

SOFC 스택 안전성능 평가 시스템 제작을 위한 평가항목 도출에 관한 연구

박태성 · 남태호[†] · 이덕권 · 이승국 · 문종삼

한국가스안전공사 가스안전연구원

(2017년 11월 6일 접수, 2017년 12월 27일 수정, 2017년 12월 28일 채택)

A Study of Deduction of evaluation Items for Design of SOFC stack safety performance evaluation system

Tae-Seong Park · Tae-Ho Nam[†] · Duk-Gwon Lee · Seung-Kuk Lee · Jong-Sam Moon

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

(Received November 6, 2017; Revised December 27, 2017; Accepted December 28, 2017)

요약

SOFC(Solid Oxide Fuel Cell)는 고온 연료전지 중 하나이며, SOFC 시스템과 스택은 고온 운전 특성을 가지고 있다. 이러한 특성 때문에 시스템 설계 및 재료의 선택, 내구성 확보, 안전성능 확보에 많은 어려움을 가지고 있다. 따라서 SOFC 연료전지의 상용화와 보급을 위해서는 안전성능 평가기술과 평가시스템의 개발이 병행되어야 한다. 본 연구에서는 스택 안전성능 평가시스템의 제작을 위하여 국내·외 SOFC 관련규격 및 스택의 위험요소를 분석하였다. 분석한 자료를 바탕으로 스택 안전성능 평가 시스템의 제작을 위한 평가항목을 도출하였다. 본 연구 결과를 통해 SOFC 연료전지의 보급 활성화와 안전한 사용 환경에 기여할 수 있기를 기대한다.

Abstract - SOFC(Solid Oxide Fuel Cell) is one of the high-temperature fuel cells, SOFC system and Stack has a high temperature operating Characteristics. These Characteristics cause a lot of trouble in the design of the system and selection materials, securing durability, and securing safety performance. Therefore, For Commercialization and Supply of SOFC, the development of safety performance assessment techniques and evaluation systems should go together. In this study, we analyzed the evaluation items of SOFC Safety performance standards and risk factors of the stack for design of stack safety performance evaluation system. Based on the analyzed data, the evaluation item was deducted for design of stack safety performance evaluation system. Through the results of this study, we expect to facilitate the supply of SOFC and contribute to a safe use environment.

Key words : solid oxide fuel cell, fuel cell, stack, new & renewable energy

1. 서론

지구 온난화 문제 등이 대두되면서 전 세계적으로 화석연료를 대체하기 위해 신·재생에너지에 대한 관심이 커지고 있다[1]. 각국 정부는 온실가스에 대한 환경문제를 인식하고 이를 감축하기 위해 최초 리우 회의를 진행하고 이후 교토 의정서, 최근 파리기후변화협약을 통해 온실가스 감축을 위해

노력하고 있다[2]. 최근 한국 정부도 신재생에너지 분야에 대한 규제를 완화하고 투자를 확대하는 등 신·재생에너지 분야의 발전과 보급화를 독려하고 있다. 이에 따라 풍력, 태양광, 연료전지 등 국내 신·재생에너지 분야는 관련 시장이 빠르게 성장할 것으로 예상되며, 관련 기술의 지속적인 개발을 통해 기술력 또한 빠르게 진보할 것으로 예측된다[3]. 연료전지는 태양광이나 풍력, 수력 등의 다른 발전원 들에 비하여 장소나 지형에 대한 제약이 없으며, 설치 면적이 작기 때문에 사용 편의와 효율적인 설치가 가능하다. 또한, 에너지의 연속성 부분에

[†]Corresponding author: taehonam@kgs.or.kr
Copyright © 2017 by The Korean Institute of Gas

서도 연료가스만 공급되면 시간과 날씨에 관계없이 안정적으로 발전할 수 있기 때문에 분산 발전의 발전원으로써도 그 장점이 타 발전원에 비하여 월등하다 할 수 있다. 이러한 장점과 범용성 덕분에 연료전지 시장은 2010년 이후 매년 약 30%대의 성장률을 나타내고 있다[4].

