

관리 번호	KGS 2011-011
----------	--------------

Best Safety, Best Life

수소사용방식 연료전지 안전기준 개발

A Development on KGS Code for Safety of Fuel Cell for Hydrogen

2010. 12



한국가스안전공사

수소사용방식 연료전지 안전기준 개발

A Development on KGS Code for Safety of Fuel Cell for Hydrogen

연구기간 : 2010. 1 ~ 2010. 12

연구기관명 : 한국가스안전공사

부설 가스안전연구원

총괄책임자 : 권 정 락(실 장)

연구책임자 : 김 영 규(부 장)

연구원 : 서 원 석(책임연구원)

이 정 운(선임연구원)

요 약 문

I. 제목 : 수소사용방식 연료전지 안전기준 개발 연구

II. 연구필요성 및 목표

○ 연구필요성

- 정부의 연료전지 보급정책에 따른 연료전지의 초기시장 형성으로 수소를 연료가스로 사용하는 연료전지의 안전기준 필요
- 연료가스(LNG, LPG) 연료전지에 대한 안전기준은 법제화되어 가스안전을 확인하고 있는데 반해, 폭발 및 화재의 위험성이 높은 수소를 연료가스로 사용하는 연료전지는 법정 검사대상에서 제외된 상태로 수소사용 연료전지의 안전 확보를 위한 별도의 안전기준 마련 필요

○ 연구목표

- 저장 수소사용 연료전지에 대한 안전기준 도출 및 안전성 평가방법 개발

III. 연구내용 및 범위

- 국내·외 수소사용 연료전지 개발 동향 및 상업화 현황 파악 및 자료분석
- 수소사용 연료전지에 대한 안전성 평가 및 평가결과
- 수소사용 연료전지 안전성 평가결과 분석 및 기준 반영
- 수소사용 연료전지 안전기준 도출 작성

IV. 연구결과

- 국외 수소사용 연료전지 개발 동향, 상업화 현황 파악 및 자료 분석
- 국외 연료전지 기준 번역 및 비교 분석
- 국내 수소사용 연료전지 사업화 동향 파악
- 수소사용 연료전지 성능평가장치 구축 및 안전성 평가
 - 연료전지 효율, 전기출력, 전기적 안전성 평가, 유품시험 등
- 수소사용 연료전지 안전성 평가결과 분석 및 기준 반영
- 수소사용 연료전지 안전기준(안) 작성

V. 연구결과의 활용계획

- 수소사용 연료전지를 고압가스안전관리법에서 정한 특정설비에 포함시키기 위한 안전기준으로 활용
- 수소사용 연료전지에 대한 안전성 평가 결과를 수소사용 연료전지가 특정설비에 포함되기 위한 기초 자료로 활용

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 내용 및 범위	5
1.2.1 최종 목표	5
1.2.2 연구 범위	5
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	7
2.1 연료전지의 이해	7
2.1.1 연료전지의 기초	7
2.1.2 연료전지의 특징	9
2.1.3 연료전지의 종류	11
2.1.4 연료전지의 구조 및 운전	12
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	21
3.1 연료전지 국내외 동향	21
3.1.1 연료전지 개발 동향	21
3.1.2 연료전지 안전기준 동향	25
3.2 연료전지 안전성 평가	29
3.2.1 안전성평가 실험방법 및 장치	29
3.2.2 안전성 성능 평가	34

3.3 국내외 연료전지 기준 비교	48
3.3.1 국내 연료전지 기준	48
3.3.2 국외 연료전지 기준	50
3.3.3 연료전지 안전기준(안)	62
제 4 장 결 론	72
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	72
참고 문헌	73
부록) 수소사용 연료전지 안전기준(초안)	75

<표 목차>

[표 2-1] 연료전지의 전해질에 따른 종류	11
[표 2-2] 연료전지의 종류별 주요 특성	12
[표 2-3] 연료가스 사용 연료전지 구성	13
[표 2-4] 연료가스 사용 연료전지 부품별 운전온도	14
[표 2-5] 개질반응에 따른 생성물 조성	15
[표 2-6] 연료가스 사용 연료전지 기동 순서	15
[표 2-7] 수소사용 연료전지 구성	16
[표 2-8] 수소사용 및 화석연료 사용 연료전지 사양 비교	19
[표 2-9] 연료전지 시스템 주요 모듈 비교	20
[표 3-1] 국내외 연료전지 제품기준 현황	27
[표 3-2] 국내외 연료전지 설치기준 현황	27
[표 3-3] 국내외 연료전지 안전기준 적용범위 현황	28
[표 3-4] 수소사용 연료전지 안전성 평가 항목	35
[표 3-5] 유품시험 시험 조건	45
[표 3-6] 전기안전성 시험 장비	46
[표 3-7] 전기안전성 시험 결과	47
[표 3-8] 국내 연료전지 안전기준 현황	48
[표 3-9] KGS 코드와 신재생에너지 설비기준 비교	49
[표 3-10] 국외 연료전지 기준 현황	51
[표 3-11] EN 50465:2008 기준의 구성	54
[표 3-12] 일본 연료전지 기준 현황	55
[표 3-13] KGS Code와 JIS Code 비교	55

[표 3-14] PlugPower 자체 검사 시험 방법	57
[표 3-15] Telcordia Technologies GR-1089-Core 기준	59
[표 3- 16] 국내외 연료전지 기준 적용 현황	62
[표 3-17] 연료전지 제품화 현황	63
[표 3-18] 수소사용 연료전지 안전기준 구성	65
[표 3-19] 연료전지 전력변환장치 검사항목	67
[표 3-20] 연료전지 국외기준 비교표(일부)	69

<그림 목차>

[그림 1-1] 연료전지 연구개발 현황	2
[그림 1-2] 3차년도 모니터링사업 현황	2
[그림 2-1] 연료전지의 원리	8
[그림 2-2] 연료전지의 원리	8
[그림 2-3] 연료전지 출력 특성(I-V Curve)	9
[그림 2-4] 연료가스 사용 연료전지 구조	15
[그림 2-5] 수소사용 연료전지 구성도	17
[그림 2-6] 수소경제와 연료전지	19
[그림 3-1] 연료전지 적용 시장	21
[그림 3-2] 연료전지 시장 조성계획	21
[그림 3-3] 가정용 연료전지 사용자 설치 사진	22
[그림 3-4] 수소사용 연료전지 상용화 현황	24
[그림 3-5] 수소사용 연료전지 상용화 현황	24
[그림 3-6] 수소사용 연료전지 상용화 현황	25
[그림 3-7] 수소사용 연료전지 구성	33
[그림 3-8] 수소사용 연료전지 성능평가장치 구성	33
[그림 3-9] 실험 사용 장비 및 재료 사진	33
[그림 3-10] 연료전지 DC-DC 컨버터 성능평가장치 구성도	34
[그림 3-11] 연료전지 정상운전시 배기가스내 수소농도	36
[그림 3-12] 연료전지 기동실패시 배기가스내 수소농도	37
[그림 3-13] 정상운전 배기가스 성분분석 결과	38
[그림 3-14] 연료전지 기동실패시 배기가스 성분분석	39

[그림 3-15] 전기출력 대비 가스소비량	41
[그림 3-16] 정격출력 도달시간	42
[그림 3-17] 연료전지 전기출력별 발전효율	43
[그림 3-18] 전기출력별 배기가스 배출 풍속	44
[그림 3-19] 유풍상태에서 전기출력 현황	45
[그림 3-20] 유풍상태 저출력특성	46
[그림 3-21] 유풍상태 고출력 특성	46
[그림 3-22] 수소사용 연료전지 적용 범위	64

제 1 장 서 론

1. 연구의 배경

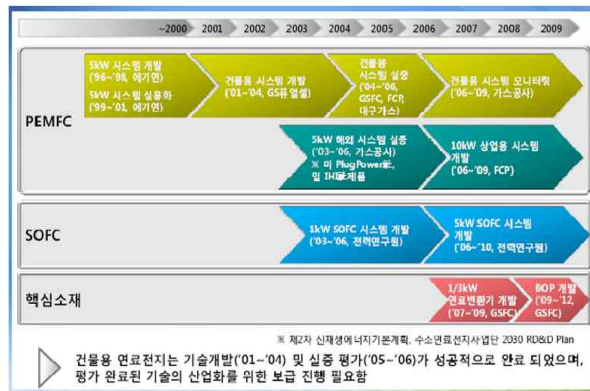
산업혁명 이후 세계는 석유나 석탄 등 화석 에너지를 주요 에너지로 무분별하게 사용하는 경제 구조 속에서 살아왔다. 그러나 세계 인구의 증가와 경제성장에 따른 에너지 사용의 급증은 자원의 고갈과 환경문제를 야기 시켰으며, 이는 기후문제와 겹치면서 인류의 생활을 심각하게 위협하는 수준에 이르렀다. 더욱이 남아있는 화석연료가 지역적으로 편재되어 있고, 채굴할 수 있는 양도 한계가 있어서 부존자원이 부족한 우리나라는 1·2차 석유파동을 거치면서 고유가 시대와 자원 무기화에 취약할 수 밖에 없는 국가 에너지 구조 개선의 필요성을 절감하고 이를 개선하려는 노력을 지속하고 있다.

특히 21세기의 우리나라는 고유가 시대 및 자원의 무기화에 따른 에너지 공급 불안정성에 대비해야하며, 동시에 에너지 사용에 수반되는 환경파괴 및 지구 온난화를 동시에 고려하는 과정에서 지속적인 경제 성장을 해야 하는 난제의 해법을 찾기 위해 노력하고 있다. 이러한 과제를 해결하기 위해 정부는 그린에너지 개발에 집중하고 있는 그 중심에 수소 이용기술의 활성화가 있으며, 연료전지는 수소 이용기술의 대표 주자로 기술개발을 위한 정부의 집중적인 투자가 이루어지고 있다.

현재 정부에서는 연료전지의 상업화를 위한 다양한 노력을 경주하고 있으며, [그림 1-1] 연료전지 연구개발현황에서 볼 수 있듯이 건물용 분야에서 PEMFC와 SOFC의 기술 개발, 핵심소재 분야의 국산화를 위한 연구가 집중되고 있다. 기술개발 단계를 확인해보면, 고분자 연료전지(PEMFC)분야에서는 가정용 연료전지의 상업화를

위한 전단계로 모니터링 사업을 실시하고 있고, 고체산화형연료전지(SOFC)는 시스템 개발에 주력하고 있고, 핵심부품 분야에서는 블로워, 밸브, 전력변환장치의 성능개선 및 국산화를 위해 시스템 제조사, 부품 제조사, 공사를 중심으로 연구가 진행되고 있다.

연료전지 모니터링 사업은 연료전지의 상업화를 위해 시스템의 가격저감, 내구성 증진, 주요부품의 국산화를 목표로 210기의 운영 및 실측데이터 분석을 통한 연료전지 시스템 및 부품의 특성을 평가하고 국내 가정용 연료전지 시스템의 보급기반을 조성하기 위한 목적으로 추진되었다.



[그림 1-1] 연료전지 연구개발 현황

		GS Fuel Cell	Fuel Cell Power	(주)효성
출력	Type	1P2W AC220V 60Hz	1P2W AC220V 60Hz	1P2W AC220V 60Hz
	정격출력	1kW	1kW	1kW
	출력범위	500-1000W	500-1000W	500-1000W
연료		천연가스(13A), 2.5kPa	천연가스(13A), 2.5kPa	천연가스(13A), 2.5kPa
효율 (LHV)	전기	>33	>32	>33
	열	>42	>44	>42
기동시간		<60min	<60min	<60min
온수	용량	150Liter	150Liter	150Liter
	온도	60℃	60℃	60℃
크기 (mm)	발전 모듈	710(W) × 490(D) × 1030(H)	810(W) × 650(D) × 1890(H)	788(W) × 426(D) × 1092(H)
	열저장 모듈	840(W) × 580(D) × 1310(H)		828(W) × 511(D) × 1530(H)
무게 (kg)	발전 모듈	<145	<130	<180
	열저장 모듈	<150	<170	<139 (without hot water)

[그림 1-2] 3차년도 모니터링사업 현황

최초 2006년~2007년은 4대를 도시가스사 중심으로 운영하였으며, 2008년은 7대를 지자체 중심으로 운영하였다. 2009년~2010년에 걸쳐 10대를 그린홈 100만호 보급사업을 추진하기 전 가정세대에 직접 보급하여 사용자 환경 하의 운전을 통해 연료전지의 성능 및 안정성을 확인하는 과정을 수행하였다. 이러한 과정을 통해 2006년은 스택과 열공급 모듈, 2008년에는 전력변환기와 필터, 2010년에는 연료개질기의 국산화 목표를 달성하였다

가정용 연료전지의 상업화를 위한 또 하나의 필수 조건으로 연료전지 보급을 위한 제도의 정비가 필요하여 우리공사가 2006년부터 2009년까지 지식경제부의 기술개발사업의 일환으로 수행한 『수소·연료전지 안전성 연구』 연구과제를 통해 연료가스를 사용하는 가정용 연료전지를 가스용품으로 지정하고 이와 관련한 안전기준을 마련하여 2009년부터 연료전지에 대한 안전관리를 시행하고 있다.

『수소·연료전지 안전성 연구』 연구과제를 통해 가스용품으로 지정된 연료전지에 대해 가스와 전기분야 및 관련 부품등에 대한 안전기준을 정립하고 제품의 검사를 위한 성능평가방법 및 설비를 마련하였다. 그 결과 LNG와 LPG를 연료로 사용하는 연료전지의 경우, 성능평가를 수행할 수 있는 설비와 제도가 완비되어 운영되고 있다.

그러나, 우리나라의 가스안전 관리를 위한 법령체계가 고압가스와 연료가스로 분리되어 있으며, 고압가스를 관리하기위한 『고압가스 안전관리법』, 연료가스 중 액화석유가스를 관리하기위한 『액화석유가스의 안전관리 및 사업법』, 연료가스 중 도시가스를 관리하기 위한 『도시가스 사업법』으로 구성되어있다. 제품 중심의 법령체계가 아닌 공급가스 중심의 법령체계이다보니 안전관리가 필요한 각종 제품에 대해 『고압가스 안전관리법』(이하 “고법”이

라 한다)에서는 특정설비로, 『액화석유가스의 안전관리 및 사업법』(이하 액법이라 한다), 『도시가스 사업법』(이하 “도법”이라 한다)에서는 가스용품으로 안전관리를 수행하고 있다.

이런 법령체계 덕분에 연료전지와 같이 고법과 액법, 도법 모두에 해당되는 제품의 경우, 가스용품과 특정설비에 모두 포함되어 안전관리가 수행될 필요가 있다. 우리나라와 일본의 연료전지는 이미 구축된 도시가스 공급망의 인프라를 수월하게 이용할 수 있고, 연구개발 비용을 분담할 수 있는 기관(우리나라는 가스공사, 일본은 도시가스 회사)이 있어 도시가스를 사용하는 건물용을 중심으로 상용화가 집중되어 연료가스를 사용하는 연료전지를 중심으로 제도화가 추진되었다.

이에 반해 수소를 직접 사용하는 연료전지의 경우, 유럽과 미국이 기술개발을 주도하였고, 우리나라에서는 건물용 연료전지와 비교하여 주목받지 못하였기 때문에 기술개발이 늦었고, 이에 따라 제도화 과정에서 주목받지 못하였다. 그 결과, LNG, LPG보다 폭발범위도 넓고, 사용압력도 높아 위험성이 높은 수소를 직접 사용하는 연료전지(이하 “수소사용 연료전지”라 한다)의 경우, 연료전지 안전관리를 위한 법제화에서 누락되었다.

유럽과 미국의 경우, EN 50465등의 안전기준을 통해 연료전지의 적용범위를 가스소비량, 전기출력으로 제한하고 사용연료는 제한하고 있지 않고 있다.

따라서, 신재생에너지 활용기기의 안전한 사용을 위한 법적 제도의 완비를 위한 수소사용 연료전지의 안전관리 필요성이 대두되어 본 연구를 통해 안전기준 초안과 성능평가방법의 개발을 추진하였다.

1.2 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 수소사용 연료전지에 대한 안전기준 초안의 마련과 성능평가장치의 구성, 성능평가 방법 개발을 목적으로 아래와 같이 연구되었다.

1.2.1 최종 목표

본 연구개발과제의 최종 목표는 가스관련 3법의 검사범위에서 제외된 “저장 수소를 직접 사용하는 방식의 연료전지에 대한 안전기준 개발”에 있다.

