

연료전지와 엔진을 연계하는 고효율 하이브리드 발전시스템 기술

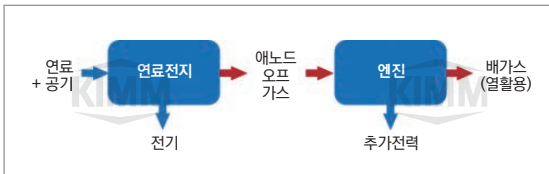
210

무탄소연료발전연구실

연구자 : 김영상
T. 042.868.7806

기술 개요

- 고온 연료전지 SOFC와 내연기관 엔진을 연계하여 발전효율을 획기적으로 향상시킨 고효율 분산발전 기술 개발
- 연료전지-엔진 하이브리드 시스템에서는 연료전지 연료극에서 배출되는 미반응 연료성분(애노드 오프가스)을 HCCI 엔진으로 연소시켜 추가전력을 얻음



〈 연료전지-엔진 하이브리드 시스템 개념 〉

고객 · 시장

- 연료전지 시스템 개발업체, 집단에너지 사업자, 분산발전 시스템 개발/운용 업체
- 고효율 분산발전 시스템(RPS 시장, 공공건물 에너지이용 효율화, 분산발전 시장)
- 향후 분산 발전 시스템 보급확대 예상(건물용/집단에너지 등)
- 선박용 발전시스템(추진/보조전력) - 대형 선박의 고효율 에너지 분야 시장 창출(EEDI 대응)

기존 기술의 문제점 또는 본 기술의 필요성

- 연료전지 기술이 상용화에 근접함에 따라, 발전시스템의 효율을 향상시키는 기술에 대한 중요성이 더욱 중요해지고 있음
- 시스템 효율 향상을 위해서는 연료전지 스택의 효율 향상, 시스템 최적화, BOP 소모동력 저감 등도 중요하나, 연료전지 기술의 내구성과 기술적 한계를 고려하면, 하이브리드 시스템 개발이 현실적으로 타당한 접근방법임. 기존의 하이브리드 발전은 연료전지와 가스터빈을 결합하는 방식이 주로 고려되었으나, 수백kW급 이하 분산형 발전에서는 가스터빈보다는 엔진을 적용하는 것이 다방면에서 유리함(성능, 내구성, 제작비용 등)
- 상압형 고온 연료전지를 내연기관 엔진과 통합하면 연료극 미반응 연료 성분을 엔진에서 연소시켜 추가전력을 얻을 수 있어 발전효율이 향상됨. 발전효율 향상을 통해 장치비용 저감, 연료비 저감, CO₂ 배출 저감 동시 달성. 발전효율이 5~7%p 향상되고, 장치비용 감소와 연료비 저감으로 인해 전력생산비용(LCOE)을 10% 이상 저감할 수 있음
- 연료전지 애노드 오프가스 중의 연료성분의 비율은 15% 수준. 엔진에서 완전연소를 달성하기 위해서는 엔진의 설계/운전 조건을 최적화하여야 하고, 시스템 구현을 위해서는 엔진과 연료전지 간의 인터페이스 설계 및 제어가 매우 중요함. 이에 대한 설계 노하우가 중요

기술의 차별성

- 연료전지와 내연기관 엔진을 결합한 연료전지-엔진 하이브리드 시스템은 기존의 연료전지 시스템의 발전효율을 획기적으로 향상시킨 유망한 기술로서 본 연구팀에서 세계 최초로 실증 시스템 개발과 운전에 성공함
- 실증 파일럿 시스템을 구축하고, 발전효율 5.3%p 향상 검증(소규모 시스템에서 발전효율 5%이상 향상은 획기적 인 결과임) 또한 실험결과를 바탕으로 100kW급 시스템 개발이 가능한 엔지니어링 기술을 확보하였음
- 용량과 효율면에서 국내 최고의 시스템 기술 확보. 향후 대용량 SOFC 상용 발전시스템 개발로 연계하여 기술개발/제품개발 추진 중
- 대용량 발전시스템 개발을 위한 다양한 노하우 기술 확보

211

기술완성도 (TRL)



희망 파트너십



기술이전



라이선싱



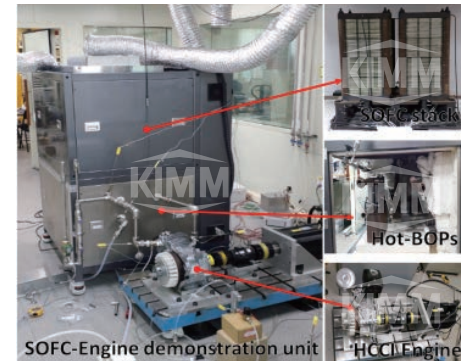
공동연구



기타

기술의 우수성

- 연료전지-엔진 하이브리드 발전시스템에 대한 해석/설계 기술, 주요 구성품 설계기술, 시스템 통합 및 운전제어기술을 확보하고 세계 최초로 실증운전 성공
- 연료전지-엔진 하이브리드 시스템은 국내에서 독창적으로 고안한 신개념 시스템으로 효율/경제성/운전안정성 모든 측면에서 매우 유망한 기술. 향후 건물용 발전시스템, 선박용 하이브리드 시스템 등 다양한 적용처 확보
- (시스템 통합 및 운전제어 기술) 개발한 하이브리드 시스템은 연료전지, 엔진, 개질기 다양한 부품으로 구성. 시스템 최적화 및 운전제어 기술을 확보하였고, 200시간 연속운전에 성공
- (SOFC 스택 스케일업 기술) 효율 50% 이상의 5kW급 SOFC 스택 스케일업 기술 확보
- (HCCI 엔진 연소 기술) 연료전지 애노드 오프가스 초희박 연소기술 확보. 예혼합 압축착화(HCCI) 엔진 제어기술 확보. NOx 10ppm 이하의 우수한 연소특성
- (개질 및 기수분리 기술) 개질기 열전달 최적화 기술 및 기수분리 기술 확보
- (Modeling & Simulation) 정확도와 계산 속도를 모두 만족하는 M&S 기술개발
- 논문게재 및 학술발표 실적: SCI급 논문 11편, 국내논문 6편, 국제학술발표 20회, 국내학술발표 62회 등 우수한 학술성과 달성



지식재산권 현황

특허	
<ul style="list-style-type: none">고효율 연료전지 하이브리드 시스템 (KR1440191, KR1358095, US13/469142)연료전지-엔진 하이브리드 시스템의 예열운전 방법 (KR1653372)	<ul style="list-style-type: none">냉각 장치를 갖는 분산발전용 연료전지-엔진 하이브리드 발전시스템(KR1735647)연료전지-엔진 하이브리드 발전시스템 (KR1690634, KR1690635, KR1690636, KR1690637, KR1690638)
노하우	
<ul style="list-style-type: none">연료전지 발전시스템 해석기술 (공정모델링, 경제성평가, 환경성평가 기법)연료전지 시스템 시뮬레이션 기술/연료전지 스택 스케일업을 위한 유량 분배 기술	<ul style="list-style-type: none">하이브리드 시스템용 엔진 초희박 연소 기술고온 부품 설계 및 핫박스 내부 열설계 기술연료전지-엔진 하이브리드 시스템 운전제어 기술