연료전지는 그 분류 방법에 따라 저온 연료전지와 고온 연료전지로 구분된다. 대표적인 저온 연료전지는 PMFC(Polymer Electrolyte Fuel Cell), DMFC(Direct Methanol Fuel Cell)이며, SOFC(Solid Oxide Fuel Cell), MCFC(Molten Carbonate Fuel Cell)는 대표적인 고온 연료전지이다. 그 중 고온 연료전지에 해당하는 SOFC는 다른 연료전지들에 비하여 발전 효율이 매우 높고, 타 발전원들과 연계가 쉬워 발전 효율을 더 높이는 것이 가능하다. 또한, 수소와 탄화수소계열의 가스 모두를 사용할 수 있어 에너지선택도가 넓다는 장점이 있다. 이러한 이점을 바탕으로 SOFC는 향후 건물용 및 발전용 연료 시장의 확대에 따라 해당 시장의 큰 축을 담당할 것으로 보이며, 수 KW급부터 수 MW급 발전용 전원에 이르기까지 여러 분야에서 기술 개발이 이루어지고 있다[5-7].

그러나 SOFC의 보급 및 시장 확대를 위해서는 고온동작 특성으로 인해 발생하는 내구성능 문제와 더불어 해당 연료전지의 안전성능 평가 기술과 평가 시스템의 개발이 반드시 이루어져야 한다. 하지만 SOFC의 내구성능 및 작동온도를 낮추기 위한 연구는 활발히 이루어지고 있으나, 안전성 평가 기술 및 평가 시스템의 개발에 대한 연구가 활발히 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 신·재생에너지의 한 축을 담당하고 있는 SOFC의 핵심 부품인 스택의 안전성능 평가항목 도출과 평가 시스템의 제작을 위한 기초자료 확보를 목적으로 국내외 SOFC 성능 및 안전기준을 분석하였으며, 제품의 사용 환경을 고려하여 시스템과 연계한 스택부의 위험요소, Hot-Box와 연계한 스택부의 위험요소를 분석하였다. 분석된 자료를 바탕으로 1차 평가 항목을 선정하였으며, 선정된 항목들 중 제작 시스템에서의 평가가 불가능한 항목 및 SOFC 시스템에 적절하지 않은 것으로 판단되는 항목을 제거하여 SOFC 스택 안전성능 평가 시스템의 평가 항목으로 도출하고자 하였다.

II. SOFC 스택 성능 평가항목 분석

SOFC 스택 안전성능 평가 시스템제작을 위한 평가항목 도출을 위하여 국내외 연료전지 시스템

검사기준 및 규격, 스택 및 관련 부품의 성능평가 항목, PEMFC, SOFC 등의 국내·외 스택 성능평가 기준을 분석하였다.

Table 1은 SOFC 연료전지 스택 평가와 관련하여 국내·외 연료전지 스택 성능평가 기준을 나타낸 것이다. SOFC 연료전지와 관련된 국내·외 기준현황을 살펴보면 Table 1에 나타낸 것과 같이 유럽 등의 국가에서는 주로 IEC (International Electrotechnical Commission)의 “IEC 62282-7-2: Test methods - Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells”를 운영하고 있으며, 연료전지의 선두주자인 일본은 “JIS C 8841: Small solid oxide fuel cell power systems”, “JIS C 8842: Single cell and stack-performance test methods for solid oxide fuel cell” 규정을 운영 중이다. 미국과 캐나다는 “ASME PCT-50 : Fuel Cell Power Systems Performance”을 운영하고 있다.

Table 1. The List of Solid oxide Fuel Cell Codes & Standards

	Standards.	Note
International	IEC 62282-7-2 : Test methods - Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFC)	SOFC
USA	ASME PCT-50 : Fuel Cell Power Systems Performance	All kinds of fuel cell.
Japan	JIS C 8841 : Small solid oxide fuel cell power systems JIS C 8842 : Single cell and stack-performance test methods for solid oxide fuel cell (SOFC)	SOFC
Korea	KS C IEC TS 62282-7-2 : Test methods - Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFC)	SOFC
	KSG AB 934 : Facility/Technical/Inspection Code for Manufacture of Gas Fuel Cells	All kinds of fuel cell.
EU	EN IEC 62282-7-2 : Test methods - Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFC)	SOFC

국내 관련 표준으로는 “IEC 62282-7-2”를 대응한 “KS C IEC TS 62282-7-2 : Test methods - Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells”와 “KSG AB 934 : Test methods - Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells” 가 운영되고 있다.