1.2.2 연구 범위

- 수소사용 연료전지에 대한 자료조사 및 분석
 - 국내외 수소사용 연료전지에 대한 연구개발 동향 및 사업화 방향 조사
 - 국내외 연료전지 관련 기준의 번역 및 비교 분석
 - 액법 지정 “연료전지” 기준 비교 검토

- 수소사용 연료전지 안전성 평가
 - 수소사용 연료전지 안전성 평가를 위한 장비 구축 및 평가기술 개발
 - 안전성 평가 장비 및 평가기술의 안전기준 반영
 - 수소사용 연료전지 안전성 평가 실시
 - : 효율(가스소비량, 발전, 열회수), 온도상승, 배기가스, 접지연속성, 절연저항 및 내력 등
 - 수소사용 연료전지 안전성 평가 결과 분석 및 기준 반영

- 저장수소 사용방식의 연료전지 안전기준 개발
 - 연료전지 국내외 기준 및 안전성평가 결과를 토대로 안전기준 초안 작성
 - 연료전지 안전기준 초안에 대한 전문가 의견 수렴

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

2.1 연료전지의 이해

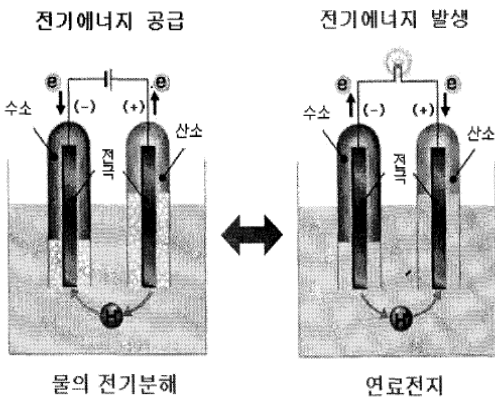
2.1.1 연료전지의 기초

연료전지는 지구상 가장 풍부한 원소인 수소를 이용하여 전기와 열 에너지를 발생시키는 기기이다. 수소는 물, 바이오매스, 화석연료 등의 다양한 형태로 지구상 어디서든 존재하고 있다. 특히 물은 지구 표면의 3분의 2를 덮고 있고 있으며 주요 성분은 수소와 산소로 이루어져 있는데, 물에 전기에너지를 가하여 분해하면(전기분해반응), (-)극에서는 수소기체가 (+)극에서는 산소기체가 발생한다.

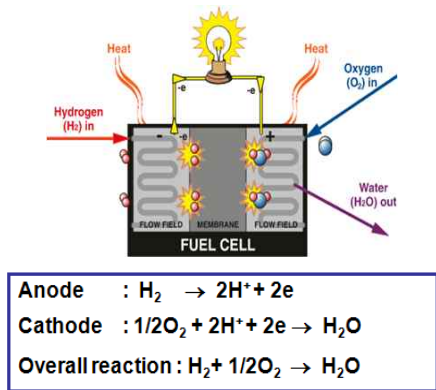
이와는 반대로 수소분자 두 개와 산소 분자 한 개가 반응을 하게 되면 물 분자 두 개가 생성되는데, 단지 물만 만들어 지는 것이 아니라 에너지가 방출된다. 수소와 산소가 가지고 있던 에너지보다 물이 가지고 있는 에너지가 더 적기 때문에 남는 에너지가 밖으로 나오게 되는 것인데 연료전지는 바로 이 에너지를 전기로 전화하는 장치(기기)이다.

연료전지의 원리는 [그림 2-1] 연료전지의 원리과 같이 1839년 영국의 W.R Grove라는 과학자가 처음 발견했고, Christian Friedrich Schoenbein라는 과학자에 의해 전극을 연료전지에 활용하게 되었다. 1960년대 초에 미국의 제미니 계획으로 제미니 5호에 연료전지가 최초 탑재되었다. 그러나, 처음 연료전지의 원리가 나왔던 시기에는 전극과 전해질, 전극과 가스의 사이에 접촉면적이 작고, 발생한 가스를 원활히 제거할 수 없었으며, 전극사이의 길이가 너무 넓어 전해질이 전류의 흐름을 방해하는 결과가 발생되어 실제로 발생하는 전기의 양이 적어 상용화되지 못하였다.

그 원리와 구조는 [그림 2-2]와 같다. 일반적인 화학전지와 비슷하며, 연료극(-)극에서 수소가 이온과 전자로 분리되어, 이온은 전해질을 통과하여 반대편으로 이동하여 산소극(+)극에서 산소를 만나는 물을 만든다.(산화-환원 반응). 이 때, 수소에서 떨어져 나온 전자는 밖의 전기회로를 돌면서 일을 하게 된다. 즉 연료전지는 수소와 산소를 연료로 사용하는 에너지 변화장치이다.



[그림 2-1] 연료전지의 원리



[그림 2-2] 연료전지의 원리

연료전지의 셀(단위전지)은 연료극, 공기극 및 전해질로 구성되어 있는 MEA(Membrane Electrode Assembly)를 기본으로 하고 있다. PEMFC의 전해질 막은 높은 프로톤 전도성과 가스 분리능력(개질 가스나 산화제 가스가 전해질을 통해 반대극으로 이동하는 것을 방지)을 갖춘 수십 μm 두께의 매우 얇은 고분자 막이다. 프로톤은 물을 따라 전해질 사이를 이동하기 때문에 수분관리가 매우 중요하고, 개질가스나 산화제를 적당히 가습하여 셀에 공급한다. 작동온도는 약 $75\sim 80^\circ\text{C}$ 이고, 전기화학 반응 속도를 높이기 위해 전극에 백금계 촉매를 사용하고 있다. 이러한 단위전지들은 분리판을 이용하여 직렬로 여러 장 적층하여 소정의 출력을 갖는 스택을 만든다. 분리판의 Channel을 통해 각각 개질가스와 산화제가스를 공급한다.

연료전지의 셀당 전류 밀도는 $0.2\sim 0.3\text{A}/\text{cm}^2$, 단위셀 전압은 0.7V

이상이 되도록 설계된다. 손실을 감안하지 않은 이상적인 전압은 1.2V이나 활성화손실, 저항손실, 농도손실이 작용하여 실제 출력 특성 곡선은 [그림2-3]과 같이 파란선으로 표시된 곡선과 같다. 전류값을 규정 이상으로 증가하면 셀 스택에 공급되는 개질 가스 또는 반응 공기양이 부족해서 셀 스택의 전압은 급속히 저하되고 제어장치가 전지의 전압강하를 감지해 시스템을 비상정지시킨다.

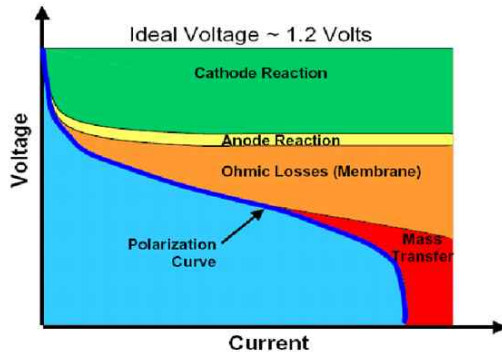


그림 2-3 연료전지 출력 특성(I-V Curve)

2.1.2 연료전지의 특징

연료전지와 같이 에너지 관련 기기와 비교한 특징을 살펴보면 다음과 같다.

일반적인 건전지, 수은전지, 니켈전지, 리튬전지 등과 같은 2차전지 등의 화학전지와 연료전지의 차이점을 살펴보면,

첫째 화학전지는 에너지 저장장치인 반면, 연료전지는 에너지 발생 장치라는 점이다. 화학전지는 에너지를 보관하는 역할을 하며 충전된 에너지원이 소모되면 사용할 수 없거나 다시 에너지를 가해 충전을 하여야 사용할 수 있어 에너지사용의 연속성이 떨어진다. 그러나, 연료전지는 연료(수소, 도시가스 등)를 공급 받으면 에너지가 발생하는 장치로 화학전지와 비교하여 장시간 에너지를 발생시킬 수 있는 장점이 있다.

둘째로, 2차전지는 시간이 지나면 에너지를 잃게 되지만 연료전지는 수소를 용기 또는 배관으로 연료를 공급받기 때문에 무정전시스템으로 활용할 경우 2차전지보다 에너지 발생시간과 발생량 측면에서 우위를 점할 수 있다.

연료전지와 화력발전과 비교하면

첫째, 효율이 높다. 연료전지의 경우, 화학에너지를 전기에너지로 직접 전화하기 때문에 다른 발전시스템에 비해 효율이 매우 높다.

일반적인 발전시스템은 화학에너지를 열에너지로 다시 운동에너지로 바꾼 후, 전기에너지로 만들어 내기 때문에 여러 단계의 변환 과정을 거치면서 효율이 점차 줄어들게 된다. 그러나 연료전지는 화학 반응을 통해 바로 전기를 생산함으로써 에너지 변환단계를 줄여 효율이 높아서, 태양광, 풍력, 조력, 지열 등의 청정에너지원과 함께 대체 에너지원으로서 연료전지가 주목을 받고 있는 또 다른 이유이다.

둘째, 폐열의 활용이 가능하다. 연료전지는 스택의 발열반응에서 나오는 열로 물을 끓일 수도 있어 연료전지의 효율을 높게 만든다. 일반적으로 개질기를 사용하는 연료전지의 경우, 약 40%가 전기로, 또 약 40%가 열에너지로 전환되어 활용되어 진다.

연료전지를 다른 에너지 발생기와 비교하면

첫째, 친환경적이다. 연료전지는 정상운전시 수소와 산소가 반응하여 발생하는 물질이 물 뿐임으로 대기오염의 원인이 되는 질소산화물(NOx), 이산화탄소(CO2)가 거의 나오지 않으며, 분진 등 노폐물이 발생하지 않음으로 물을 오염시키지도 않는다.

둘째, 정숙운전이 가능하다. 연료전지에는 엔진이나 터빈이 없기 때문에 소음이나 진동이 발생하지 않는다. 따라서 잠수함 등의 군사장비에 연료전지가 활용되기도 한다.

2.1.3 연료전지의 종류

연료전지는 전해질과 촉매의 종류, 반응온도 등에 따라 여러 가지 형태로 구분되어 진다. 연료전지의 전해질에 따른 종류는 [표 2-1]과 같이 분류되며, 연료전지 종류별 특징은 [표 2-2]와 같다. 연료전지의 종류에 따라 휴대용, 건물용, 수송용, 발전용등으로 연료전지의 특징에 맞추어 적용된다. 대용량(100kW)의 경우 MCFC, SOFC가, 중용량(0.5~100kW)는 PEMFC, SOFC가, 소용량에는 PEMFC, DMFC가 선택된다

[표 2-1] 연료전지의 전해질에 따른 종류

연료 전지 형태	전 해 질	촉 매	운전 온도
인산형 (PAFC)	인산 (액체)	platinum on PTFE/carbon	200℃
알칼리형 (AFC)	수산화칼륨 (액체)	platinum on carbon	80℃
고분자전해질형(PEMFC)	Nafion Dow 폴리머	platinum on carbon	85-100℃
용융탄산염형(MCFC)	Lithium or potassium carbonate(액체)	니켈, 니켈 화합물	650℃
고체산화물형(SOFC)	Yttria-stabilized zirconia(고체)	니켈/ Zirconia cermet	1000℃
직접메탄올(DMFC)	Polymer Membrane	Pt-Ru or Pt/C	25 - 130℃

본 연구 대상이 되는 연료전지는 고분자전해질형(PEMFC)로서 전해질은 Nafion, 촉매는 백금, 운전온도는 저온형(약 70℃)와 고온형(130℃)로 구분되어 진다. 고분자전해질 연료전지는 1963년 General Motor사에서 처음으로 개발되었으며, 개발 초기에는 우주선용으로 그리고 1980년대에는 잠수함용으로 개발되었다. 1980년 중반에는 정지형으로 개발되기 시작하였으며, 1989년 캐나다의 Ballard사에 의해서 5kW의 PEMFC Stack이 개발되었고, 1991년에는 발라드사와 GPU와 함께 250kW의 PEMFC를 만들어 인디애나주에서 가동하였다.

1998년에는 PlugPower사에서 가정용 5kW의 PEMFC가 개발되어 설치되었다. 고분자전해질 연료전지는 기본적으로 수소를 사용하는데, 아직 수소를 쉽게 운반·저장할 수 있는 탱크, 또는 수소공급라인이나 수소충전소 같은 인프라가 부족한 실정에서 수소를 직접 사용하기에는 연료공급에 문제점이 있다. 따라서, 아직까지는 도시가스, LPG 등을 개질하여 수소를 생산하는 연료전지가 가정용 연료전지로 개발되어 보급되고 있다. 이에 반해 저장수소 사용 연료전지는 국토면적이 넓어 정전이 될 경우 복구에 시간이 많이 걸리고 정전이 될 경우, 많은 문제를 야기시키는 통신국 등에 무정전 시스템을 많이 활용하고 있으며, 미국은 PlugPower사, 캐나다는 Ballard사 등에서 개발하여 상용화하였다.

[표 2-2] 연료전지의 종류별 주요 특성

종류	발전온도	전해질	주연료	기술수준	적용대상
고분자전해질형 PEMFC,DMFC	상온-100℃	이온(H+)전도성 고분자 막	수소 메탄올	실증 및 상용화	소형전원, 자동차
인산형(PAFC)	150-200℃	인산(H3PO4)	천연가스 메탄올	실증 및 상용화	분산전원
용융탄산염 (MCFC)	600-700℃	용융탄산염 (Li2CO3-K2CO3)	천연가스 석탄가스	개발 및 실증	복합발전, 열병합발전
고체산화물 (SOFC)	700-1000℃	고체산화물 Ytria-stabilized zirconia	천연가스 석탄가스	개발 및 실증	복합발전, 열병합발전
알칼리형(AFC)	상온-100℃		수소	사용중	특수목적

2.1.4 연료전지의 구조 및 운전

2.1.4.1 연료가스 사용 연료전지

연료가스 사용 연료전지(이하 “연료전지”라 한다)는 액법에 정한 가스용품으로 지정되어 관련 안전기준이 제정되어 운영되고 있다. 본 연구의 수소사용 연료전지의 안전기준은 연료전지의 안전기준을 근

간으로 작성되기 때문에 연료전지와 수소사용 연료전지의 구조 및 운전에 대한 이해를 통해 안전기준 초안 작성에 활용하고자 한다. 연료전지의 구성과 구성품 별 기능은 [표 2-3]과 같다. 각 계통의 기능에 따른 연료전지의 주요흐름을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 공급되는 연료(LNG, LPG)를 연료처리장치를 통해 황제거-연료가스 개질-CO제거 순으로 처리하여 CO 농도가 5ppm미만 (제조사별로 다소의 차이가 있음)으로 유지되는 수소를 생산
- 2) 생산된 수소를 상압보다 약간 높은 수준으로 스택에 공급
- 3) 스택은 공급된 수소와 공기공급계통을 통한 공급된 가습·가열된 공기를 이용하여 직류 전력을 생산
- 4) 생산된 직류 전력을 전력변환장치로 송전
- 5) 전력변환장치는 공급된 직류 전력을 사용자가 원하는 품질 또는 계통(Grid)이 요구하는 품질로 변환하여 공급

이 과정에서 연료전지는 시스템의 최적 운전을 위해 부품의 운전 온도의 유지·감시 계통, 난방과 온수를 공급하기 위한 냉각계통, 온수 공급계통이 별도로 모듈화되어 설치되어 있다. 온수공급계통은 각국의 난방 및 온수 사용문화에 따라 온수기 또는 보일러가 설치되어 있으며, 제조사별로 온수조의 용량을 결정하여 설치한다.

[표 2-3] 연료가스 사용 연료전지 구성

주요 계통	구성	기능
연료처리계통	개질기, HTS, LTS, PROx, 황제거기 연료 블로워	연료가스를 수소 가스로 개질하여 스택에 공급
스택 계통	스택, 스택 터미널, 접지	발전설비
온수공급 계통	보일러, 온수기, 온수조	사용자 온수 공급
공기공급 계통	공기필터, 공기블로워, 가습기	스택에 반응용 공기 공급
전력 계통	전력변환장치, 접지, 터미널	발전 전력 변환 및 송전
냉각 계통	열교환기, 냉각수펌프	온수공급계통에 열 공급

연료전지는 운전 중 각각의 부품이 [표 2-4]에서와 같이 반응온도를 유지한 상태에서 정상운전을 한다. 특히 개질기와 HTS(High Temperature Shift)와 LTS(Low Temperature Shift)의 운전온도 유지에 스택에 공급되는 수소의 품질을 결정하기 때문에 기동시 부하 추정운전시 부착된 전기 Heater로 온도를 조정하며, 부하의 변동이 없을 때, 열교환시스템을 통해 온도가 설정된 범위내에서 움직이도록 제어한다. 연료전지의 구조는 [그림 2-4]과 같다

연료전지의 기동 운전 방법은 다음과 같다.

- 1) 연료 개질 장치내의 각 반응기의 온도 및 셀 스택의 수소 이온류를 적정치로 유지하도록 열 평형을 맞춘다
- 2) 개질기에서의 흡열반응의 온도를 유지시키기 위해 오프가스(스택 미반응 가스)와 연료가스를 개질기 버너로 연소시켜 반응에 필요한 열을 공급한다
- 3) [표 3-4]에서 정한 부품별 정상온도에 도달 여부를 확인하고, 제어시스템의 이상유무를 확인한다
 - 연료 개질시스템의 온도상승, 셀 스택의 전압·전류 저하, 셀 스택 온도 상승, 버너 꺼짐 등의 감지 및 제어 확인
- 4) 스택 공급 수소의 품질을 확인한 후 전력 생산
- 5) 정격 전력 및 전력 품질 확인 후 계통 또는 부하에 연계한다.

