. S. R. Heo and S. K. Han, “ESS capacity calculation method in hydrogen linked system”, The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 72, No. 2, 2023, pp. 222-227, doi: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2023.72.2.222>.