2.1. 스택 성능 및 안전성능 평가항목 분석

SOFC 스택 안전성능 평가항목 도출을 위해, PEMFC 스택에 대한 국외 기준인 “IEC 62282-7-1 : Single Cell Test Method for Polymer Electrolyte Fuel Cells”, “JIS C 8831 : Safety Evaluation Test for Stationary Polymer Electrolyte Fuel Cell Stack”과 SOFC 스택 관련 국외 기준인 ‘IEC 62282-7-2’, ‘JIS C 8842’의 평가 항목을 확인하였다. PEMFC와 관련한 기준의 스택 평가항목을 Table 2에 나타내었으며, Table 3에는 SOFC와 관련된 기준의 스택 평가항목을 나타내었다. Table 2와 3에 표기된 것과 같이 ‘JIS C 8831’을 제외한 기준에서 정격출력, I-V특성시험, 임피던스측정시험, 연료 이용률 시험과 압력 온도, 부하 등과 연계한 안전 평가항목이 공통적으로 운영되는 것으로 확인되었다. 그 외 전기안전과 같은 부분의 평가항목도 운영하는 것으로 확인하였다.

확인된 평가 항목 중 공통적으로 운영되고 있는 항목들과 기밀 성능, 열주기 내구성 시험, 절연성능, 단락 회로 시험, 정상상태 및 이상 상태에서의 안전 확보를 위한 과부하대응 안전 시험 등 안전성 평가 항목을 중요한 평가 항목으로 판단하여 평가항목으로 도출하였다.

2.2. 시스템 평가기준과 연계한 평가요소 분석

SOFC 스택에 국한된 안전기준 이외에 시스템과 연계한 스택의 안전성능 평가 항목을 확인 하고자 하였다. 이를 위하여, 국내 연료전지 시스템 검사기준인 ‘KGS AB934’과 국제 규격인 “IEC 62282-3-100 : Fuel cell technologies - part3-100 : Stationary fuel cell systems - safety”과 일본의 “JIS C 8841-2 : Small Solid Oxide Fuel Cell Power System - Part2 : General Safety Codes and Safety Testing Methods”의 평가항목을 분석하였다.

각 기준은 구조 및 재료, 장치 및 성능 파트로 분류되어 있으며, 요약된 항목은 Table 4에 나타내었다. 구조 및 재료 부분에서는 공통적으로 연료전지 부품과 재료의 내식성, 전기 안전성, 내온도성 등이 제시되어 있으며, ‘KGS AB934’와 ‘JIS C 8841-2’에는 세부적으로 스택이 압력, 진동, 열에 의한 응력

에 견디는 구조로 제작되도록 제시하고 있다. 장치

Table 2. The list of PEMFC Codes & Standards Test Items[8,9]

	IEC 62282-7-1 (Performance)	JIS C 8831 (Safty)
Test Items	<ul style="list-style-type: none"> • 정격출력시험 - 정상 전압, 전류 • I-V특성시험 - 연료 이용률 등 • IR 측정 - 전기 저항 • 한계전류시험 - MEA 물질 전달 • Gain 시험 - 연료/공기극 확산 • 가스 과급률 시험 - 연료/공기극 확산 • 온도, 압력, 기습 효과 시험 • 연료 조성 및 불순물 영향 시험 - 연료조성 및 불순물 • 과부하 시험 - 스택 과부하 • 장기 운전 시험 - 정전류 장기 운전 • 주기적 기동정지, 부하 시험 - 부하변동 안전성 	<ul style="list-style-type: none"> • 가스누출 시험 - 동작압력의 1분 기밀 • 허용가능 동작압력 시험 - 동작압력의 1.3배 • 냉각시스템의 내 압력 시험 - 냉각시스템의 내압 • 전기과부하 시험 - 전기적 과부하 • 절연내력/저항 시험 - 스택 절연성능 • 차압시험 - 연료/공기극 차압(1.3배) • 연료 및 공기차단 시험 - 연료/공기 긴급 차단 • 단락회로시험 - 스택과 부하 사이 단락 • 냉각부족 및 냉각억제 시험 - 스택 냉각 성능 평가 • 결빙/융해 주기 시험 - 온도 변화에 따른 성능