[표 2-4] 연료가스 사용 연료전지 부품별 운전온도

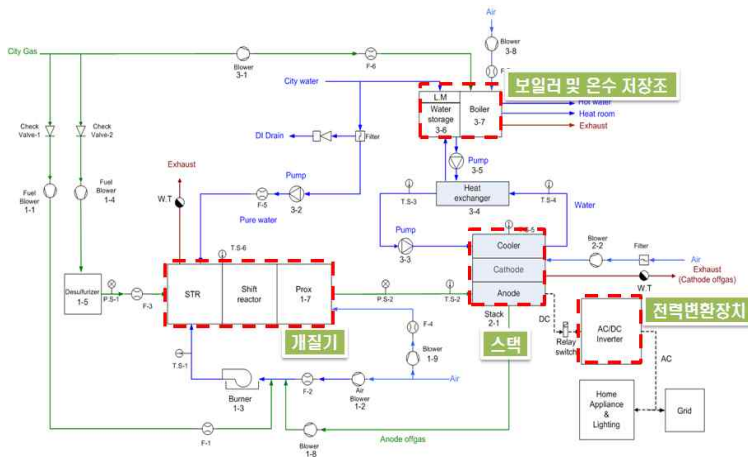
부품명	운전온도	주요기능
탈황기	상온 또는 150 ℃	황 제거(S<10ppb)
개질기	≒ 750 ℃	연료가스를 수소로 개질(≒CO 15%)
HTS	≒ 350 ℃	CO 고온 제거(CO < 1%)
LTS	≒ 250 ℃	CO 저온 제거
PROx	≒ 130 ℃	CO 제거(CO < 5ppm)
Stack	≒ 65℃ or 130℃	전력생산

[표 2-6]과 같은 기동 절차를 거치면서 운전되는 연료전지는

- 1) 수소와 공기의 품질을 만족시켜 스택의 손상 없이 지속적인 전력을 생산하기 위한 운전조건 만족시키며,
- 2) 운전과정에서 사용자 안전 및 연료전지 기기를 보호하고,
- 3) 상용 전력계통에서 요구하고 있는 전력의 품질을 만족시키기 위한 제어로 구성된다.

[표 2-5] 개질반응에 따른 생성물 조성

개질반응	개질가스 조성(%)				
	H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂
Steam Reforming	75~78	10~12	8~10	2~5	-
Auto Thermal Reforming	28~32	8~10	9~11	2~4	48~52



[그림 2-4] 연료가스 사용 연료전지 구조

[표 2-6] 연료가스 사용 연료전지 기동 순서

시스템 초기화	⌘ BOP 기동	⌘ HTS, PROx 히터 기동	⌘ 버너 점화	⌘
개질수 공급	⌘ PROx 공기 공급	⌘ 스택 개질가스, 공기 투입	⌘ 전력변환장치 연결	⌘
부하 증가	⌘ 정격 출력	⌘ 히터 정지	⌘ 정상운전	

2.1.4.2 수소사용 연료전지

수소사용 연료전지의 주요 구성품을 보면 [표 2-7]와 같다.

수소사용 연료전지의 주요 흐름을 살펴보면,

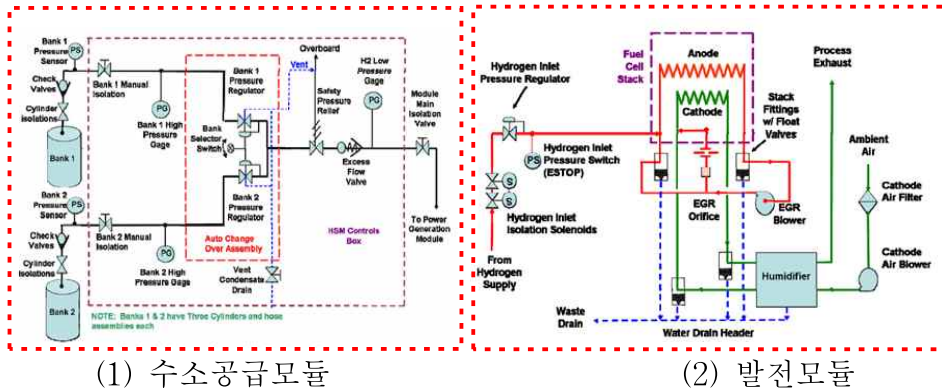
- 1) 실린더(150bar 또는 제조사 지정압력)
- 2) 차단장치
- 3) 이상압력 방출장치
- 4) 수소공급밸브, 압력조절밸브
- 5) 스택을 통한 직류 전력 생산
 - 외부공기를 필터링한 후 가습기를 통한 가열 가습한 공기
 - 순도 99.5%이상의 수소 공급
- 6) 전력변환장치를 통한 전력 변환 후 송전
 - 계통연계형 또는 독립형으로 전력 공급

수소사용 연료전지는 수소 공급 인프라가 부족한 현실에서 별도의 저장설비를 갖추고 있으며, 수소 이용율을 극대화하기 위해 연료공급 계통에 EGR Blower와 스택플로트 밸브가 설치하였다. 또한 사용 용도가 무정전용 또는 Backup전원용으로 많이 사용되는 독립형 연료전지가 많아 주로 배터리가 추가 장착되어 있다.

[표 2-7] 수소사용 연료전지 구성

주요 계통	구성	기능
스택 계통 (Stack System)	스택, 스택스캐너, 스택플로트 밸브	전기 생산
냉각수 계통 (Coolant System)	냉각펌프, 이온필터, 삼방밸브, 라디에이터, 라디에이터 팬 등	스택 적정 온도 유지
연료공급 계통 (Fuel Supply System)	수소저장시스템, 전기구동입구차단밸브, 필터, 압력조절밸브, EGR송풍기	스택이 요구하는 품질 및 양의 수소 공급
공기공급 계통 (Air Supply System)	공기필터, 공기송풍기(Cathode Air Blower), 가습기(Humidifier), 플로트 밸브, EGR Bleed Orifice, Drain valve	스택이 요구하는 품질 및 양의 공기(가습, 가열) 공급
전력계통 (Power System)	스택 터미널, 접지터미널, 배터리, 전력변환장치	발전 전력 변환 및 송전

[그림 2-5]에서 볼 수 있는 연료전지 구성은 7~8m³ 용량의 고압 실린더 6본을 실린더캐비닛에 장착하여 비상전원용으로 사용하는 5 kW급 연료전지의 구성도이다. 1kW 미만의 소용량의 경우, 제조사에서 자체 제작한 소형실린더를 연료전지 본체에 넣어 사용한다



(1) 수소공급모듈

(2) 발전모듈

[그림 2-5] 수소사용 연료전지 구성도

본 연구에서 시험 재료로 사용된 PlugPower사 제품의 연료전지의 경우, 아래와 같은 안전기준을 적용하여 제작되었다. 제품 자체의 안전기준과 설치에 대한 기준으로 구성되어있다. 상세사항은 다음 절에서 상세하게 설명하기로 한다.

- 1) National Fire Protection Association(NEFA) 55
- 2) ANSI Z 23.83(Fuel Cell Power Plant)
- 3) ICC International Fire Code(chapter 35)
- 4) ICC International Fuel Gas Code(chapter 7)
- 5) NFPA 70
- 6) Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
- 7) National Electrical Code Class 1, div 2

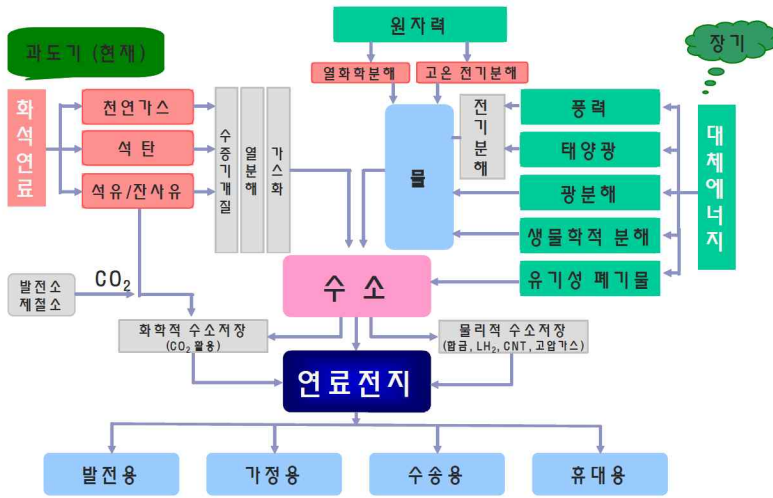
2.1.4.3 수소사용 연료전지의 특징

수소를 직접 사용하는 연료전지를 에너지 기기로 활용하기 위해서는 도시가스과 같이 수소의 생산, 저장, 수송, 공급망과 같은 사회적 인프라가 충분한 구축되어야 한다. 그러나, 현재 수소 사용을 위한 사회적 인프라가 미비한 상태에서 연료전지의 보급 및 상업화를 추진하다보니, [그림 2-6]과 같이 수소경제사회에서 추구하고 있는 수소 직접사용 연료전지의 형태와는 달리 화석연료를 개질하여 수소를 생산하여 사용하는 연료전지가 주를 이루고 있으며 가정·상업용, 중규모 발전, 자동차, 소형비상발전용 등으로 활용하고 있다.

가정·상업용으로 사용되는 연료전지의 특징을 살펴보면, 대부분 고분자 전해질형 연료전지(PEMFC, Proton Exchange Membrane Fuel Cell)을 채택하고 있고 최근에는 고체산화물형 연료전지(SOFC, Solid Oxide Fuel Cell)가 개발되고 있다. 가정에서는 연료전지에서 발생하는 폐열과 화학반응에서 생산되는 전력을 동시에 활용이 가능하기 때문에 80% 이상의 높은 효율로 연료전지의 사용이 가능하고 화석연료를 연소시켜 에너지를 얻는 보일러 등과 비교할 때 친환경적이다.

사용하는 연료는 가정이나 상업용으로 쉽게 구하여 사용이 가능한 도시가스 또는 LPG를 사용하고 있다. 또한 전기화학적 반응을 통해 전력을 생산하기 때문에 대기오염을 일으키는 질소화합물(NOx), 유황화합물(SOx), 분진, 이산화탄소, 일산화탄소등의 발생이 적고 소음이나 진동이 거의 없는 환경친화적 특징을 가지고 있다. 이 때문에 가정·상업용, 발전용 등으로 많이 사용되고 있다.

이에 반해 저장수소 사용방식의 연료전지는 일반 화석연료를 개질하여 수소로 변환하는 과정을 거치지 않고, 99% 이상 순도의 수소를 직접 스택에 공급하여 전기를 생산하는 시스템으로 화석연료를 사용하는 연료전지와 비교하여 정격출력상태에 도달하기위한 기동시간이 짧고, 배터리에 비해 정격출력상태를 장시간 유지할 수 있는 장점이 있어, 주로 통신기지국, 병원 등이 비상전력으로 활용하고 있다.



[그림 2-6] 수소경제와 연료전지

화석연료를 사용하는 연료전지와 수소를 직접 사용하는 연료전지의 일반적 사양을 비교하면 [표 2-8] 과 같다. 운전형태, 사용처, 사용연료가 다르며 이로 인해 시스템을 구성하는 구성품의 차이가 있음을 추측하여 볼 수 있다.

[표 2-8] 수소사용 및 화석연료 사용 연료전지 사양 비교

구분	수소사용 연료전지	화석연료 사용 연료전지	비고
사용연료	수소	LNG, LPG, 등유, 메탄올	
사용처	비상전원용	가정용, 상업용 복합발전	
운전형태	단속운전	지속운전	
출력형태	전력	전력, 열	
출력전력	DC	AC	
기동시간	1분 이내	30분 이상	정격출력
기동전력	축전지 또는 외부전원	외부전원	
주요구성품	스택, 블로워, 컨버터	개질기, 스택, 인버터	
설치장소	주로 실외	실내·실외	

연료전지의 시스템을 비교하면 [표 2-9]와 같다. 표에서 본바와 같이 수소사용 연료전지에는 연료공급계통에서 개질기, HTS, LTS, PROX, 황제거기가 없고 대신 저장설비와 EGR 송풍기가 있다. 전력계통에도 연료가스 사용 연료전지의 경우 계통연계형인 인버터가 대부분이지만, 수소사용 연료전지는 단속운전을 하고, 무정전용을 사용되는 경우가 대부분이므로 부하가 정해져 있어 DC 컨버터를 사용하고 있다. 또한 온수공급계통 자체가 수소사용 연료전지에는 없고 발생하는 폐열과 폐수는 방출하고 있는 특징이 있다. 이러한 구성품의 차이는 안전기준 중 재료 및 구조 부분, 성능부분에 반영하였다.

[표 2-9] 연료전지 시스템 주요 모듈 비교

주요 계통	수소사용 연료전지	연료가스 사용 연료전지
스택 계통	스택, 스택플로트 밸브	스택
냉각수 계통	냉각펌프, 필터, 삼방밸브, 라디에이터	열교환기, 냉각수펌프, 필터, 라디에이터
연료공급 계통	저장설비, 압력조절밸브, EGR 송풍기, 필터,	개질기, HTS, LTS, PROx, 황제거기, 연료 블로워
공기공급 계통	공기필터, 공기송풍기, 가슴기, 플로트밸브, EGR Bleed Orifice, Drain valve	공기필터, 공기블로워, 가슴기
전력계통	스택 터미널, 배터리, 전력변환장치	전력변환장치, 접지터미널
온수공급계통		보일러, 온수기, 온수조

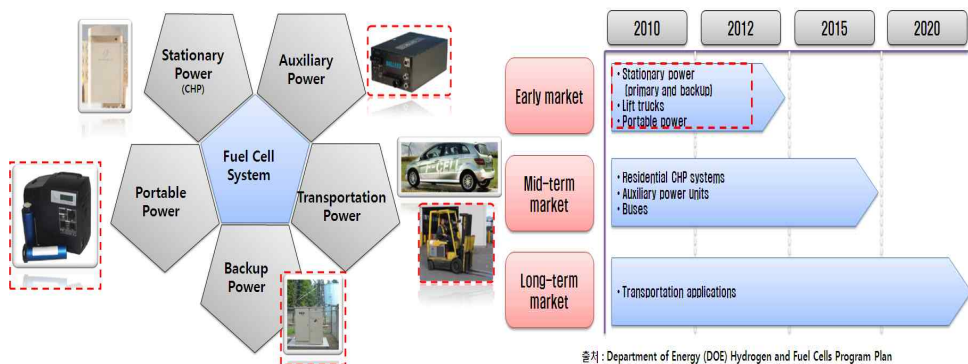
제 3 장 연구수행 내용 및 결과

3.1 연료전지 국내외 동향

3.1.1 연료전지 개발 동향

3.1.1.1 수소사용 연료전지 상업화 동향

연료전지는 [그림 3-1]와 같이 고정형 발전장치, 보조 전원, 운송, 무정전전원, 포터블 전원 등에 적용이 가능하다. 우리나라의 경우, 고정형 발전장치는 액법을 통해, 운송부분은 현대차를 중심으로 관리하고 있다. 수소사용 연료전지는 포터블 전원, 무정전 전원, 보조전원, 자동차를 제외한 운송분야에 사용되고 있으며, 아직까지 연료전지 내부 부품인 스택, 개질기, BOP는 성능의 개선과 비용의 절감을 위해 내부 구조 및 재료의 개선을 위해 연구개발이 지속되고 있어 아직까지는 대량생산 단계에 도달하지 못하였다. 연료전지가 대당 7500만원 수준의 높은 가격으로 인하여 초기시장의 형성은 미뤄지고 있다. 이 때문에 정부에서는 보조금 제도를 도입하여 시장 형성을 위해 노력하고 있다. 미국은 [그림 3-2]에서처럼 DOE(Department of Energy)의 Hydrogen and Fuel Cells Program Plan에 따라 2012년까지 초기 시장을 형성하기 위한 주력품목으로 Stationary Power, Lift trucks,



[그림 3-1] 연료전지 적용 시장 [그림 3-2] 연료전지 시장 조성계획

Portable Power을 지정하고 이중 Stationary Power 중 Backup Power과 Portable Power을 중심으로 개발·상용화 되고 있다.

3.1.1.2 국내 현황

국내에서 연료전지를 제조하는 기업은 GS퓨얼셀, 퓨얼셀파워, 효성 등이 있으며 주로 1~10kW급 가정·상업용 연료전지를 중심으로 개발하여 판매하고 있다. 에너지기술연구소에서 5kW급 고체고분자 연료전지 시스템 개발, 퓨얼셀파워에서 10kW급 상업용 고분자 전해질 연료전지 시스템 개발, 3kW급 가정용 고분자 전해질 연료전지 열병합 발전시스템 개발을 추진하고 있으며, 우리 공사에서는 5kW과 BOP 핵심 부품 개발사업에 참여하여 위험성평가와 성능평가를 수행하고 있다. 수소사용 연료전지의 경우는 사용처가 적고 기술을 선점한 외국 제품과의 가격 차이로 인해 연료전지만큼 상용화되지 못하였다. 그럼에도 저장수소 연료전지가 현재 개발되어 보급되고 있는 가정용 연료전지와 큰 기술적 차이가 없고 다만 연료처리시스템을 대신한 연료공급시스템이 모듈로 장착되어 있고, 수소 재사용 블로워를 추가한 정도한 시스템으로 가정용 연료전지의 제작능력을 보유하고 있는 제작사의 경우, 큰 기술적 어려움 없이 제작이 가능함에 따라 최근 GS퓨얼셀에서 연세대 수소스테이션에 비상전원용으로 저장수소 연료전지를 개발하여 3대를 설치하여 운전 중에 있다.



