

연료전지의 항로표지 적용 방안

† 한주섭 · 여지민* · 유용수* · 김종욱*

†, * 항로표지기술협회

요 약 : 항로표지는 선박의 안전한 항해를 위하여 설치·운영하고 있으며, 전자기술의 발전과 안전한 항해에 도움을 주는 각종 시스템들이 설치되고 있다. 이에 따라 항로표지에서의 전력 수요는 과거보다 훨씬 더 많이 요구되고 있는 실정이다. 그러나 지구온난화 및 기상이변 등의 영향으로 태양광발전에 의존하는 많은 항로표지에서는 전력공급이 원활하지 않은 문제가 발생하고 있다. 태양광발전에 대한 보조발전시스템으로의 연료전지시스템을 검토하고 항로표지에 적용하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

핵심용어 : 항로표지, 태양광발전, 연료전지, 보조전력생산시스템

서론

연구배경

- 선박의 안전한 항해와 운항능률을 향상시키기 위하여 항로표지를 운영
- 전자기술의 발전과 항행선박의 안전을 위한
 - 등명기와 AtoN AIS, 통합관리시스템 등의 추가적인 시스템을 설치
- 항로표지에 대한 주전력공급원은 태양광발전
 - 지구온난화 및 기상이변에 따른 부조일수 증가
 - 태양전지의 장기 사용에 따라 충전효율 저하
 - 항로표지 운영률 감소 및 해양사고 발생 가능성 증가
- 보조발전시스템으로 연료전지 발전시스템 검토 및 적용 방안 제시

연료전지시스템 개요

연료전지의 특징

- 생성물이 물이기 때문에 환경오염이 적음
- 지구온난화를 유발하는 온실가스 양을 감소
- 광화학 스모그와 건강문제를 야기하는 공해물질을 배출하지 않음
- 연소방식의 기술보다 더 효율적
- 연료로 사용되는 수소는 국내에서 이용 가능한 에너지원(화석연료, 재생에너지, 원자력 등의 다양한 에너지원)으로부터 생산할 수 있기 때문에, 원유의 의존성을 감소



William Robert Grove (연료전지 발명자)



1839년 제작된 연료전지

연료전지시스템 개요

연료전지란?

- 수소와 산소가 갖는 화학적 에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 장치
- 연료가스(수소 또는 수소기 농후한 연료)와 공기 중의 산소를 공급하여 전기와 열을 만들어 냄

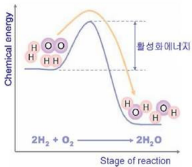
Chemical Energy → Electrical Energy

Fuel Cell

Fuel → Electricity

Air → Heat

H₂O



Chemical energy

발생된 에너지

2H₂ + O₂ → 2H₂O

Stage of reaction

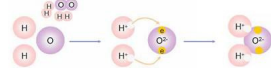
연료전지시스템 개요

연료전지 작동원리

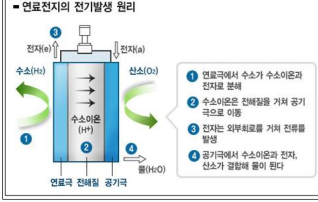
Anode : H₂ → 2H⁺ + 2e⁻

Cathode : 1/2O₂ + 2H⁺ + 2e⁻ → H₂O

Overall : H₂ + 1/2O₂ → H₂O + 전류 + 열



연료전지의 전기발생 원리

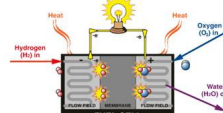


- 연료실에서 수소가 수소이온과 전자로 분해
- 수소이온은 전해질을 거쳐 공기극으로 이동
- 전자는 외부회로를 거쳐 전류를 발생
- 공기극에서 수소이온과 전자, 산소가 결합해 물이 된다

연료전지의 작동원리

연료로서의 수소

CH₄ + 2H₂O → 4H₂ + CO₂ or H₂O → H₂ + 1/2O₂



FUEL CELL

† 교신저자 : elecwave@naver.com

연료전지시스템 개요

종류

연료전지의 구분

구분	알칼리형 (AFC)	인산형 (PAFC)	용융탄산염 (MCFC)	고체산화물 (SOFC)	고분자전해질 (PEMFC)	직접메탄올 (DMFC)
전해질	수산화칼륨	인산	탄산염	지르코니아	이온교환막	이온교환막
촉매	니켈	백금	페브로스카이트	니켈	백금	백금
동작온도(℃)	50~120	150~250	550~700	600~1,000	50~100	50~100
효율(%)	60	36~45	45~60	50~60	40~50	< 40
용도	우주발사체 전원	중형건물 (200kW)	대용량 발전 (100kW~MW)	발전용 (1kW~MW)	수송용·가정용 휴대용 (1~10kW)	휴대용 (1kW 이하)
선진 수준	우주선	200kW	MW 이상	MW 이상	보급중 (1~10kW)	500W
국내 수준	-	50kW	250kW	1kW	3kW	50W