Table 3. The list of SOFC Codes & Standards Test Items[10,11]

	IEC 62282-7-2 (Performance)	JIS C 8842 (Performance)
Test Items	<ul style="list-style-type: none"> • 정격출력시험 - 정상전압, 전류 • I-V 특성 시험 - 연료 이용률 등 • 유효 연료 이용률 시험 - 최대 유효 이용률 측정 • 장기 내구성 시험 - 특정 조건의 출력 • 열주기내구성시험 - 온도 변화에 따른 성능 • 내부 개질 특성 시험 - 내부 개질 성능 평가 • 저항성분식별시험 - 전기 저항 	<ul style="list-style-type: none"> • 정격출력시험 - 정상전압, 전류 • I-V 특성 시험 - 연료 이용률 등 • 유효 연료 이용률 시험 - 최대 유효 이용률 측정 • 장기 내구성 시험 - 특정 조건의 출력 • 열주기내구성시험 - 온도 변화에 따른 성능 • 내부 개질 특성 시험 - 내부 개질 성능 평가 • 임피던스시험 - 전기 저항

Table 4. The list of Fuel Cell Systems Codes & Standards Test Items[12-14]

구분	KGS AB934	IEC 62282-3-100	JIS C 8841-2
구조 및 재료	<ul style="list-style-type: none"> • 재료 - 사용조건, 부식, 내열, 도전재료 안전성, 내식성, 전기안전성 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 재료 - 유체 내구성, 부식, 충격등 • 전기안전(설계자 고려사항) - 스택(잔류전하), 셀 간 전기 안전 	<ul style="list-style-type: none"> • 재료 - 사용조건, 부식, 내열, 도전재료 안전성, 내식성, 전기안전성 등
장치 및 성능	<ul style="list-style-type: none"> • 스택의 보호 • 스택으로 전류 유입 방지 • (보호장치) 시스템 정지 - 스택 과전류, 스택 출력 전압 이상 - 스택 온도 과상승 - 개질기 버너 이외의 연소부 버너 소화 	<ul style="list-style-type: none"> • 비상정지(스택 관련 위험상황) • 과도압력(누출) • 합선, 과부하 등 전기 위험 • 과열, 온도상승 • 제어로직의 고장 • 정전에 의한 불안정 동작 • 고온유체누출 	<ul style="list-style-type: none"> • 스택의 보호 • 스택으로 전류 유입 방지 • (보호장치) 시스템 정지 - 스택 과전류, 스택 출력 전압 이상 - 스택 온도 과상승 - 개질기 버너 이외의 연소부 버너 소화
	<ul style="list-style-type: none"> • 기밀성능(스택제외) • (시스템) 정격출력 가스소비량 • 전기출력 성능(정격 ±10%) • 발전효율(제조사 지정값) • 정전성능(시스템 정지) 	<ul style="list-style-type: none"> • 누설시험 - 유압또는 공압조건별 누출 • 가압시험 - 설계압력에 따른 가압 조건 • 과부하시험 - 제조사 지정값 이하의 부하 	<ul style="list-style-type: none"> • 기밀성능(스택제외) • (시스템) 정격출력 가스소비량 • 전기출력 성능(정격 ±10%) • 발전효율(제조사 지정값) • 정전성능(시스템 정지)

및 성능 부분에서는 단락, 출력성능, 과부하 등 전기적 안전성과 기밀 및 내압 등 기밀 안전성에 대하여 해당 기준이 제시되어 있으며, 과열, 과부하, 누설 등 이상 상태에 대한 평가항목이 운영 되고 있다.