[그림 3-3] 가정용 연료전지 사용자 설치 사진

국내에서는 개발된 수소사용 연료전지시스템에 대한 최적화와 이와 관련된 실증연구는 진행되지 않아 외국 제품과의 직접 비교는 어려우나, 수소사용 연료전지에 대한 연구개발을 위해 GS퓨얼셀은 시스템 최적화를 우리 공사는 연료전지 위험성 평가 및 관련기준 제·개정을 목표로 국가연구과제 수탁을 추진하고 있다.

3.1.1.3 국외 현황

수소사용 연료전지의 경우, 유럽과 북미를 중심으로 개발 판매되고 있다. 연료가스 사용 연료전지의 경우, 구미는 전력요금이 낮기 때문에 일반 가정에서 연료전지를 도입하는데 따른 장점을 찾기 어렵다. 따라서, 전력이 공급되지 않는 오지에 한정하여 적용할 수 있다. 또한 보조금 정책에서도 한국과 일본에 비교하여 부족한 것으로 알려져 있다. 따라서, 북미의 연료전지 제조사는 사업화가 어려운 연료가스 사용 연료전지 대신 정보통신기기의 백업용 연료전지 개발에 주력하여 제품을 상용화 하였다.

미국과 캐나다는 국토가 넓기 때문에 정전시 대응기간이 오래 걸리는 지역이 많고 백업 전력이 최소 8시간 이상인 통신 기지국도 있다. 이런 백업 전력이 필요한 곳에 사용된 전원이 화학전지(배터리)가 사용되었다. 그러나, 배터리가 5년마다 교환이 필요한데 비해 연료전지는 조건에 따라 10년 이상을 사용할 수 있기 때문에 장점을 보유하고 있다. 그런 이유로 [그림 3-4]에서 [그림 3-5] 수소사용 연료전지 사업화 방향과 같이 다양한 백업전원이 개발되어 상용화 되어 있다.

주요 제조사를 보면, Hydrogenics(캐나다), Plugpower(미국), Powercell(스웨덴), Heliocentris Energy system(독일) 등이 있다. 몇몇 제조사의 경우, Ballard사의 스택을 수입하여 사용하는 경우도 있다.

제조사	제품명/이미지	파워모듈 사양	응용(Applications)	비고
Hydrogenics		<ul style="list-style-type: none"> Power : 4 ~100 kW Fuel gas : Hydrogen 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 베이스 센터 또는 통신 회사의 보조전원용(Backup Power) 수송용 차량으로 적용 	랙팅 연결로 출력 용량 증가(Rack Mounted)
IdaTech LLC		<ul style="list-style-type: none"> Power : 2.5 ~ 5 kW Fuel gas : Hydrogen 	<ul style="list-style-type: none"> Telecom Application Data Networks Application Security Systems Application 	
Commscope		<ul style="list-style-type: none"> Power : 8 kW Fuel gas : Hydrogen 	<ul style="list-style-type: none"> CDMA, TDMA, UMTS, DSLAMs 등의 디지털 전송 캐리어 및 유/무선 통신 장비의 전원 공급용 	
Morphic Exergy		<ul style="list-style-type: none"> Power : 6 kW Fuel gas : Hydrogen 	<ul style="list-style-type: none"> Fork lifts Small hybrid vehicles Telecom backup systems UPS telecom systems 	

[그림 3-4] 수소사용 연료전지 상용화 현황

제조사	제품명/이미지	파워모듈 사양	응용(Applications)	비고
POWERCELL [스웨덴]	 POWER PAC	<ul style="list-style-type: none"> Power : 5.0 kW Fuel gas : Diesel [reforming fuel] 	<ul style="list-style-type: none"> Telecom Backup system 선박 및 트럭 보조전원(APU) 	• 내부 개질
Dantherm Power [덴마크]	 DBX5000	<ul style="list-style-type: none"> Power : 5.0 kW Fuel gas : Hydrogen 	<ul style="list-style-type: none"> Battery Extender Backup power Telecoms, Data Centres Base Stations & Critical Networks 	• Battery extender 등
Dantherm Power [덴마크]	 DBX2000	<ul style="list-style-type: none"> Power : 1.7 ~ 2.0 kW Fuel gas : Hydrogen 	<ul style="list-style-type: none"> Battery Extender Backup power Telecoms, Data Centres Base Stations & Critical Networks 	
M-Field Energy LTD [대만]	 MF-UTH	<ul style="list-style-type: none"> Power : 1 ~ 10kW Fuel gas : Hydrogen [> 99.95%] 	<ul style="list-style-type: none"> Backup power Telecom Base Station Data Center, Bank, and etc 	• UPS functions

[그림 3-5] 수소사용 연료전지 상용화 현황

제조사	제품명/이미지	파워/모델 사양	응용(Applications)	비고
Heliocentris Energy system (독일)	 NEXA1200	• Power : 1.20 kW • Fuel gas: Hydrogen	• Battery Chargers • APU 's • Backup Power	• Ballard사 스틱 채용
Morphic Exergy	 POLARIS 5	• Power : 5.0 kW • Fuel gas : Hydrogen	• APU's • Hybrid Vehicles	
Intelligent Energy		• Power : 3.0 kW • Fuel gas : Hydrogen	• UPS for Data centres	
RetiOn, Inc.		• Power : 0 ~ 2.0 kW • Fuel gas : Hydrogen	• Backup power for Telecom Government Off-Grid Transportation	

[그림 3-6] 수소사용 연료전지 상용화 현황

3.1.2 연료전지 안전기준 동향

3.1.2.1 국내 동향

국내에서는 연료가스(LNG, LPG)에 한하여 액화석유가스의 안전 관리 및 사업법(이하 “액법”이라 한다)에서 연료전지를 가스용품으로 지정하여 2009년부터 KGS AB934:2008 『가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준』과 KGS A410-2009 『연료전지 전력변환장치 성능인증기준』에 따라 공사가 검사를 수행하고 있다. 액법에서 정한 연료전지의 적용범위는 “가스소비량이 232kW 이하인 가스용 연료전지”로 규정되어 있어 EN50465, NFPA 853 등에서 정한 연료전지 적용범위와 비교하여 차이가 있음을 볼 수 있다. 외국기준이 연료전지의 연료에 대해 제한을 두고 있지 않은 반면, KGS코드는 출력 및 가스 소비량이 외국보다 상당히 넓은 범위임을 알 수 있다. 따라서, KGS 코드가 수소, 등유 등을 연료로 사용하는 연료전지를 안전관리 기준에 포함하여 운영하는 선진 기준을 인용할 필요가 있다. 누락된 부분에 대해 우리나라에서는 『신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법』에 따른 성능인증제도 내에서 연료전지의 성능만을 확인하는데

그치고 있다. 누락된 연료전지에 대한 안전을 확보하기 위해서는 고법의 “특정설비”로 수소사용 연료전지를 지정하여 운영할 필요가 있다.

연료전지의 설치부분은 『수소·연료전지 안전성 연구』를 통해 개발된 연료전지 설치기준(안)을 도법 KGS FU551 “도시가스 사용시설의 시설·기술·검사 기준”에 반영하여 운영 중이다. 이외에도 지경부 고시 제2009-332호에 따른 “연료전지 설비 시공기준”(2010.1.15 공고)이 신재생에너지 기기로 성능인증을 받은 연료전지에 대한 설치를 규정하고 있다.

연료전지 제조와 설치는 법제화되어 안전관리가 시행되고 있는 반면, 보일러보다 설치가 어려운 연료전지의 설치를 담당하는 시공자에 대해서는 시공자 교육이 정리된 바가 없으며, 시공자의 보험가입 의무도 없어 아직 제도적으로 보완해야 할 부분이 남아 있다.

법정검사 이외에도 국가에서 연료전지 초기 시장을 확보하기 위해 제정한 『신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법』에 따라 정부 보조금을 일정 수준이상의 성능을 가진 연료전지 제조사에게 지급하고 있다. 보조금을 지급하기 위해 연료전지의 성능을 확인하기 위해 『신재생에너지 설비심사세부기준-고분자연료전지시스템』을 제정하고 에너지기술연구소를 성능검사기관으로 지정하여 임의 성능인증 제도를 시행하고 있다.

3.1.2.2 국외 동향

일본의 경우, 우리나라와 마찬가지로 연료가스를 사용하는 고분자 연료전지 시스템 중 5kW 미만의 연료전지를 대상으로 성능인증을 실시하고 있고, 유럽이나 미국의 경우에는 연료가스나 연료전지의 종류에 관계없이 출력전력 10kW 수준 이하의 연료전지에 대해 적용하고 있다. [표 3-1] 중 주요 기준은 본 연구에서 번역을 통해 연료전지 안전기준 초안을 작성하는데 반영한 해외 기준이다.

[표3-1] 국내외 연료전지 제품기준 현황

국가명	기준번호	기준명
한국	KGS AB 934	가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준
	NR FC 101	신재생에너지 설비심사세부기준(고분자연료전지시스템)
국제	IEC 62282-3-1	Stationary Fuel Cell Systems-Safety
	IEC 62282-3-2	Test Method for the Performance of Stationary Fuel Cell Power Plants
	IEC 62282-2	Fuel Cell Modules
유럽	BS-EN-50465	Gas appliances-Fuel cell gas heating appliance-Fuel cell gas heating appliance of nonminal heat input inferior or equal to 70kW
미국	ASME PTC 50-2002	Fuel Cell Power Systems Performance
	ANSI/CSA America FCI	Fuel Cell Power Systems
	CAN/CSA IEC 62282-3	Fuel Cell Technologies-Fuel Cells
일본	JIS C 8821: 2008	General rules for small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8822: 2008	General Safety Code for small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8823: 2008	Testing methods for small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8824: 2008	Testing methods for environment of small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8825: 2008	Testing and measurement techniques of small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8826: 2008	Testing methods of power conditioner for grid interconnected small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIA F 035-09	고분자형 고체산화물형 연료전지 검사규정

[표 3-2] 국내외 연료전지 설치기준 현황

국가명	기준번호(기관)	기준명
한국	KGS FU551	도시가스 사용시설의 시설·기술·검사 기준
	지경부 2009-332호	연료전지 설비 시공기준
국제	IEC 62282-3-3	Stationary Fuel Cell Power Systems-Installation
미국	(US DOE)	Hydrogen and Fuel Cells Permitting Guide
유럽	HyPer Project	Installation Permitting Guidance for Hydrogen and Fuel Cells Stationary Applications
일본	(일본석유협회)	Fuel Cell System installation Criteria
	JIS C 62282-3-3	Stationary Fuel Cell Power Systems-Installation(Japan)

연료전지와 관련된 Codes & Standards는 www.fuelcellstandards.com에 상세히 설명되어 있다.

[표 3-1]에서 [표3-3]을 통해 확인할 수 있는 바와 같이 그동안 위원회 수준의 비공개 기준이었으나, 2009년부터 유럽, 북미, 일본 등 선진국에서 연료전지의 제품기준, 설치기준을 연달아 발표하였다. 중요 내용은 연료전지 국외기준 분석에서 상세히 설명하도록 하겠다.

[표 3-3] 국내외 연료전지 안전기준 적용범위 현황

기준명	적용범위	연료 가스	연료전지 형태
ANSI/CSA FC 1-2004	출력전압 600VAC 이하 출력전력 10kW 이상	NG, LPG, Hydrogen Methane Gas Mixture Methanol, Disel etc.	제한 없음
EN50465	사용연료 70kW 이하 출력전력 11kW 이하	Methane, Propane Hydrogen etc.	제한없음
NFPA 853	출력전력 50kW 이하	NG, LNG, Biogas Hydrogen	제한없음
JIA F 035-4	출력전력 10kW 이하	LNG, LPG	고분자형 연료전지
JIS C 8822: 2009	출력전력 10kw이하 전기출력 220V 이하	기체, 액체, 수소 등	고분자 전해질형
NR FC 101: 2008	정격출력 5kW이하	기체를 사용하는 기기의 최고 사용압력이 0.1MPa미만	고체 고분자형 연료전지
KGS AB934:2008	가스소비량 232.6kW이하	LNG, LPG 등 연료 가스	제한 없음

3.2 연료전지 안전성 평가

3.2.1 안전성 평가 실험 방법 및 장치

3.2.1.1 실험 조건 및 시료

○ 실험 환경

시험장소	가스안전공사 연구1동 환경시험실	
온도	15.6 °C	10.5 °C
습도	21.6 %	25.3 %

○ 시험 재료

제조사	Plugpower사	제조국	미국
제품명	Gencore 5T48	사용온도	-40 ~ 46°C
사용압력	64~94 psi (0.44~0.64 MPa)	출력전력	46 ~ 56 Vdc
캐비닛 압력	150 bar	출구압력	9 ~ 10 bar
사용연료	H ₂	정격출력	5 kW
연료소비량	63.8 slm @ 5kW net	수소입구압력	0.8 MPa
무게	470lbs(213 kg)	구입연도	2007년

○ 사용 연료

사용연료	H ₂ (일반 고압가스)
수소농도	99.5
발 열 량	2,580kcal/m ³
밀 도	67.723kg/l

※ Perry handbook(저위 발열량 기준) 참조

3.2.1.2 실험 장치

○ 실험 장비

부품명	용도(모델,제조사)	사양
질량유량계	가스소비량 측정용 (MFM, Sierra)	○ 사용가스: 수소 ○ 유량: 0~130slm, output 0~5V
전력분석기	DC분석용 (WT-3000, 요코가와)	○ 측정범위 전압 1~3000V pk 전류 0~ 300A pk
전류변환기	전류신호전송 (요코가와, 일본)	○ 측정범위: DC 0~600A/AC 600A pk
압력전송기	가스압력 측정용	○ 측정범위 0~16bar, 출력 4~20mA ○ Operating temp: -40~85℃
온도전송기	가스온도 전송기	○ Output 4~20mA ○ 측정범위: -50~500℃
DAQ	데이터수집장치 (Labview)	○ USB통신 ○ 압력수신: 전류신호: 4개, 전압신호: 1개
DC로더	전기부하 (다우나노텍, 한국)	○ 용량: 6kW(부하조절 가능), 추가 병렬설치 ○ 입력: 전압 4~80V, 전류: 0~150A
수소검지기	수소농도분석 (HIOKI, 일본)	○ 측정범위: 0~5,000ppm
CO/CO2검지기	배기가스성분분석	○ O2: 범위(0~21v%), 정확도(0.1v%) ○ CO: 범위(0~8000ppm), 정확도(±5ppm)
프로그램	자체제작 (Labview Program)	○ 전압, 전류, 전력실시간 표시 및 저장 ○ 유량 및 온도 실시간 표시 및 저장
다점온도계	온도 기록계 (요코가와, 일본)	○ 채널 20개, 측정 최소간격 25ms ○ Thermocouple “k” 사용
접지연속성 측정기	기기 접지상태 확인 (KIKUSUI, 일본)	○ AC 6.1~62A
내전압 시험기	절연저항, 내전압측정 (KIKUSUI, 일본)	○내전압 AC0.05~5kV, DC 0.05~6kV ○절연저항 DC 25~1000V
누설전류 측정기	기기 누설전류 측정 (HIOKI, 일본)	○측정범위 3mA, 30mA, 30A, 60A
유풍발생기	유풍발생	○최대 풍속 11.3 m/s
풍속계	유풍속도 측정	○측정범위 0.1~50m/s

연료전지의 성능평가장치의 구성 목적은 차후 작성된 연료전지 안전기준(안)에 따른 설계단계검사를 수행할 때, 필요한 장비를 선행하여 제작·운영하여 데이터의 정밀도, 정확도를 확인하고 문제점을 파악하여 개선함을 목적으로 하고 있다. 성능평가장치의 여러 가지 개별 계측기가 서로 혼합·연결되어 전체 장비를 구성하고 있으므로 장비와 장비간의 사양, 장비와 출력 및 입력의 범위가 일치해야만 원하는 성능을 구현할 수 있다.

성능평가장치를 구축하기 위해 먼저 확인해야하는 사항은 다음과 같다.

- 1) 시험대상 연료전지의 입출력 사양 및 정상운전을 위한 설비
(예: 사용연료, 사용압력, 유량범위, 출력전력 품질, 부하 등)
- 2) 시험대상에 맞는 계측기 선택
(예: 유량계, 압력계, 온도계 등)
- 3) 계측기의 데이터를 변환할 수 있는 데이터수집장치 선택
- 4) 수집된 데이터를 통신을 통해 컴퓨터를 통해 표시할 수 있는 프로그램 선택

본 연구에서는 상기 사항을 위의 실험장비와 [그림 3-7] 형태의 시료사양을 확인하여 [그림 3-8] 과 같이 수소사용 연료전지의 성능평가장치를 구성하였다.

수소사용 연료전지의 성능평가장치를 구성하기위해 먼저 연료전지의 특성을 살펴보았다.

