

연료전지 전기적 안전사항에 관한 연구

송영상*, 한운기*, 정진수*, 임현성*, 조성구*
한국전기안전공사 전기안전연구원*

A Study on Electrical Safety Requirement of Fuel cell

Young-Sang Song*, Woon-Ki Han*, Jin-Soo Jung*, Hyun-Sung Lim*, Sung-Koo Cho*
Korean Electrical Safety Corporation Electrical Safety Research Institute*

Abstract - 연료전지의 경우 신재생에너지원 중 기후 조건에 영향을 받지 않고 안정적으로 전력공급이 가능하다. 또한, 타 신재생에너지원에 비하여 입지선정이 비교적 자유롭고 작은 공간에 설치가 가능한 장점이 있다. 또한, 단독발전 효율이 47%의 고효율이기 때문에 운영시 경제적인 이점이 있다. 연료전지의 경우 이러한 장점이 있으나 수소를 사용한다는 점에서 위험하다는 인식과 설비비용이 비싸다는 점에서 보급화 진행이 늦춰지고 있는 실정이다. 이러한 시점에서 본 논문에서는 연료전지의 전기적 안전사항에 대하여 검토하고자 한다.

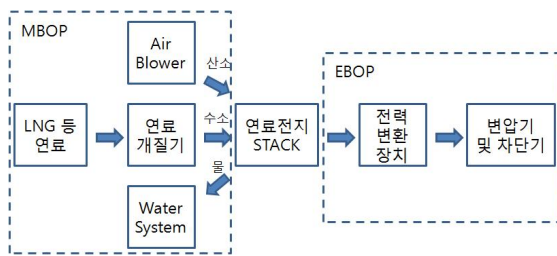
1. 서 론

최근 연료전지의 경우 가정용 소형 발전용 연료전지부터 전기자동차, 지게차, 선박용, MW급 대용량 발전설비까지 다양한 연구가 진행되고 있다. 뿐만 아니라 최근 자동차, 지게차, 선박 등 이동용 수단에 연료전지를 이용하는 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 연료전지의 경우 수소를 얻을 수 있는 설비가 갖춰져 있으면 타 신재생에너지원에 비하여 안정적으로 전력을 공급할 수 있는 장점이 있다. 또한, 열병합발전소처럼 열과 물을 활용할 경우 고효율 발전이 가능하다. 그러나 수소가 폭발 위험성이 높다는 인식과 고가의 설비가격 때문에 보급화에 어려움이 있는 실정이다. 그러나 안정적인 전력 공급이 가능한 장점에 안전과 경제성이 뒷받침된다면 다른 신재생에너지원에 비해 빠른 활성화가 이뤄질 것으로 예상된다.

2. 본 론

2.1 연료전지 개요

연료전지의 구성은 그림 1과 같이 MBOP(Mechanical Balance of Plant)와 스택, EBOP(Electrical Balance of Plant)로 구성되어 있다. MBOP는 수소와 산소를 스택에 공급하는 역할을 한다. 스택에서 수소와 산소의 전기화학반응을 이용하여 전기, 열, 물이 생성된다. EBOP에서는 스택에서 발생된 직류전기를 교류전기로 변환하여 공급하는 역할을 갖는다. 설비용량에 따라 EBOP에 변압기가 포함되어 교류전기로 변환된 전압을 승압하여 계통에 연계하기도 한다. 연료전지는 전해질의 종류 또는 작동온도에 따라 표 1과 같이 구분된다[1].



<그림 1> 연료전지 구성

<표 1> 연료전지 종류 및 특징

연료전지 종류	전해질	작동온도 (°C)	효율 (%)	용도
AFC	KOH	상온-80	~35	우주선, 잠수함 등
PEMFC	고분자막	상온-80	35~42	가정용, 자동차
DMFC	고분자막	상온-80	~35	휴대용전자기기
PAFC	인산	150-200	35~42	건물발전용시스템
MCFC	탄산염	600-700	50~65	발전플랜트
SOFC	고체산화물	800-1000	50~65	발전플랜트

2.2 연료전지 전기적 안전성 관련 기준

현재 전기사업용 연료전지의 경우 한국전기안전공사에서 연료전지를 설치하기 전에 사용전 검사를 하고 있다. 또한, 연료전지 교체시마다 정기검사를 실시하도록 규정되어 있다. 관련 규정으로 전기설비 기술기준 및 판단기준과, 연료전지발전설비 사용전검사 절차서 및 연료전지발전설비 정기검사 절차서에 따라 검사를 실시한다. 전기설비기술기준 및 판단기준에는 가스를 사용함에 따라 내압을 받는 용기에 대한 시험 및 안전밸브, 가스누설대책, 비상정지장치에 관하여 기준을 제시하고 있다. 검사 절차서 관련 기준의 내용은 표 2와 같으며 타 신재생에너지원과 마찬가지로 비상정지장치에 대한 안전검사, 전력변환장치에 대한 보호기능 확인이 주 내용을 이루고 있다[2].