특히 'IEC 62282-3-100'은 'KGS AB934'와 'JIS C 8841-2'에 제시된 기밀시험 외에 가압시험 항목도 추가로 운영하고 있으며, 스택의 운전조건과 압력 인가 방법에 따라 다른 압력조건을 제시하고 있는 것으로 확인되었다.

확인된 평가항목들 중 공통적으로 제시되어 있는 압력, 열에 의한 응력 등에 대한 평가항목과, 단락, 출력성능, 과부하 등의 전기 안전성, 기밀, 내압 등의 누출 안전성능에 대한 내용을 중요한 평가 항목으로 판단하여 1차 평가항목으로 도출 하였다.

2.3. SOFC 스택 위험요소 분석

SOFC 스택을 시스템에 적용한 후에 주변 부품 및 시스템 동작 특성과 연계된 상태에서의 안전성능을 확인 하는 것이 필요할 것으로 판단하여 연료 전지 시스템 및 스택에 대한 위험요소를 분석하고자 하였으며, 안전성능 평가 시스템의 시험항목으로 도출하고자 하였다. 위험성 분석을 위하여 정성적 위험요소 검토 방법인 HAZOP(Hazard & Operability)의 결과 도출 방법을 일부 적용하여

SOFC 시스템과 연계한 SOFC 스택의 운전조건, 이상조건 등과 연계한 위험요소와 Hox-Box와 연계한 스택의 위험요소를 일반적인 SOFC 시스템 구성을 바탕으로 하여 분석하였다.

위험성 분석을 위하여 일반적인 SOFC 시스템을 기준으로 Node를 스택부와 스택을 포함하는 Hot-Box부로 나누었으며, 제어시스템 및 장치파손 등의 이상 상태를 가정하여 스택부와 Hot-Box부 각각의 안전성능 특성과 관련한 물리, 화학적 공정 변수(Guide Word)를 상정하였으며, 공정변수의 상태(Deviation) 변화에 따른 위험원인(Cause), 결과(Consequence) 및 시스템 차원의 예방(Protection), 대응(Action) 방법 등에 대하여 국내의 SOFC 시스템 제작 관련 전문가의 자문을 얻어 위험성 분석을 실시하였다.

SOFC 시스템 동작 특성과 연계한 스택부 위험요소를 분석하여 Table 5에 나타내었다. 시스템 동작 특성과 연계한 스택부의 위험요소는 유체이송 유틸리티의 고장, 연료 및 기타 가스의 누출, 시스템 구성 장비의 파손 또는 오작동 등으로 파악하였으며, 예방 방법으로 연료 및 기타 유체의 유량과 온도, 전력생산량을 관찰하여 시스템 이상 상황을 빠르게 확인하도록 하며, 대응책으로는 화재 및 파손 상황에서는 안전하게 시스템을 긴급 정지하도록 하고, 전력 감소시 시스템을 대기 상태로 전환

후 점검조치를 하는 것으로 분석하였다.
Hot-Box와 연계한 스택부의 해당하는 분석 결

Table 5. The Risk Factor Analysis Result of Stack Part

	Analysis result
Guide Word	연료 및 공기의 유량, 온도, 압력, 출력
Deviation	High, Low
Cause	유체 이송 유틸리티 고장 누출(누설) 장비 파손 및 오작동 개질기, 전력변환장치 등 유관 부품 고장
Consequence	스택 내·외부 누출 스택 온도 상승에 따른 파손 또는 화재 스택 생산전력 감소 스택 온도 저하
Protection	유량 or 온도 모니터링 전력 생산량 확인(유량 Low(연료, Air), 출력)
Action	(화재, 파손) 시스템 정지, (전력감소)시스템 대기 전환 후 점검