첫째, 전력계통 측면에서 계통연계형이 아닌 독립형이며 출력 전력의 형태도 DC로 출력되는 특성을 가지고 있다. 또한 수소사용 연료전지는 출력전압이 낮은 반면 출력 전류는 큰 형태의 전력이 생산된다. 시험대상인 PlugPower사의 5kW급 연료전지의 경우, 출력전압이 48V 정도로 낮은 반면 출력전류는 최대 100A로 상당히 높은 수준이다.

둘째, 연료전지에 사용되는 가스압력은 저압으로 공급되어 연료승압 블로워에 의해 승압되어지나, 수소사용 연료전지는 고압의 수소를 감압하여 사용하는 방식이다. 이번에 실험대상 연료전지의 경우, 수소 저장설비에서 연료전지 본체로 공급되는 수소가스의 공급압력이 0.9 ~ 1MPa 로 고압가스에 해당된다.

셋째, 수소사용방식 연료전지는 운전 중 반응한 물이 지속적으로 발생되어 외부로 배출된다.

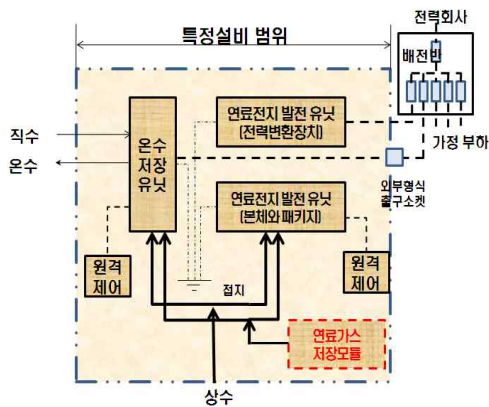
위 세가지 특성을 성능평가장치에 아래와 같이 반영하였다.

- 1) 가스소비량을 측정하기 위한 유량계를 수소용 질량유량계를 선택하였다. 그러나, 국내외 기준에서 확인된 소비량 계산식은 막식유량계를 요구하고 있어 안전기준 초안에는 압력과 온도의 보정이 필요한 막식유량계를 사용하는 것으로 작성하였다.
- 2) 연료전지에서 발생하는 높은 전류를 직접 측정하기위한 전력분석기의 높은 가격 때문에 공사에서 보유하고 있는 WT-3000을 이용하고, 높은 전류를 계측하기위해 전력분석기에 신호를 보낼 수 있는 전류변환기를 제작하여 사용하였다.
- 3) 연료전지의 효율은 가스소비량과 발전출력을 같은 시간에 측정하여 효율 식에 반영하여야 하기 때문에 Labview사의 DAQ와 자체 제작한 프로그램을 활용하여 연료전지 성능평가장치를 완성하였다. 채택한 질량유량계가 압력과 온도를 보정한 신호를 발생하기 때문에 압력과 온도의 신호를 DAQ를 통해 수신할 수 있도록 프로그램을 제작하였으나, 효율 식에는 반영하지 않았다.

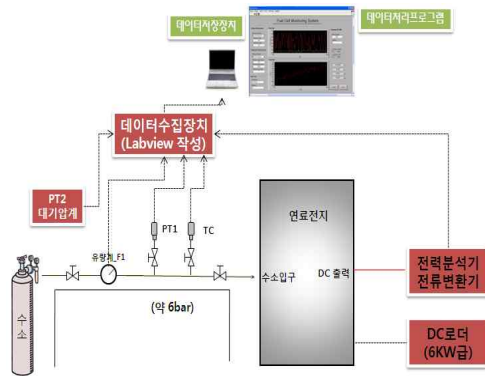
검사에 적용할 수 있는 높은 신뢰도를 가진 연료전지 성능평가장비를 구축하기위해서는 1 ~ 1.2 MPa 정도의 고압을 감당할 수 있는 막식유량계를 확보하여 유량계에서 압력과 온도의 신호를 동시에 확인할 수 있어야 한다. 또한 제조사별로 수소사용 연료전지에 공급하는 수

소의 압력이 다르고, 출력의 크기에 따라 수소의 유량이 다양하므로 유량계를 3분류 이상으로 나누어 출력별로 구분 설치해야 한다.

연료전지의 정격출력 발생을 위한 부하는 6kW 급으로 구매하여 활용하였다. 안전기준 적용범위가 가스소비량 252kW 이내로 지정하여, 전기출력은 최대 100kW 까지 안전기준에 따른 검사를 수행할 것으로 판단되어 병렬로 설치가 가능한 제품으로 선정하였다. 부하는 DC전력을 운영하기 위한 단순한 저항만 있는 제품을 선정해야 한다.



[그림 3-7] 수소사용 연료전지 구성



[그림 3-8] 수소사용 연료전지 성능평가장치 구성



연료전지



질량유량계



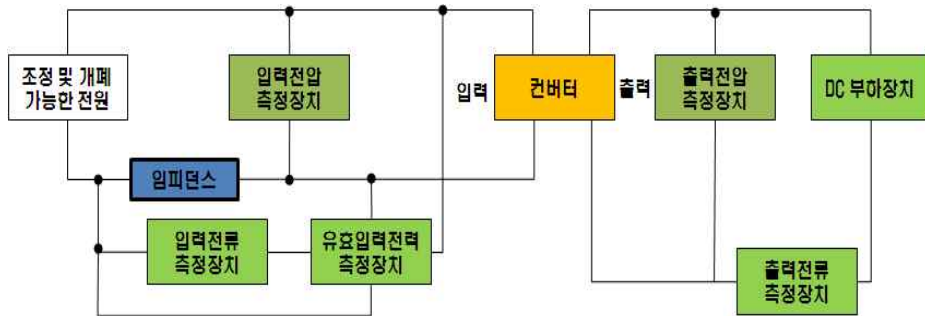
DC로더



데이터수집장치

[그림 3-9] 실험 사용 장비 및 재료 사진

DC-DC 컨버터의 성능을 평가하기 위한 전력품질 성능평가장치는 [그림 3-10]과 같이 구성할 수 있다. 필요한 설비는 『수소·연료전지 안전성 연구』 연구과제를 통해 구축한 “분산전원성능평가장치”의 임피던스, 전력분석기, 신호발생기, DC 모의전원은 사용이 가능하지만 DC부하는 동시에 사용이 불가능하고, 신호발생기와 전력분석기와의 연결과 제어를 추가로 설치해야하는 문제가 있어 비용문제가 겹쳐 구축하지 못하였다. 추후, 국가연구과제의 수탁을 통해 DC-DC 컨버터 성능평가를 위한 장비를 구축할 예정이다.



[그림 3-10] 연료전지 DC-DC 컨버터 성능평가장치 구성도

이외에 수소사용방식 연료전지의 전기보호성능인 절연내력, 절연성능, 접지연속성, 내전압, 누설전류 성능을 평가하기 위한 장비는 확보된 내전압시험기, 누설전류측정기, 접지연속성시험기를 통해 시험이 가능하다.

3.2.2 안전성 성능 평가

3.2.2.1 안전성 성능 평가 항목

수소사용 연료전지의 사용자 및 기기의 안전성을 확인하기 위해 연료전지의 안전성 평가 기준으로 KGS AB934:2008 『가스용 연료전

지 제조의 시설·기술·검사 기준』을 선택하였으며, 위 기준에 따른 시험항목 종류 별로 안전성평가를 실시하였다.

시험방법은 아래의 기준에 따라 실시하였다.

- 1) KGS AB934 :2008 가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준
- 2) KGS A410-2009 연료전지 전력변환장치 성능인증기준
- 3) NR GE 001:2009 신재생에너지 설비심사 세부기준
- 4) RS C 0099:2006 DC-DC 컨버터

이 기준에서 정한 시험 중 보일러, 개질기와 관련된 시험은 제외하였다.

[표 3-4] 수소사용 연료전지 안전성 평가 항목

분야		평가항목	
시스템	성능	효율	발전효율, 전기출력, 가스소비량, 열효율
	성능	제어	안전장치성능 - 연료가스 누출 - 발전유닛 환기장치 고장
	안전	가스	기밀, 살수, 점화, 온도상승, 유풍
		전기	절연내력, 내전압, 누설전류, 접지연속성
	환경		내주위환경시험, 전자과적합성시험, 온습도시험
부품	전력변환장치	보호기능, 정상특성, 과도응답특성, 외부사고	
	연료공급밸브	내구성시험	
	배터리	인증제품 사용으로 제외	

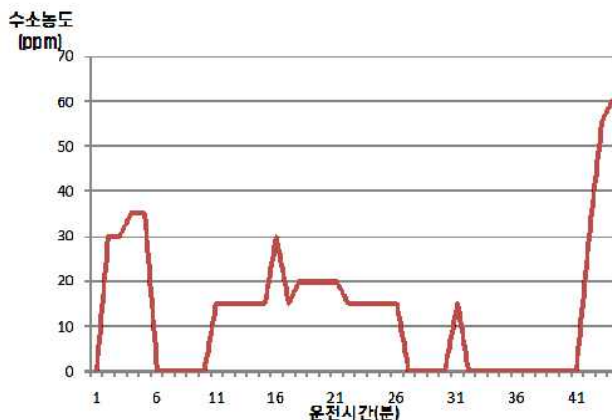
3.2.2.2 배기가스 분석

3.2.2.2.1 수소농도분석

1) 정상운전의 경우 수소농도

연료전지의 운전상태에서 배기가스에 포함되는 수소농도를 분석하였다. 수소농도 분석을 위한 운전조건은 정상운전(부하추종운전)과 기동실패 후 배기가스 수소농도를 분석하였다. 정격출력운전과 비교하여 부하 변동에 따른 연료전지의 출력 추종운전의 경우가 보다 악조건으로 판단되어 부하추종운전시 배기가스 중 수소농도를 측정하였다. 전기출력을 최초 부무하에서 5분 간격으로 전기출력 10%씩 정격 출력의 70%까지 증가시켜면서 배기가스 내의 수소농도를 확인하였다. 최대출력 5kW 까지 상승시켜 시험하여야 하나, 시험과정에서 셀 1~13번까지 손상되는 현상이 나타나 중도에 중지하였다.

측정결과, [그림 3-11]와 같이 배기가스 중 수소 농도의 최대치는 기동초기와 정지시 발생한 60ppm 수준으로 정상운전 중에 배기가스에 혼합되어 외부로 방출된 수소가스가 폭발범위 하한치(4v%) 이하로 유지됨을 확인할 수 있다. 이 실험결과는 시험조건과 시료를 변경할 경우 달라질 수 있다.

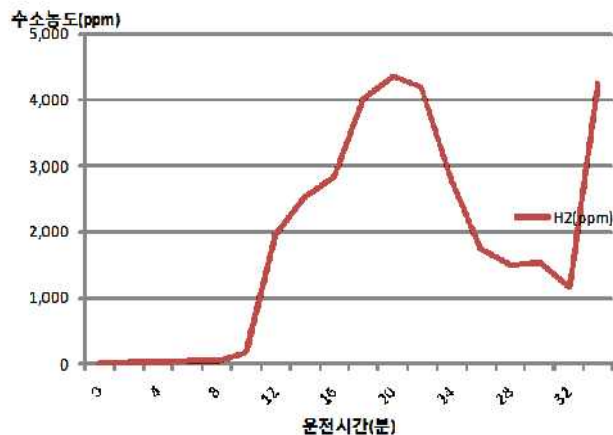


[그림 3-11] 연료전지 정상운전시 배기가스내 수소농도

2) 기동실패의 경우 수소농도

연료전지의 경우, 가스용품으로 지정된 연료전지와 달리 내부에 연소장치가 없기 때문에 연료전지의 기동이 실패한 경우, 내부의 고순도의 수소가스가 외부로 방출될 것을 판단되어 연료전지의 기동이 실패할 경우 배기가스 중 수소의 농도를 분석하였다. 연료전지의 기동이 "Stack Voltage Differential Exceeds"에 따라 실패한 경우, 기동에서 정지후까지의 수소농도를 측정하였다.

실험 결과, [그림 3-12]과 같이 연료전지는 기동이 실패한 10초 이후부터 다량의 수소가 포함된 배기가스를 외부로 방출하였고, 실험을 시작한지 20분 후 수소 공급밸브를 Close하였음에도 이후 20분 동안 수소농도가 500 ~ 5,000ppm인 배기가스가 배출되었다. 경우에 따라서, 측정기의 수소농도 측정가능 범위인 5,000ppm을 초과한 경우도 있었다. 따라서, 수소사용 연료전지의 경우, 기동을 위해 공급받은 수소를 화학반응을 통해 물로 변환시키지 못할 경우, 제어특성에 따라 기동, 정지 중 연료전지가 외부로 방출하는 배기가스내 수소농도가 폭발범위내에 포함될 수 있어 가스 사고 발생이 우려된다.



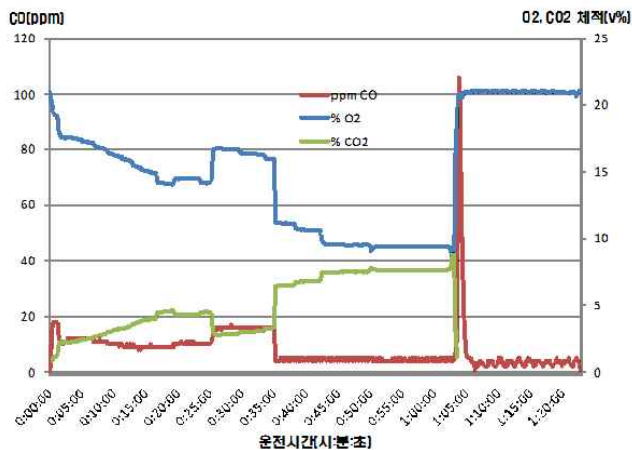
[그림 3-12] 연료전지 기동실패시 배기가스내 수소농도

3.2.2.2.2 CO 농도분석

1) 정상운전의 경우

연료전지의 성분분석을 위해 정상운전과 기동을 실패하였을 경우에 대하여 각각 배기가스 성분을 분석하였다. 배기가스 성분분석을 위한 운전조건은 정상운전(부하추종운전)과 기동실패 후 배기가스 성분을 분석하였다. 정격출력운전과 비교하여 부하 변동에 따른 연료전지의 출력 추종운전의 경우가 보다 악조건으로 판단되어 부하추종운전시 배기가스 성분을 측정하였다. 전기출력을 최초 부무하에서 5분 간격으로 전기출력 10%씩 정격 출력의 70%까지 증가시켜면서 배기가스 성분을 확인하였다.

KGS AB934:2008 가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준에 따른 판정기준을 적용할 경우, [그림3-13]에 나타난 바와 같이 최대 방출 CO농도는 106ppm, O2 v%는 7.6v%로 측정되어 CO 및 O2 농도를 측정된 경우의 산식을 적용하여 계산할 때 CO 농도는 0.002%로 계산됨으로 정상운전시 CO 제한치인 0.1v%를 하회함으로 기준에 적합한 것으로 판단된다. 다만, 시료를 교체하여 운전하거나 출력을 상향할 경우, 값이 달라질 수 있다.

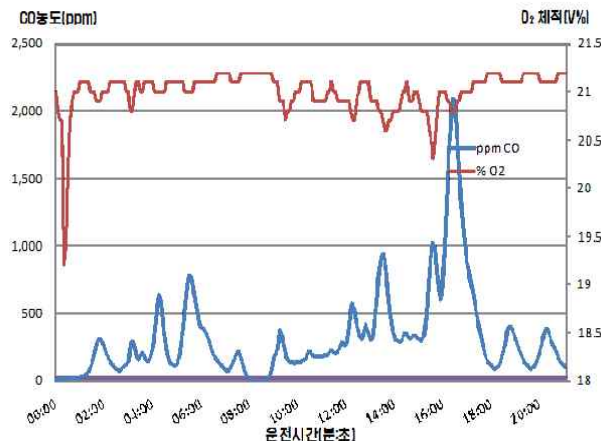


[그림 3-13] 정상운전 배기가스 성분분석 결과

2) 비정상운전의 경우

연료전지가 기동을 실패할 경우, 배기가스를 통해 배출되는 CO농도를 분석하여 보았다. 기동실패 원인은 3.2.2.2.1 과 같다.

KGS AB934:2008 가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준에 따른 판정기준을 적용할 경우, [그림3-14]에 나타난 바와 같이 최대 방출 수소농도는 2,088ppm으로 CO 및 O₂ 농도를 측정할 경우의 산식을 적용하여 계산할 때, CO 농도는 0.36%로 계산됨으로 기준에 부적합한 것으로 판단된다. 다만, 측정된 수소농도가 기동에서 정지까지 연속측정과정에서 측정된 값의 최대값으로 실제 검사에서는 결과가 달라질 수 있으나, 연료전지를 실내에 두고 사용할 경우, 안전에 문제가 있음을 보여주고 있다. 따라서, 연소기가 없는 연료전지이지만 연소가스내 CO농도를 제한하는 기준을 존속시키는 것이 타당할 것을 판단된다. 위와 같이 CO의 농도가 특정 시간에 집중되는 원인은 연료가스 내의 CO가 포함되어 있으며, 연료전지 내부의 수소재활용 블로워에 의해 CO의 집중현상이 발생하는 것으로 판단된다.