<표 2> 사용전 검사 규정

검사 항목	검사 내용
규격 확인	- 연료전지의 종류 및 개질기의 형식(내부 또는 외부)
	- 연료전지지 출력
	- 연료 종류
	- 정격 운전상태에서 연료 사용유량
	- Cell
	· Stack 당 cell 설치수
	· Cell의 전극면적
	· Stack의 정격 전류와 전압
	· Anode(연료극), Cathode(공기극), Electrolyte (전해질)의 재질
	- Stack
· Stack 수	
· Stack의 정격 운전온도	
· Stack의 정격 운전압력	
· 정격 운전상태의 공기-연료 비(Air to Fuel Ratio)	
- Reformer	
· Reformer의 개질방식	
· 외부개질기의 경우 개질기 출구에서의 출구온도	
- Blower	
· 정격운전상태에서 Air Blower(또는 Air Compressor)의 정격출력(또는 소비동력)과 대수	
· 정격운전상태에서 Air Blower(또는 Air Compressor)의 출구압력	
- 연료전지의 제작사 및 기기 일련번호	
비상정지 및 안전장치 시험검사	- 음극 온도
	- 연료 대비 공기 비율
	- 셀간 온도차
	- 셀 모듈 온도

	<ul style="list-style-type: none"> - Air Blower 동작 여부 - 공기 압력 - Water System 압력 - 수동 조작
전력 변환 장치	<ul style="list-style-type: none"> - 외관검사 - 보호장치 확인 - 제어회로 및 경보장치 확인 - 전력조절부/Static 스위치 자동수동 절체 확인 - 역방향 운전 확인 - 단독운전 방지 확인 - 인버터 자동, 수동절체 확인 - 충전기능 시험 - 축전지
절연성능	<ul style="list-style-type: none"> - 절연저항 - 절연내력
접지	<ul style="list-style-type: none"> - 접지 및 분당
부하운전	<ul style="list-style-type: none"> - 2시간동안 연속운전상태 확인

연료전지 인증을 받기 위해서 연료전지 관련 성능검사를 받아야 하는데 관련 기준은 에너지관리공단의 신재생에너지 설비심사세부기준을 따른다. 해당 기준은 고분자연료전지 스택을 사용하고 출력이 10kW이하를 대상으로 한다. 해당 기준의 내용 중 전기적 안전사항에 관한 사항은 표 3과 같다[3].

<표 3> 연료전지 설비심사세부기준

검사 항목	검사 내용
전기장치 및 배선	<ul style="list-style-type: none"> - 전자제어장치 조작 문제 및 회로 이상시 위험상태 오작동 방지 - 전동기의 경우 계통정전시험 확인 - 전기배선 손상 위험성 및 테스트평거를 이용한 감전 위험성 확인- 접지용 단자 및 접지선 확인 - 전기부품 및 부속품 용량 확인
전력변환시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 입력전압 및 출력용량
기본 성능	<ul style="list-style-type: none"> - 기동특성시험 - 정지특성시험 - 부하변동특성시험
절연성능시험	<ul style="list-style-type: none"> - 절연저항 - 내전압 - 서지내력 - 감전보호 - 절연거리 시험
보호기능시험	<ul style="list-style-type: none"> - 출력과전압 및 부족전압 - 주파수 상승 및 저하 - 단독운전방지 - 복전후 일정시간 투입방지 시험
정상특성시험	<ul style="list-style-type: none"> - 출력 왜형률 - 누설전류 - 대기손실 - 출력전류 직류분 검출 시험
과도응답시험	<ul style="list-style-type: none"> - 계통전압급변 시험 - 계통전압위상급변 시험
내전기환경시험	<ul style="list-style-type: none"> - 계통전압 왜형률 내량 시험 - 계통전압 불평형, 부하불평형 시험
전기부품 내구성 시험	<ul style="list-style-type: none"> - 전기부품 내구성 시험
외부사고 시험	<ul style="list-style-type: none"> - 출력측 단락 - 계통 전압 순간정전 시험

	<ul style="list-style-type: none"> - 계통 전압 순간강하 시험 - 부하차단 시험
--	--

휴대용 연료전지의 경우 KS C IEC 62282-5-1에 따른 감전에 대한 안전사항을 만족해야 하며 주요 내용은 표 4와 같다.

<표 4> 휴대용 연료전지 전기적 안전사항

검사 항목	검사 내용
직접 접촉에 대한 보호	<ul style="list-style-type: none"> - 외함에 의한 보호 - 충전부 절연에 의한 보호
간접 접촉에 대한 보호	<ul style="list-style-type: none"> - 위험한 접촉 전압 발생의 방지방법 - 전원자동 공급 해지
안전 초저전압의 사용에 의한 보호	<ul style="list-style-type: none"> - 교류 최고 42.4V - 직류 최고 60V - 보호 임피던스가 사용되는 경우, 누설전류가 직류인 경우 2mA, 교류일 경우 최대값이 0.7mA 이하일 것

3. 결 론

연료전지는 앞서 언급한 바와 같이 안정적인 전력공급과 효율 측면에서 이점이 많은 신재생에너지원이다. 그러나 아직까지 높은 설비 가격과 수소를 이용해서 위험하다는 이미지 때문에 보급화가 진전되지 못하고 있는 상태이다. 연료전지 발전설비의 경우 설치전 전기설비기술기준과 검사 규정에 따라 검사를 받게 되어 있다. 그러나 검사에 필요한 규정은 최소한의 사항만 제시하였기 때문에 보다 안전한 운영을 위해 연료전지 관련 설비심사세부기준과 관련 표준의 내용을 준수할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 심중표, 이창래, 이흥기, 신재생에너지원인 수소연료전지의 원리와 응용, 전기의 세계 제 61권 제11호, pp.15-22, 2012.11.
- [2] '검사업무 처리방법' 한국전기안전공사, 2012.01.
- [3] 신재생에너지 설비심사세부기준 고분자연료전지시스템, 에너지관리공단 2014.12.
- [4] KS C IEC 62282-5-1 휴대용 연료전지-안전 및 성능 요구사항, 2009.