Table 6. The Risk Factor Analysis Result of Hot-Box Part

	Analysis result
Guide Word	연료 및 공기 유량, Hot-Box 외부온도, 개질기 개질수 유량, 고온부식
Deviation	High, Low, 유, 무
Cause	유체 이송 유틸리티, 누출, 컨트롤 오작동 장비 파손 및 오작동, 부식
Consequence	스택 내·외부 누출 스택 발전성능 저하 스택 온도 저하 스택 오염 스택 파손 및 발화 등
Protection	유량 or 온도 모니터링 물 유량 모니터링, 개질기 온도 모니터링
Action	시스템 대기 전환 후 점검 부하컨트롤 시스템 정지 개질수 유량 컨트롤 시스템 정비 및 교환

과는 Table 6에 나타내었다. Hot-Box와 연계한 스택부의 위험원인은 유체이송 유틸리티의 고장, 연료 및 기타 가스의 누출, 컨트롤 오작동, 장비의 파손 및 부식으로 분석하였다. Hot-Box와 연계한 스택부의 위험성 분석에서 연료 개질기의 문제가 스택에 영향을 주는 것으로 판단하였다. 개질수의 부족으로 미개질 가스가 공급될 경우 탄소침적 현상이 발생할 것으로 예상하였으며, 침적 현상이 시작되어 배관부에 탄소가 침적되면, 배기 폐쇄가 발생할 수 있으며, 시스템 정비를 통한 배관 및 장비 교환이 필요할 것으로 판단하였다.

위험요소 분석을 통해 스택 내부 누출, 외부 누출, 연료 과공급, 제어시스템 오작동, 전력변환장치 오작동, 유체 공급 계통의 고장, 배기폐쇄, Hot-Box의 급격한 온도상승 등을 위험 요소로 파악 하였다.

III. SOFC 스택 평가항목 선정

스택 성능 및 안전성능 평가항목 분석, 시스템 평가 기준과 연계한 평가요소 분석, SOFC 스택 위험요소 분석을 통하여 SOFC 스택 안전성능 평가 시스템 제작에 적용할 평가항목을 선정하였다.

선정된 평가항목은 1차적으로 스택 성능 및 안전성능 평가항목 분석을 통해 정격출력, 정상성능 평가, 열주기 내구성 평가 등 7개 항목을 선정하였으며, 시스템 평가 기준과 연계한 평가요소 분석을 통해 압력, 열에 의한 응력 평가, 전기 안전성 등 3가지 항목, HAZOP의 결과 도출 방법을 통한 SOFC 스택 위험요소 분석에서 스택 내·외부 누출, 연료 과공급, 배기폐쇄, 제어시스템 오작동 등 8가지 항목을 도출하였다.

분석을 통해 1차 선정된 평가항목으로부터 제작하고자 하는 시스템과 관련이 없는 배기구, 개질기 등과 관련한 평가항목, 열에 의한 응력 평가항목 등 제작 시스템으로 파악이 어려운 평가항목, SOFC 시스템과 관련이 없는 평가항목을 제외 하였으며, 중복되는 항목 등을 파악하여, 최종적으로 SOFC 스택 안전성능 평가 시스템 제작에 적용할 평가항목을 선정하였다. 선정된 평가항목은 정격출력성능시험, 전압전류특성시험, 연료이용률시험, 열주기 시험, 부하변동시험, 기밀 성능시험, 과부하성능시험, 긴급정지대응, 등 13가지 항목이다. 선정된 평가항목들은 Table 7에 나타내었다.

Table 7. The List of SOFC Stack safety Performance evaluation Test Items

Test Items	Detailed evaluation items	Main measurement parameter
정격출력 성능	정격출력(전력), 가스소비량, 개회로전압(OCV), ConstantCurrent, Voltage, Power	출력전압, 출력전류(밀도), 출력전력, 스택온도, 가스/공기 (In-Out) (유량, 압력, 온도)
전압전류 특성	I-V 특성 (Scan Current)	
연료 이용률	연료 이용률 시험 (전류고정, 유량고정), 유량 제어 (Stoic Constant)	
내구성	열주기시험(I-V 특성), 부하변동시험(출력전압)	
열충격	공급 연료/공기에 의한 열충격 시험(I-V 특성),	
기밀 성능	연료극과 공기극 기밀시험,	
내압	내압인가시험	
차압	차압인가시험	
과부하 성능	과부하성능시험	
전압, 압력, 온도 응답 (긴급정지)	(긴급정지) 전압응답, 압력응답, 온도응답 시험	
연료/공기 차단 (긴급정지)	(긴급정지) 연료차단시험, 공기차단시험	
단락회로	Stack 단락회로시험	
운전 온도	운전온도시험	