[그림 3-14] 연료전지 기동실패시 배기가스 성분분석

3.2.2.3 가스소비량

가스소비량을 측정하기 위한 연료전지와 보일러의 측정방식을 보면, 정격출력이 안정된 상태에서 아래의 계산식과 같이 질량 또는 부피를 측정하여 단위 질량 또는 부피당 열량을 계산하도록 되어 있다.

- 부피 가스량 V 를 측정하였다면,

$$Q_c = H_i \cdot \frac{10^3}{3600} \cdot V \cdot \sqrt{\frac{101.32 + p_g}{101.32} \cdot \frac{p_a + p_g}{101.32} \cdot \frac{288.15}{273.15 + t_g} \cdot \frac{d}{d_r}}$$

그러므로:

$$Q_c = \frac{H_i \cdot V}{214.9} \cdot \sqrt{\frac{(101.32 + p_g) \cdot (p_a + p_g)}{(273.15 + t_g)} \cdot \frac{d}{d_r}}$$

- 질량 가스량 M 을 측정하였다면,

$$Q_c = H_i \cdot \frac{10^3}{3600} \cdot M \cdot \sqrt{\frac{101.32 + p_g}{p_a + p_g} \cdot \frac{273.15 + t_g}{288.15} \cdot \frac{d_r}{d}}$$

그러므로:

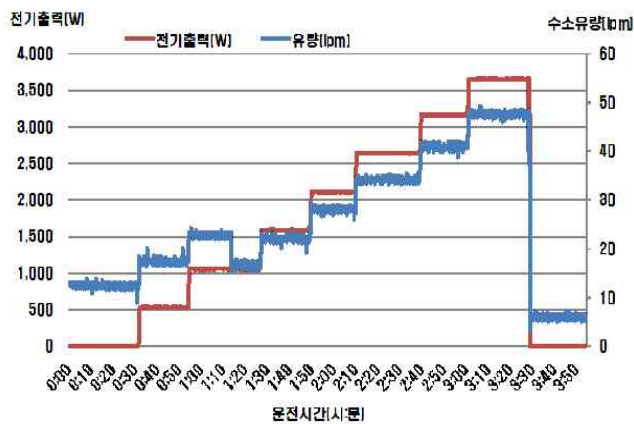
$$Q_c = \frac{H_i \cdot M}{61.1} \cdot \sqrt{\frac{(101.32 + p_g) \cdot (273.15 + t_g)}{(p_a + p_g)} \cdot \frac{d_r}{d}}$$

여기에서,

- Q_c : 진발열량으로 (15 °C, 101.3 kPa(1 atm), 건조가스) 보정된 가스 소비량, kW;
- V : 습도, 온도 및 압력 조건하에서 가스미터를 통해 측정되는 부피 가스량, m³/h;
- M : 측정된 가스의 질량, kg/h;
- H_i : 15 °C, 101.3 kPa(1 atm), 건조 기준가스의 진발열량 MJ/m³, MJ/kg;
- t_g : 가스 미터의 가스 온도, °C;
- d : 시험 가스의 밀도;
- d_r : 기준 가스의 밀도;
- p_g : 가스 미터에서의 가스 압력, kPa;
- p_a : 시험을 실시하였을 때의 대기압, kPa;

부피가스량과 질량가스량을 측정하는 방식 중 현재 공사에서 사용하는 막식유량계를 이용한 부피가스량 측정방식의 경우가 대부분이며 이 경우는 저압 또는 준저압의 경우 적용이 가능하다. 그러나, 수소사용 연료전지의 경우 공급압력이 1MPa 정도의 고압이기 때문에 막식유량계에 비하여 사용압력의 폭이 넓은 질량유량계를 활용하였다.

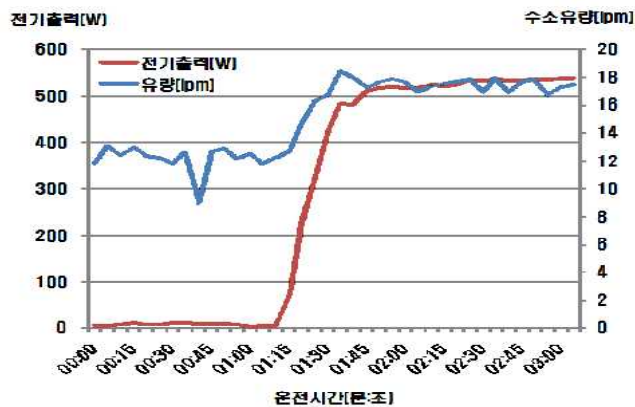
본 연구에서는 수소사용 연료전지의 가스소비량을 측정과 전기출력에 따른 가스소비량의 추종 속도를 확인하기 위해서 전기출력을 500W 단위의 스텝함수 형태로 증가시키면서 가스소비량을 측정하였다. [그림 3-15]과 같이 전기출력 3,700W에서 수소 소비량이 최대 49.24 lpm 임을 확인하였다. 발열량은 3.2.1.1의 발열량 기준에 따라 7,622.97 kcal/h 이다. 가스소비량은 저출력 상태를 제외한 1.5 kW 이상에서는 전기출력과 비례하여 증가하고 있으며, 이하에서는 수소재활용 블로워(EGR Blower)와 초기 스택 반응온도 때문에 수소의 이용율이 낮아 투입되는 연료의 양에 비하여 전기출력이 낮은 것으로 판단된다.[그림 3-15]와 [그림 3-16]에서 확인 할 수 있듯이 수소사용 연료전지는 전기출력의 증가와 동시에 가스소비량이 증가함을 볼 수 있다



[그림3-15] 전기출력 대비 가스소비량

정격출력에 도달하는 시간과 도달후 안정화 되는 시간도 연료가스 사용 연료전지에 비하여 짧은 것을 알 수 있다. 따라서, 가스용 연료 전지에서 가스소비량 또는 효율을 측정하기위해 정격출력까지 연료 전지의 출력을 상승시켜 안정화시키는 시간을 정격발전에 도달한 후 30분으로 규정하였으나, 수소사용 연료전지의 경우, 반응속도가 매우 빠른 편임을 감안할 때 정격발전 도달 후 효율을 측정하기위한 시간을 축소하여 시험하는 것이 타당할 것을 판단된다. 연료가스 사용 연료전지의 경우, 기동시간이 30분 이상, 정격출력을 안정시키는데 1시간 정도의 시간이 소요되나, 저장수소 연료전지의 경우, 10분 이내 안정되는 것을 확인할 수 있으므로 연료전지 안전기준(안)에서는 정격출력 도달 후 10분 정도에서 가스소비량과 효율을 측정하여도 효율에 큰 차이가 없을 것으로 판단하여 반영하였다.

가스소비량 측정과정에서 신호 전달과정의 잡신호등으로 인해 가스 소비량의 측정값이 안정되지 않는 현상이 발생되어 추후 검사장비로 연료전지 성능평가장치를 구축할 경우, 연료소비량 측정을 위한 별도의 Data Filter 기능을 프로그램 또는 측정 장치에 포함해야 할 것으로 판단된다.



[그림 3-16] 정격출력 도달시간

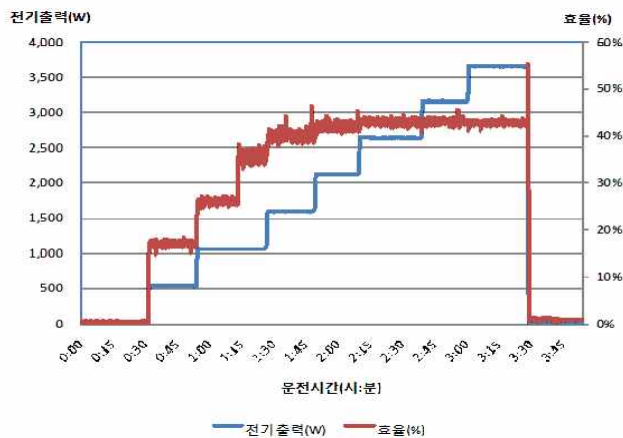
3.2.2.4 발전효율

수소사용 연료전지의 발전효율은 아래의 식에 따라 가스소비량 대비 송전 전력량의 크기를 비교하여 측정하였다.

$$\eta E = \frac{W_{out} - W_{in}}{I} \times 100$$

- 여기서, ηE : 발전 효율(%)
 W_{out} : 송전 전력량(kWh)
 W_{in} : 수전 전력량(kWh)
 I : 적산 연료 소비량(kWh)

[그림 3-17]는 연료전지에 대한 발전효율을 측정한 그림이다. 실험 방법은 가스소비량 측정과 같은 방법과 같으며 그림에서 보는 바와 같이 전기출력이 스텝함수로 높아질수록 발전효율도 높아지며 약 2,700W에서 효율이 최고효율에 도달하는 것을 볼 수 있다. 시료의 정격 출력인 5kW 까지 증가시키면서 효율을 단계별로 측정하여 특성을 확인해야만 하나, 시료의 노후화로 그렇게 하지 못하였다. 또한 안전 기준(안)에 따라 발전효율의 제조사 제시값과 비교하고자 하였으나, 시험 연료전지의 경우, 발전효율이 표시되어 있지 않아 비교할 수 없었다.

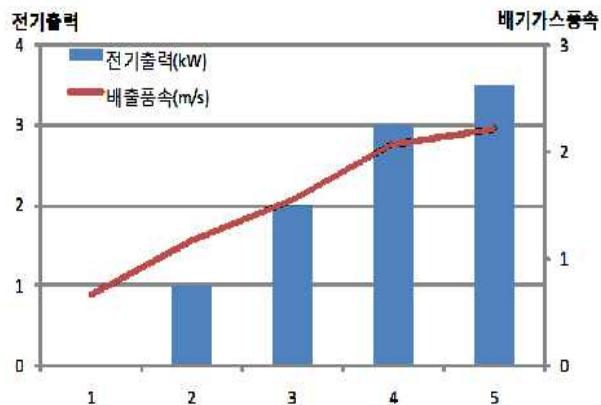


[그림 3-17] 연료전지 전기출력별 발전효율

3.2.2.5 유풀시험

수소사용 연료전지는 연료가스 사용 연료전지와 같이 화염을 이용한 연소기능은 없으나, 스택 반응을 위한 수소와 공기의 공급을 위해 블로워가 설치되어 있어 보일러와 배기팬의 위치가 다르나 배기가스 출구 쪽의 배기가스 풍속은 강제급배기식의 보일러와 유사한 수준이다. 다만, 보일러는 풍압을 측정하여 배기팬이 동작하는 데 반해 수소사용 연료전지는 풍압과 관계없이 스택의 최적 반응에 필요한 수소와 공기를 공급하기 위한 수준의 압력을 항상 유지 한다. [그림 3-8]과 같이 전기출력이 상승할수록 배기가스 풍속은 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서, 수소사용 연료전지의 경우 흡배기가 스택을 중심으로 강제로 공급 및 배출되기 때문에 설치와 관련한 급배기 방식 결정에서 강제급배기방식으로 결정하여도 무방하다.

수소사용 연료전지의 유풀상태의 운전 특성을 확인하기 위해 유풀시험을 실시하였다. 시료로 사용된 수소사용 연료전지의 형태가 옥외식으로 구분됨을 감안하여 연료전지 안전기준(안)의 옥외식 기준을 적용하여 실험하였다. 다만, 정격전압의 90% 공급상태에서 실험을 실시하여야 하나, 설비의 부족으로 그리하지 못하였다.



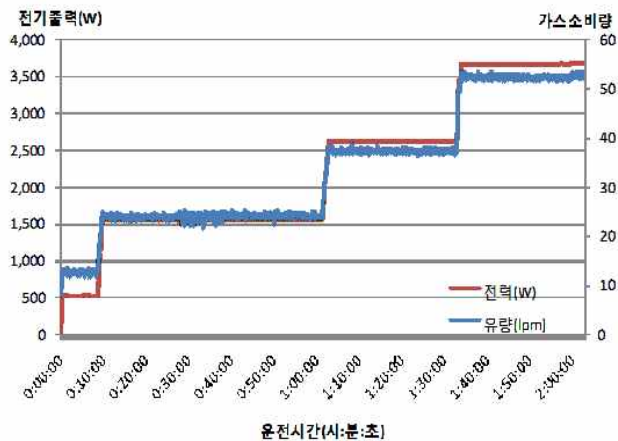
[그림 3-18] 전기출력별 배기가스 배출 풍속

[표 3-5] 유풍시험 시험 조건

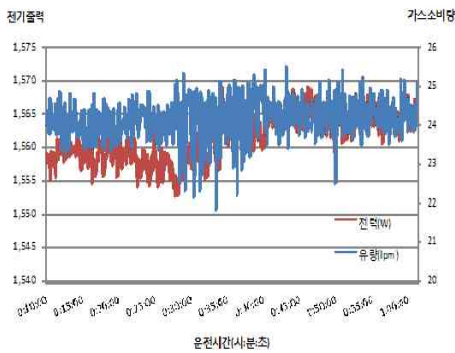
시험종류	안전기준(안)	시험조건
공급전압	○정격전압의 90%	○정격전압의 100%
유풍성능	<옥외식> ○유풍속도: 5m/s ○유풍각도: 0°, 45° ○시험시간: 기동시 <강제배기식> ○유풍속도: 2.5m/s, 15m/s ○유풍각도: 0°, 45° ○시험시간: 기동시 및 운전시	○ 유풍속도: 10.9m/s ○ 유풍각도: 0° ○ 시험시간: 기동후 2시간

정격전압의 90%이하로 될 경우, 최초 기동시 필요한 기동전력을 충족시키지 못하여 기동되지 않는 특성을 가지고 있다.

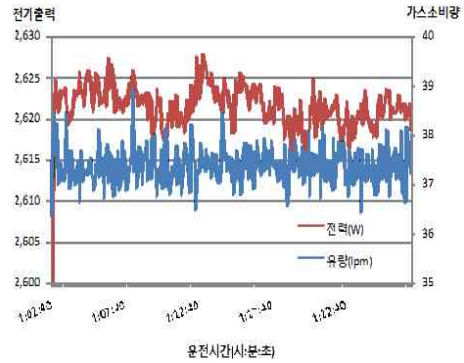
[그림3-19]에서 나타난 바와 같이 10.9m/s의 유풍상태에서 점화가 실패하거나 운전이 중단되는 현상은 나타나지 않았다. 다만 운전상태는 [그림 3-20]과 [그림 3-21]에서 나타난바와 같이 저출력에서 유풍의 영향을 다소 받는 것을 볼 수 있으나, 운전이 정지하는 현상은 발생하지 않았다.



[그림 3-19] 유풍상태에서 전기출력 현황



[그림 3-20] 유풍상태 저출력특성



[그림 3-21] 유풍상태 고출력 특성

3.2.2.6 전기안전성 시험

연료전지 안전기준(안)의 전기안전성 시험기준은 IEC-60335기준에 따라 정해진 『가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준』의 전기안전성 시험기준에 따라 실시하였다. 실시항목은 절연저항, 절연내력, 접지연속성시험에 대해 실시하였다. 시험장비는 [표 3-6]에 표기한 장비를 사용하였다. 시험결과는 [표 3-7]와 같다.

절연저항성능 시험결과를 살펴보면, 시료로 사용된 수소사용 연료전지의 외함이 철제로 되어 있어 절연저항을 유지하기위해서 표면 도장과 연결부의 절연이 중요함에도 시험결과를 확인해보면, 도장이 잘 되어 있는 외함 전면부를 제외하고 다른 부분들은 2MΩ 정도로 절연이 충분하지 않을 것으로 나타나 있다. 따라서, 제조과정에서 사람의 손이 닿을 수 있는 Accessible Part의 절연을 더욱 보완할 필요가 있다.

[표 3-6] 전기안전성 시험 장비

장비명	기능	모델(제조국)	사양
절연저항 시험기	절연저항 내전압	TOS-9210 (KIKUSUI,일본)	○ 출력전압: 0.04 ~ 5.0 KV ○ 정격전류: 100mA
접지연속성 시험기	접지성능	TOS-6210 (KIKUSUI,일본)	○ 전류설정범위: AC 6~62A ○ 정격전압: 220VAC

절연내력시험의 경우, 절연저항 시험부위와 동일한 부위에서 시험을 실시한 결과, 절연저항이 2MΩ 수준인 부분에서는 모두 부적합 판정되었다. 앞서서도 언급한 바와 같이 연료전지의 스택은 전압은 낮은 반면 전류가 일반 가정용 전류보다 커서 동일 전압에서도 감전에 따른 인명손상이 예상됨으로 법정 안전관리가 필요한 것으로 판단된다.

접지연속성시험결과를 살펴보면 역시 부적합으로 시료로 사용된 수소사용 연료전지의 전기안전성 성능은 국내 기준을 만족시키지 못하는 것을 확인되었다.