자료 : 에너지관리공단 신·재생에너지센터 홈페이지(www.energy.or.kr), 2012. 6

항로표지 전원시스템 현황

전원소요 용량

등부표 전원소요량

- ❖ 통합관리 또는 기상신호표지 병행 운영 시 : 243.24Wh
 - 등명기 소모전력 : 부하전압 × 부하전류 ÷ 선풍주기 × 운영시간
= 12V × 2.5A ÷ 4s × 14h = 105Wh(일)
 - AIS 소모전력 : 시간당 소모전류 × 전송시간 × 전압
= 0.18Ah × 24h × 12V = 51.84Wh(일)
 - 각종 센서 소모전력 : 0.1Ah × 24h × 12V = 28.8Wh(일)
 - 데이터 송신 소모전력 : 0.2Ah × 24h × 12V = 57.6Wh(일)
- ❖ 축전지 용량
 - 축전지 전압 × 전류 × 수량 × 총방전효율 ÷ 예비율
= 2V × 400Ah × 6개 × 75% ÷ 1.2 = 3,000Wh
- ❖ 태양전지 장기사용에 따른 충전 효율 검토
 - 장기사용에 따라 효율 저하(1~3년 정격 효율, 4~10년 90%, 20년 80%)
 - 발전용량 산출 : 태양전지 용량 × 태양광 평균 발전 시간 × 효율
 - 160W(80W × 2) × 3.6h × 90% = 518Wh/day(5년 기준)
 - 160W(80W × 2) × 3.6h × 90% × 60% = 311Wh/day(등부표 효율 반영)

연료전지시스템 개요

연료

연료전지시스템용 연료

- ❖ 순수한 수소
 - 순수한 수소가스를 연료로 사용할 경우 압축가스형태로 별도 탱크에 저장
 - 수소가스는 에너지 밀도가 낮음
- ❖ 수소가 풍부한 연료(메탄올, 천연가스, 가솔린, 석탄화가스)
 - 개질기를 통과시켜 연료로부터 수소를 추출하여 사용
 - 개질기에서 발생한 일산화탄소는 연료전지 양극판에 도달, 셀의 성능 저하시킴
 - 고온 연료전지 시스템은 연료전지 내에서 연료를 개질함

연료전지시스템의 연료 저장 및 연료 공급

- ❖ 액화수소, 압축수소, 금속 수소화물, 화학적 수소화물 등의 형태로 저장

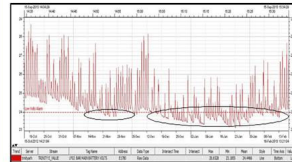
구분	장점	단점
압축수소	연료전지차 적용	체적 수소 밀도가 낮아 무거운 무게의 한계
금속 수소화물	흡수량 증가시 소형화 가능	흡수량의 한계, 가격, 수소 재충전 문제
동작온도(℃)	수소 저장탱크가 큼	기화되어 수주 내에 사라짐
효율(%)	수소 저장탱크, 저가, 저중량, 취급용이	부식문제, 누출되어 인체 접촉 시 위험

항로표지 전원시스템 현황

해외 적용 사례

항로표지용 연료전지 적용 사례

- ❖ 영국 트리니티 하우스의 항로표지용 연료전지 적용 필요성 제기
 - 리버풀 해안에 위치한 등신
 - 동절기에 축전지 전압이 24V이하로 떨어지는 현상
 - 태양광발전의 보조발전시스템(110W급 연료전지) 사용
 - 축전지 전압이 24V 이하(50~60% 이상 방전)인 경우 동작하여 축전지를 충전
 - 60L의 메탄올로 1일 700Wh(29Ah)를 발전하여 60일 사용함



항로표지용 전원시스템 현황

현황

전원시스템 현황사례

❖ 항로표지용 전원시스템

- 유·무인등대 및 등부표는 시설물의 전력소요량에 따라 다양하게 구성됨
 - 등부표는 100W급, 200W급의 소형용량에 적합하게 설계
 - 방파제등대는 대부분 소형이지만, 유·무인등대는 기능에 따라 용량 큼

태양광발전 등대 현황

등대명	발전용량	등대명	발전용량
선미도	DC 110V, 11.45kW DC 220V, 12.96kW	마라도	DC 110V, 38.08kW
팔미도	DC 110V, 7.35kW	오죽도	DC 220V, 8.64kW
부도	DC 220V, 36.00kW	소매물도	DC 220V, 22.74kW
웅도	DC 110V, 30.60kW DC 110V, 10.35kW(이동통신)	독도	DC 220V, 15.04kW
당시도	DC 110V, 30.60kW DC 110V, 10.35kW(DGPS용)		

결론

항로표지용 연료전지시스템 적용 방안

❖ 연료전지발전시스템 용량별 적용

- 설치 시설물에 대한 적절한 용량 고려
- 등부표 등에 적용을 위한 100W급, 200W급 연료전지시스템 적용
- 유인등대는 비상용 디젤발전기를 대체할 수 있는 10kW급 이상으로 적용
- 무인등대는 소요 용량에 따라 적용

❖ 연료전지발전시스템 적용대상별 고려사항 - 적정용량 계산

- 항로표지의 운영환경을 고려한 연료전지시스템의 안정성에 기초한 시스템 설계 필요
 - 항로표지의 점검주기 고려
 - 수소 공급방법(이편 연료전지 형태도 적용)
 - 연료전지시스템 운전 온도 등