IV. 결론

본 연구에서는 신·재생에너지의 한 축을 담당하는 연료전지의 보급 활성화와 안전한 사용 환경에 기여하고자 SOFC 연료전지의 핵심 부품인 SOFC 스택 안전성능 평가 시스템 제작을 위한 평가항목을 도출하고자 하였다.

SOFC 스택 안전성능 평가 시스템 제작을 위한 평가항목 도출을 위하여, SOFC 시스템 및 스택에 관한 국내·외 기술기준 및 규격을 검토하고, HOZOP의 결과 도출 방법을 인용하여 시스템과

연계한 SOFC 스택의 위험성 분석, Hot-Box내부 스택의 위험성 분석을 실시하였다. 분석 결과를 바탕으로 SOFC 스택 안전성능 평가 시스템에 적용될 SOFC 스택 안전성능 평가항목을 도출하고자 하였으며, 정격출력 성능, 전압전류 특성, 연료 이용률, 내구성, 열충격, 기밀성능, 내압 시험, 차압 시험, 과부하 성능, (전압, 압력, 온도)응답시험, (긴급정지)연료/공기 차단 시험, (긴급정지)단락회로, 운전온도 시험 등 13개 시험 항목을 도출하였다. 도출된 평가항목은 SOFC 스택 안전성능 평가 시스템의 평가항목으로 적용할 것이며, 향후 안전한 SOFC 연료전지의 사용과 보급에 기여할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2017년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(2016303003185)

REFERENCES

- [1] Kuk, Y. H. "Technology development trend of new and renewable energy hydrogen fuel cell", konetic report, Korea (2016)
- [2] IRS Global "Domestic and foreign hydrogen and fuel cell market outlook and key technology trends' report", IRS Global Market-Report, Korea (2017)
- [3] Kuk, S. L., Nam, T. H., Lee, E. K., Lee, D. G., Moon, J. S., "Development of Safety Management Technology for Solid Oxide Fuel Cell Stack" Proceedings of the KIGAS 2017 spring Annual Conference .24 (2017)
- [4] Choi, D. W., "The development of domestic hydrogen industry through comparison with foreign countries". ENERGY FOCUS 2017 spring. Korea Energy Economics Institute. 74~90 (2017)
- [5] Meng Ni, Tim S. Zhao, "Solid Oxide Fuel Cells: From Materials to System Modeling." Royal Society of Chemistry. U.K (2013)
- [6] Bove, R, Ubertini, S, "Modeling Solid Oxide Fuel Cells: Methods, Procedures and Techniques" Springer. U.K (2008)
- [7] "NEW & RENEWABLE ENERGY WHITE PAPER" Ministry of Trade, Industry and Energy and Korea Energy Agency. Korea (2016)

- [8] IEC6228-7-1 "*Fuel cell technologies - Part 7-1: Test methods - Single cell performance tests for polymer electrolyte fuel cells (PEFC).*" International
- [9] JIS C 8831 "*Safety evaluation test for stationary polymer electrolyte fuel cell stack.*" Japan
- [10] IEC6228-7-2 "*Fuel cell technologies - Part 7-2: Test methods - Single cell and stack performance tests for solid oxide fuel cells (SOFC).*" International
- [11] JIS C 8842 "*Single cell and stack-performance test methods for solid oxide fuel cell (SOFC).*" Japan
- [12] KGS AB 934 "*Facility/Technical/Inspection Code for Manufacture of Gas Fuel Cells.*" Korea
- [13] IEC6228-3-100 "*Fuel cell technologies - Part 3-100: Stationary fuel cell power systems - Safety.*" International
- [14] JIS C 8841-2 "*Small solid oxide fuel cell power systems-Part 2: General safety codes and safety testing methods.*" Japan