[표 3-7] 전기안전성 시험 결과

시험항목	판정기준	시험결과
절연저항시험 (300V 인가)	500V에서 저항값 1MΩ 이상	○ 충전부-외함(전면부) : 무한대(적합)
		○ 충전부-연료공급배관 : 2MΩ(적합)
		○ 충전부-외함(배기구) : 2MΩ(적합)
		○ 충전부-외함(흡입구) : 2MΩ(적합)
절연내력	1,500Vrms에서 절연내력에 견딜 것	○ 충전부-외함(전면부) : 적합
		○ 충전부-연료공급배관 : 부적합
		○ 충전부-외함(배기구) : 부적합
		○ 충전부-외함(흡입구) : 부적합
접지연속성시험	25A 전류 인가시 저항값 0.1Ω 이하	○ 0.027Ω(부적합)

3.3 국내외 연료전지 기준 비교

3.3.1 국내 연료전지 기준

국내 연료전지에 대한 안전기준 현황은 [표3-8]와 같다. 적용범위는 에너지관리공단에서 정한 『신재생에너지설비 심사 세부기준-고분자 연료전지시스템』 기준이 공사의 KGS 코드 적용범위에 수소사용 연료전지를 추가로 적용범위에 포함하여 운영하고 있다.

국내 연료전지 안전 및 성능기준을 [표 3-9]에서 비교하여보았다. 시험항목은 거의 유사하지만, 기준의 목적이 안전과 성능으로 갈라지는 지기 때문에, 기준마다 시험 방법 및 합격기준은 차이가 있다. 우리공사가 기준으로 정한 KGS AB934 가 연료전지의 안전을 중심으로 한 기준인 반면, 에너지관리공단의 NR FC 101는 연료전지의 성능을 중심으로 만들어진 기준이다. KGS AB934는 공사에서 연료전지 검사 기준으로 활용하고 있고, NR FC 101는 에너지관리공단에서 성능검사기관으로 지정한 에너지기술연구원에서 연료전지 성능인증에 사용하고 있다. 또한 이번에 만들어진 수소사용 연료전지의 안전기준과 신재생에너지 설비심사 세부기준을 비교하여 보면, 수소사용 연료전지 안전기준에는 개질기와 보일러 부분에 대한 성능 및 안전에 관한 부분이 없고, 대신 DC-DC컨버터에 대한 안전기준을 계통과 분리된 독립형과 계통과 연계하여 계통의 전력품질을 추종하는 연계형으로 구분되어 포함되어졌다.

[표 3-8] 국내 연료전지 안전기준 현황

기관명	기준번호	기준명
우리 공사	KGS AB934:2008	가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준
	KGS A410-2009	연료전지 전력변환장치 성능인증기준(안)
에너지관리공단	NR FC 101: 2008	신재생에너지 설비심사세부기준-고분자연료전지시스템

[표 3-9]에서와 같이 신재생에너지 설비기준은 연료전지시스템의 구조 및 치수, 재료, 장치에 대한 구체적인 요건은 없으며, 전기성능에 대한 부분도 빠져있다.

[표 3-9] KGS 코드와 신재생에너지설비기준 비교

시 험 항 목		KGS	설비
○ 구조 및 치수		○	×
○ 재료		○	×
○ 장치		○	×
○ 기동 특성 시험		×	○
○ 정지 특성 시험		×	○
○ 발전 효율 시험		○	○
○ 배열 회수 효율 시험		○	○
○ 부하 변동 특성 시험		×	○
○ 불활성 가스 소비량 시험		×	○
○ 배출가스 측정 시험		○	○
○ 소음 측정 시험		○	○
○ 내풍 시험		○	○
○ 살수 시험		○	○
○ 염수 분무 시험		○	○
○ 온도 상승 시험		○	○
○ 구조시험		○	○
○ 직류지락, 안전장치시험 등		○	×
○ 접지연속성시험		○	×
○ 절연 성능시험	(A) 절연 저항 시험	○	○
	(B) 절연 내력 시험	○	○
	(C) 서지 내력 시험	○	○
	(D) 번개 임펄스 시험	○	○
	(E) 감전 보호 시험	○	○
	(F) 절연 거리 시험	○	○
○ 보호 기능시험	(A) 출력 과전압 및 부족 전압 보호기능 시험	○	○
	(B) 주파수 상승 및 저하 보호기능 시험	○	○
	(C) 단독 운전 방지기능 시험	○	○
	(D) 복전 후 일정시간 투입방지 기능 시험	○	○
	(E) 과온도상승 보호기능시험 등 3가지	○	×

시 험 항 목		KGS	설비
○ 정상특성 시험	(A) 교류출력 역률 시험	○	○
	(B) 교류출력 전류 변형률 시험	○	○
	(C) 누설 전류시험	○	○
	(D) 대기 손실 시험	○	○
	(E) 직류 입력 전류 리플 시험	○	○
	(F) 자동기동 · 정지시험	×	○
	(G) 출력전류 직류분 검출 시험	○	○
	(H) 직류리플시험	○	×
○ 과도응답 특성시험	(A) 계통전압 급변 시험	○	○
	(B) 계통전압 위상 급변 시험	○	○
	(C) 부하불평형 시험	○	×
○ 내전기 환경시험	(A) 계통전압 왜형을 내량 시험	○	○
	(B) 계통전압 불평형 시험	○	○
	(C) 부하불평형 시험	○	○
○ 전기부품 내구성 시험		×	○
○ 외부사고 시험	(A) 출력측 단락 시험	○	○
	(B) 계통전압 순간정전 · 강하 시험	○	○
	(C) 부하차단 시험	○	○
○ 연료 차단 시험		○	○
○ 가스 누설 시험(기밀시험)		○	○
○ 전자파 적합성 시험		○	×

3.3.2 국외 연료전지 기준

현재 발표된 국외 연료전지 기준을 크게 분류하면 [표 3-10]와 같다. 국제전기표준회의에서 정한 IEC기준, 유럽과 미국기준, 일본기준으로 분류되어 진다. 이번 연구에서는 유럽(BS-EN-50465)기준과 일본기준(JIS, JIA) 기준을 중심으로 비교·검토하였다. IEC기준과 EN규격은 연료전지의 성능부분에서 전력변환장치에 대한 기준을 제외한

나머지 부분으로 기준을 구성하였으며, 전력변환장치와 전기안전성 부분에 대한 기준을 별도 기준으로 운영하고 있다. 이외에 본 연구의 시료로 사용된 Plugpower사의 자체 검사기준을 확인하여 비교 검토하였다.

[표 3-10] 국외 연료전지 기준 현황

국가명	기준번호	기준명
국제 규격	IEC 62282-3-1	Stationary Fuel Cell Systems-Safety
	IEC 62282-3	Fuel Cell Technologies-Fuel Cell
	IEC 62282-3-2	Test Method for the Performance of Stationary Fuel Cell Power Plants
유럽	BS-EN-50465	Gas appliances-Fuel cell gas heating appliance-Fuel cell gas heating appliance of nonminal heat input inferior or equal to 70kW
미국	NFPA 110	Standard for standby Power Systems
	ANSI/CSA FC1	Fuel Cell Power Systems
	GR-487-CORE	Generic Requirements for Electronic Equipment
일본	JIS C 8821: 2008	General rules for small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8822: 2008	General Safety Code for small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8823: 2008	Testing methods for small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8824: 2008	Testing methods for environment of small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8825: 2008	Testing and measurement techniques of small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIS C 8826: 2008	Testing methods of power conditioner for grid interconnected small polymer electrolyte fuel cell power systems
	JIA F 035-09	고분자형 고체산화물형 연료전지 검사규정

3.3.2.1 유럽의 연료전지 기준

검토된 유럽의 연료전지 기준은 BSI 영국기준으로 『가스기기-연료전지형 가스난방기기-70kW 이하의 정격 입력량의 연료전지형 가스난방기기』로 2008년 5월 1일 CEN/CLC/JWG “연료전지형 가스기기” 위원회에 의해 제정되었다.

[표 3-10]에서 나타난 바와 같이

- 1) 적용범위는 가스입력 70kW 이하, 최대 전기출력 11kW 이하, 온수 압력은 최대 6bar, 연료는 EN 437을 준수하는 가스
- 2) 인용규격에는 시스템 성능, 제어, 화재예방, 사용재료, 배기가스 관(재료, 분류, 요구조건), 전기안전, 연결방식 등에 대한 개별 기준이 포함되어있다.
- 3) 정의에는 해당 기준을 이해하기위한 용어의 정의가 되어 있다. KGS Code와 비교하면, 가스기술기준에 포함되어 있는 연료가스의 종류 및 성분, 단위, 열량 등이 정의에 포함되어 있으며, 기준의 사용 용어의 구체적 표현을 명기하여 기준 해석을 용이하게 만들었다.
- 4) 분류에는 시험에 사용 가스의 종류, 연소에 따른 배기방식의 분류, 설치 유형, 팬의 유무, 사용 용수압을 분류하였으며, 시험방법에 대한 표기에서 분류에 따른 각각의 시험방법을 정의하였다.
- 5) 구조 요구 조건에는 연료전지 제조에 따른 연결방식, 가스회로의 기밀성, 급기 및 배기에 따른 배관(제어 포함), 팬에 대한 요구사항을 규정하였다. 내용은 6)에서 12)까지를 포함한다.
- 6) 재료 및 두께에는 연료전지에 사용 가능한 배관재료(화학적분, 강도, 연실율 등), 단열재료, 보호장치, 스프링, 응축수 접촉재료와 관련 Code를 규정하였다.
- 7) 가스회로에는
 - 가스의 역류방지, 비의도적 고압력 제거, 비의도적 유체의 유입 방지, 비의도적 유출방지를 위한 가공법에 대한 기술
 - 가스배관 제어를 위한 장치(차단 목적) 기술
 - 가스배관 설계를 위한 요구조건
- 8) 냉각회로에는
 - 사용재료와 두께 요구조건
- 9) 전기기기에는

- 연료전지의 보호등급
 - 연료전지 IP 등급
 - 연료전지 계통 분리에 따른 안전한 차단기능 명기
- 10) 조정, 제어 및 안전장치 요구는 EN 88, EN 125을 만족 요구
- 11) 조절 장치 및 범위 설정 장치는
- 가스회로의 완전성을 침해하는 조절 및 범위설정 불가
 - 조절장치의 물리적 훼손 예방
 - 조절장치의 밀봉 요구 명기
 - 가스정압기, 점화장치, 화염통제장치, 난방수 회로 규정
- 12) 압력스위치에는 압력제어에 관한 규정 표기
- 13) 작동요구조건에는 가스배관, 연소가스 배출의 안전성 명기
- 14) 입열 및 출열량에는
- 정격출력의 최대 오차(5%)
 - 입열량에 따른 점화비율에 대한 규정
- 15) 작동 안전성에는 한계온도에 대해 명기
- 금속 35K, 자기 45K, 플라스틱 60K
- 16) 안전장치의 기동에 대한 명기
- 정격 전압의 85% 이하에서 안전 보장, 안전정지
 - 최대 온도와 전압이 정격전압의 0.85~1.1배의 변동에도 정상 동작 등 명기
- 17) 정격 입열량에 대한 총 효율
- 총 효율은 정격 입열량의 $\geq 80\%$
- 18) 연소
- NO_x 제한 등급
- 19) 재료의 내압 특성
- 20) 연료전지 성능평가를 위한 시험방법 명기
- 효율, 내구성, 유풀, 소화지연, 점화시간, 배기가스
- 21) 표기
- 가 규정되어있다.

[표 3-11] EN 50465:2008 기준의 구성

구성 항목
범위
인용 규격
정의
분류
- 가스 / 항목
- 급기 모드 및 연소 생성물의 제거 방법
- 용수 측 최대 작동 압력
구조 요구 조건
- 일반 구조 (제작 방법)
- 다른 가스로의 전환
- 재료 및 두께
- 가스 회로냉각 회로 / 용수 회로
- 전기 기기
- 조정, 제어 및 안전장치 요구 조건
- 압력 시험 위치
작동 요구 조건
- 일반 요구 조건
- 완전성
- 입열 및 출열량
- 작동 안전성 (온도 / 한계 가스)
- 조정, 제어 및 안전장치의 기동/해제 (해당 경우)
- 정격 입열량에 대한 총 효율
- 작동
- 연소 재료의 내압 특성
- 내수압 특성
시험 방법
- 일반 시험 조건
- 완전성
- 입열 및 출열량
- 작동 안전성
- 기동 / 해제 (해당하는 경우)
- 정격 입열량에 대한 총 효율
- 작동
- 연소
- 재료의 내압 특성
- 내수압 특성
EMC / 전기 요구 조건
표시, 설치 및 작동 설명

3.3.2.2 일본의 연료전지 기준

일본은 일본공업규격을 통해 연료전지에 대한 기준을 발표하였다. [표3-12]은 현재 일본에서 발표된 연료전지 기준에 대한 현황이다. 우리나라의 기준과 비교하면, JIS C 8821에서 JIS C 8825까지의 규정의 모든 내용이 KGS AB934:2008 『가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준』과 KGS A410-2009 『연료전지 전력변환장치 성능인증기준』에 구분하여 규정되어 있다. KGS AB 934가 일본 JIA가 운영하는 기준을 인용하여 기준에 반영한 부분이 많이 현재 연료전지 검사기준과 유사한 부분이 많이 있다.

[표 3-12] 일본 연료전지 기준 현황

코드번호	코드 내용
JIS C 8821: 2008	연료전지의 적용범위, 분류, 운전형태, 검사종류에 따른 시험항목 규정
JIS C 8822: 2008	연료전지의 재료, 구조, 기능, 구성, 표기에 대한 규정
JIS C 8823: 2008	연료전지의 성능 시험 방법 규정
JIS C 8824: 2008	연료전지의 소음, 배기가스, 폐수 성능시험 및 기록표 규정
JIS C 8825: 2008	연료전지 EMC 성능 평가 방법 규정
JIS C 8826: 2008	전력변환장치 성능평가 및 시험 방법 규정
JIA F 035-09	고분자형 고체산화물형 연료전지 검사규정

[표 3-13] KGS Code와 JIS Code 비교

No.	시험항목	KGS	JIS
1	연료소비량시험	○	○
2	기밀시험	○	○
3	점화시험·연소시험	○	○
4	내풍시험	○	○
5	내우시험	○	○
6	온도상승시험	○	○
7	기동시험	○	○
8	전기출력시험	○	○
12	부하추종특성시험	×	○

No.	시험항목	KGS	JIS
9	발전효율시험	○	○
10	폐열회수효율시험	○	○
11	부하변동특성시험	×	○
13	정지시험	×	○
14	안전장치시험	○	○
15	전기관계시험	○	○
16	정전시험	○	○
17	연료차단시험	×	○
18	직류지락시험	○	○
19	낙뢰 내전압시험	○	○
20	누출전류시험	○	○
21	습온도사이클시험	○	○
22	소음시험	○	○
23	폐가스측정시험	○	○
24	폐수측정시험	×	○
25	보호기능시험(계통연계형 Power Conditioner관련)	○	○
26	정상특성시험(계통연계형 Power Conditioner관련)	○	○
27	과도반응특성시험(계통연계형 Power Conditioner관련)	○	○
28	외부사고시험(계통연계형 Power Conditioner관련)	○	○
29	정전기방전 내력 시험	○	○
30	방사무선주파전자계 내력시험	○	○
31	전기적 Fast Transient/Burst Immunity 시험	○	○
32	서지 내성시험	○	○
33	무선주파전자계에 의해 유도된 전도방해에 대한 내성시험	△	○
34	전원주파수자계 내성 시험	△	○
35	방사방해 방출시험	△	○
36	전도방해 방출시험	△	○
37	전원고주파 방출시험	△	○
38	설치상황확인	□	○
39	전기배선확인	□	○
40	접지확인	□	○
41	절연저항확인	□	○
42	배관시공확인	□	○
43	발전운전확인 및 운전상태 육안확인	□	○
44	조작설명	□	○
45	관련서류제출(참고)	□	○

□:연료전지 설치기준 반영, ○:가스용 연료전지 제조의 기준 반영

△: 가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사기준의거 추후 실시

[표 3-13]는 KGS Code와 JIS Code 비교하였다. 부하변동시험과 폐수측정시험을 제외한 나머지 검사항목을 거의 유사함을 확인할 수 있다.

3.3.2.3 PlugPower사 연료전지 기준

제조사 자체검사기준을 살펴보면, 제품의 효율에 대한 성능평가는 없고, 환경에 의한 연료전지의 안정성 위주로 기준이 구성되어 있다. 특히 통신기지국 보조전원으로 제품이 제작되었기 때문에 ANSI FC 기준 보다 미국 통신기준인 Telcordia 기준을 준용하였다.

[표 3-14] PlugPower 자체 검사 시험 방법

연번	성능시험		시험방법
	대분류	소분류	
1	열충격시험 (Thermal shock)		1) 연료전지를 외부에 144시간 노출 후, 2) 연료전지 가동상태에서 챔버내에서 주위온도를 21℃ → 60℃ → -40℃ → 21℃ cycle로 변환 3) 총 시험시간을 16시간으로 정하여 확인 4) 연료전지 부품상태 확인, 이상이 없을 것 <ul style="list-style-type: none"> - Gasket/seal: 외관, 접촉상태, 배치상태 - 문 경첩 작동상태 - 문 잠금 장치 작동상태 - 문 손잡이 작동상태 - 문 배치상태 - 캐비닛 연결부 뒤틀림 상태 - 캐비닛 외관상태 - 통풍창 뒤틀림 상태
2	물, 먼지 침투 시험 (Water and Dust Intrusion)	유풍시험 (Wind Driven Rain) 살수시험 (Rain Intrusion)	1) 열충격시험에서 사용된 같은 캐비닛을 사용 2) 초기조건 <ul style="list-style-type: none"> - 연료전지내 모든 팬은 가동해야하며, 댐퍼는 개방되어야 한다. - 살수량: 15cm/h - 풍속 : 31m/s - 캐비닛 내용적은 외부치수에 따름 3) 기준 <ul style="list-style-type: none"> - 캐비닛안의 물의 최대누적량은 캐비닛 부피의 0.028m³(1ft³) 당 1cm²(1gram of water)을 초과해서는 안된다 - 캐비닛안의 전기부품에는 물과 접촉해서는 안된다.

Plugpower사에서 준용한 시험기준은 다음과 같다.

- 1) ISO/IEC 17025 General Requirements for the Competence of testing and calibration laboratories, 1999
- 2) GR-487-CORE, Generic Requirements for Electronic Equipment, Issue 2, March 2000
- 3) Telcordia Technologies GR-1089-CORE, Issue 3, October 2002

[표3-14]에서 [표3-15]의 시험 기준 목록 중 열충격시험과 물먼지침투시험에 대한 시험방법을 설명하였다. [표3-14]을 살펴보면, 열충격시험과 물먼지침투시험은 한국과 일본기준에서 적용하지 않는 기준으로 명칭은 유사하나 시험방법과 목적은 다른 시험이다.

열충격시험의 경우, 대형 열충격시험용 챔버가 필요하며 시험 온도도 -40°C 에서 60°C 로 상당히 넓다. 열충격시험의 목적은 연료전지 온도의 변화에서 안정적으로 운전이 가능한지를 확인하는 시험으로 열충격시험 후, 제품의 외관, 경첩의 작동상태, 뒤틀림, 부품의 상태등을 확인한다. KGS AB934의 경우 전력변환장치에 대한 열충격시험을 실시하고 시험에 따른 성능유지를 확인하는 시험을 실시한다. KGS AB934에서 실시하고 있는 온도상승시험은 자체 발열에 따른 제품의 영향을 확인하는 시험임에 반해 [표3-14]의 열충격시험은 외부에서 열을 가한 후 제품의 상태를 확인하는 시험으로 서로 다른 시험이다.

물먼지 침투시험의 경우, KGS AB934에서는 살수에 의한 연료전지의 안정적 운전을 확인하고, 물의 침투여부를 확인하는 시험임에 반해 [표3-15]의 시험은 캐비닛 안에 물의 누적을 허용하며, 유풍시험의 기준 최대 풍속도 KGS AB934의 15m/s 보다 강한 31m/s 를 채택하여 시험하고 있다. 유풍시험의 목적은 연료전지의 안정적 운전 확인이 아니고 바람에 의한 연료전지의 전도 여부를 확인하기 위한 시험으로 차이가 있다.

그 외에 [표3-15]의 시험을 살펴보면, 전자파 장애, 정전기 방전, 서지, 단락, 소음, 누설전류, 접지에 대한 시험으로 시험방법은 다소 상이하는 시험 목적은 동일하다. KGS 코드에 따른 전자파 장애 시험은 전자기장 복사 방출외의 시험은 현재 실시가 가능하며, 설비의 보완과 제조사의 준비기간을 위해 시행을 유예 하였다.

[표 3-15] Telcordia Technologies GR-1089-Core 기준

연번	분류		시험방법명
	대분류	소분류	
1	성능	시스템	1.열충격시험
2	성능	시스템	2.물과 먼지 침투시험 2.1 유평시험 2.2 살수시험 2.3 잔디 살수시험 2.4 풍우시험
3	성능	전기전자	3.시스템 정전기 방전 3.1 정전기 방전 내성 기준 3.2 정전기 방전 내성기준_정상운전 3.3 정전기 방전 내성기준_설치 및 운전 3.4 장치사양 요구사항
4	성능 및 구조	전기전자	4. 전자파 장애 4.1 전기장 복사 방출기준 4.2 자기장 복사 방출요구사항 4.3 교류전력단자(전압)에 대한 전도 방출 요구사항 4.4 교류 및 직류 전력단자와 신호유도선(전류)에 대한 전도 방출 요구사항 4.5 아나로그 음성대 유도선에 대한 전도 방출 요구사항 4.6 전기장 복사 방출 내성 기준 4.6.1 문이 잠긴상태에서 전기장 복사 방출 내성 기준 4.6.2 문과 커버가 열린상태에서 전기장 복사 방출 내성 기준 4.6.3 교류와 직류 단자에 대한 전도 방해 기준
5	성능 및 구조	전기	5. 낙뢰와 교류전력 고장 5.1 전압제한 보호기 5.2 전류제한 보호기 5.3 요구 목록 5.4.1 단락시험(통신 단자)

연번	분류		시험방법명
	대분류	소분류	
5	성능 및 구조	전기	5.42 발전기 성능시험 5.43 일차 뇌서지 시험(통신 단자) 5.44 이차 뇌서지 시험(통신 단자) 5.45 구조물간 뇌서지 시험(통신 단자) 5.46 뇌서지 시험(교류 전력 단자) 5.47 전류제한 보호기 시험(통신 단자) 5.48 일차 교류전력 고장시험(통신 단자) 5.49 비 구내 장치에 대한 이차 교류 전력 고장 시험(통신단자) 5.4.10 일련형태의 비구내 장치에 대한 이차 교류전력 고장 시험 5.4.11 구내에 설치된 네트워크 장비에 대한 이차 교류전력 고장 시험 5.4.12 구내 위치한 네트워크장비를 위한 구조물 간의 이차 교류고장시험 5.5 동축 케이블 단자와 인접한 장비에 대한 기준 5.5.1 광역통신장비를 위한 요구사항 5.5.2 단락시험 5.5.3 외부보호기 없이 사용되는 광역통신장비 5.5.3.1 일차 낙뢰 및 전력고장시험 5.5.3.2 이차 낙뢰 및 전력고장시험 5.5.4 외부 보호기가 사용된 광역통신장비 5.5.4.1 일차 낙뢰 및 전력고장시험 5.5.4.2 이차 낙뢰 및 전력고장시험 5.5.5 외부 설치를 목적으로 한 장비의 추가적 기준
6	성능	성능	6. 정상출력 소개 6.1 대루프(20kft 이상)에 대한 종적 유도 표준 6.1.1 성능표준 6.1.2 소음성능 6.2 소루프(20kft 미만)에 대한 종적 유도 표준 6.2.1 DSL에 대한 성능 시험 기준 6.2.2 성능 기준 6.2.3 소음 성능 6.3 아날로그 중계선에 대한 종적 유도 6.3.1 성능 기준 6.3.2 소음 성능
7	구조	전기	7. DC 전위 차이 8. 전기 안전기준 8.1 지속 전류 전압 제한치 8.2 지속 전원 요구사항 8.2.1 Class A1 전압 접속 요구사항 8.2.2 Class A2 전압 접속 요구사항 8.2.3 Class A3 전압 접속 요구사항 8.2.4 Class AB 전압 접속 요구사항 8.2.5 Class B 전압 접속 요구사항

연번	분류		시험방법명
	대분류	소분류	
	구조	전기	83 기간-제한 전원 요구사항 83.1 단속/중단 전원 83.2 일시적인 전원 84 전력 제한 요구사항 85 노출면으로부터의 누설전류 85.1 작은 부위 접촉에 따른 누설전류 85.2 작은 부위 접촉에 따른 누설전류 85.3 장치 표면간의 누설 전류 9. 부식 9.1 외부 플랜트 케이블 적용 DC 전압의 극성 9.2 외부 플랜트 케이블 적용 DC의 크기 10. 본딩과 접지 10.1. 일반요구사항 10.2 장치 접지 시스템 10.2.1 공통 접지 네트워크 10.3 교류 장치 접지 10.4 통신 장치 접지 10.5 유닛 본딩 과 접지 10.6 DC 전력 시스템 본딩 10.6.1 중앙 전력 전원 10.6.2 내장된 전력 전원 10.7 본딩 및 접지 도체와 연결 요구사항 10.7.1 본딩과 접지 도체 10.7.2 접속 10.7.3 커넥터 10.8 단락 시험 10.8.1 DC 전력 전원 10.8.2 AC 전력 전원 10.9 공통접지네트워크 전류 장비의 동등성 10.9.1 시험 환경 10.9.2 시험 항목의 구분 10.9.3 DC 고장 시험 10.9.4 AC 고장 시험 10.9.5 Frame EFT 시험 10.9.6 프레임 서지 시험

본 연구보고서에 명기된 외국기준은 공사의 내부인트라넷의 알바트로스 COP내에 모두 업로드 시켜 열람이 가능하도록 하였다.

3.3.3 수소사용 연료전지 기준(안)

3.3.3.1 적용범위

수소사용 연료전지의 적용범위는

- 연료전지 시스템의 범위
- 사용연료 및 소비량
- 전기 및 열출력
- 연료전지의 형태에 따라 분류하고 있다.

수소사용 연료전지 안전기준의 적용범위를 결정하기위해 국내외 연료전지 안전기준과 국내외 연료전지 제조사의 수소사용 연료전지 상업화 방안을 같이 고려하였다. [표 3-16]에서 확인할 수 있는 바와 같이 국외기준은 사용연료는 최대 70kW 이하, 출력전력 11kW이하, 출력전압은 600VAC로 정해져 있다.

[표 3- 16] 국내외 연료전지 기준 적용 현황

기준명	적용범위	연료용 가스	종류
ANSI/CSA FC 1-2004	출력전압 600VAC 이하 출력전력 10kW 이상	NG, LPG, Hydrogen Methane Gas Mixture Methanol, Diesel etc.	제한 없음
EN 50465	사용연료 70kW 이하 출력전력 11kW 이하	Methane, Propane Hydrogen etc.	제한없음
NFPA 853	출력전력 50kW 이하	NG, LNG, Biogas Hydrogen	제한없음
JIA F 035-4	출력전력 10kW 이하	LNG, LPG	고분자형 연료전지
JIS C 8822:2009	출력전력 10kW이하 출력전압 220V 이하	기체, 액체, 수소 등	고분자 전해질형
NR FC 101:2008	정격출력 5kW이하	기체를 사용하는 기기의 최고 사용압력이 0.1MPa미만	고체 고분자형 연료전지
KGS AB934	가스소비량 232.6kW이하	LNG, LPG등 연료가스	제한 없음

또한 KGS AB 934의 경우, 가스소비량 232.6kW이하로 규정되어 있어 사용연료, 소비량, 열출력, 전기출력의 적용대상 분류는 가스용품에서 지정한 가스소비량 232.6kW이하로 하되 수송용과 선박용은 제외하는 것으로 하였다.

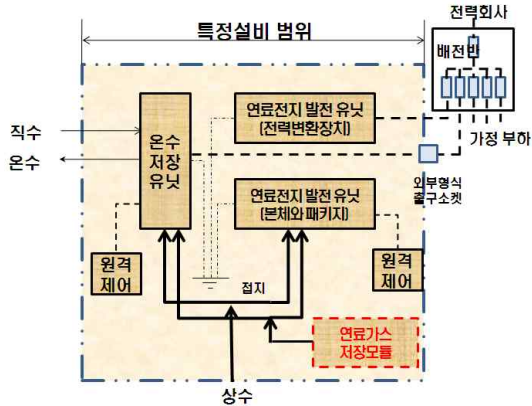
또한 GS퓨얼셀의 수소사용 연료전지의 제품 개발 방안을 협의한 결과, [표 3-17]과 같이 외부개질기와 배관을 이용하여 공동주택의 온수와 전력을 동시에 공급하는 방식의 수소사용 연료전지를 개발할 예정에 있다. 그러나, 외부개질기와 배관을 포함한 수소사용 연료전지는 개발이 되지 않은 기획단계의 연료전지로 이번 수소사용 연료전지 안전기준(안)에 실현여부에 대한 확증이 되지 않아 포함하지 않았다. 따라서, 이번 수소사용 연료전지의 시스템부분 적용범위는 [그림 3-22]와 같이 개질기와 보일러는 제외하고, 연료저장설비를 포함한 부분을 적용하기로 하였다.

수소사용 연료전지 안전기준(안)의 구성은 [표 3-17]과 같다. 주요특징을 살펴보면 다음과 같다.

[표 3-17] 연료전지 제품화 현황

사용형태	사용연료	주요부품 적용 현황				
		스택	개질기	전력변환장치	보일러	연료공급
가정용	연료용가스	○	○	인버터	-	도시가스배관
가정용	연료용가스	○	○	인버터	○	도시가스배관
상업용	수소	○	-	인버터,컨버터	-	저장 수소
상업용	수소	○	-	인버터,컨버터	-	저장 수소
공동주택용	수소	○	-	인버터,컨버터	○	배관&외부개질기

- ※ 1. 붉은 색 점선 내의 연료전지는 이미 제품화 완료
- 2. 청색 점선내 연료전지는 국외의 경우 개발완료, 국내의 경우 개발 계획 중
- 3. 공동주택용 연료전지는 기획단계로 개발까지는 장기간 소요 예상



[그림 3-22] 수소사용 연료전지 적용 범위

- 1) 수소사용 연료전지는 고법 시행규칙 [별표 12] 특정설비 제조의 시설·기술·검사기준과 특정설비의 재검사기준 3. 나. 3)의 독성 가스배관용 밸브, 자동차용 압축천연가스 완속충전설비에 포함 되도록 구성
- 2) 연료저장모듈은 특정설비로 지정된 고압가스용 실린더 캐비닛을 사용하도록 지정하고 KGS AA913 고압가스용 실린더캐비닛 제조의 시설·기술·검사기준을 준용하도록 구성. 다만, 10L미만의 경우는 제외
- 3) 구조 및 장치, 재료 부분은 “가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준”을 준용하되, 개질기, 보일러 등 적용범위에서 제외된 부분은 기준에서 제외
- 4) 수소사용 연료전지는 점화 및 연소의 기능이 없으므로 기동 및 운전 성능으로 전환하여 기준에 반영
- 5) 자동정지를 위한 안전장치 중 개질기 부분을 제외하고 패키지 개방에 따른 자동정지 추가
- 6) 전력변환장치를 독립형과 계통연계형을 구분하여 기준 적용
 - DC-DC 컨버터 안전기준 반영
- 7) 수소공급 압력을 10bar 미만으로 제한

[표 3-18] 수소사용 연료전지 안전기준 구성

분야		기준항목		
구조	시스템	재료	1) 연료전지 재료	
		구조	1) 일반구조 2) 셀스택 구조 3) 연료 배관 및 연료저장 모듈의 구조 4) 물배관 및 온수배관의 구조 5) 전자 제어장치의 구조 6) 전동기의 구조 7) 전기배선의 구조 8) 충전부의 구조 9) 접지부 구조 11) 공기 및 유체의 이동관련 기기의 구조 12) 급배기통 구조 13) 분리형 연료전지의 구조 및 재료	
		장치	1) 전기장치 2) 보호장치 3) 전력변환장치 4) 배열회수장치	
성능	시스템	가스 안전	1) 기밀시험	
			2) 살수성능(옥외식만 해당)	
			3) 기동성능	
			4) 온도상승	
			5) 운전상태	
			6) 유풀성능	
		제어 성능	1) 안전장치 성능 가. 연료계 안의 연료가스 압력 또는 온도가 현저히 상승한 경우 나. 연료가스의 누출을 검지한 경우 다. 제어장치에 이상이 생긴 경우 라. 제어원전압이 현저히 저하된 경우 마. 연료전지 셀 스택에 과전류가 발생한 경우 바. 연료전지 셀 스택의 발전전압에 이상이 발생한 경우 사. 연료전지 셀 스택의 온도가 현저히 상승한 경우 아. 기기 안의 온도가 현저히 상승한 경우 자. 기기의 환기장치에 이상이 발생한 경우	
			효율 성능	1) 가스소비량
				2) 열효율_열회수효율만 평가
				3) 난방효율
				4) 발전효율
				5) 전기출력성능

분야			기준항목
성능	시스템	전기 안전	1) 절연저항
			2) 누설전류
			3) 절연내력
			4) 절연거리(공간거리, 연면거리)
			5) 감전보호
			6) 접지연속성
			7) 직류 지락
			8) 정전 성능
성능	시스템	환경	1) 고온, 저온, 고온고습시험 가. 습도시험 나. 온습도 사이클 시험
			2) 전자파 적합성 시험 가. 정전기 방전 내력시험 나. 전기적 빠른 과도현상 내성시험 다. 서지내성시험 라. 순시정전, 전압강하 및 전압변동 내성 시험

[표 3-18]과 [표 3-19]과 같은 구성으로 수소사용 연료전지 안전기준 (안)은 아래와 같은 기준을 참조하여 작성하였다.

- 1) KGS AB934:2008 가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준
- 2) KGS A410-2009 연료전지 전력변환장치 성능인증기준(안)
- 3) NR FC 101: 2008 신재생에너지 설비심사세부기준-고분자연료 전지시스템
- 4) BS-EN-50465 Gas appliances-Fuel cell gas heating appliance
-Fuel cell gas heating appliance of nonminal heat input inferior or equal to 70kW
- 5) GR-487-CORE Generic Requirements for Electronic Equipment
- 6) JIS C 8821: 2008
General rules for small polymer electrolyte fuel cell power systems
- 7) JIS C 8822: 2008
General Safety Code for small polymer electrolyte fuel cell power systems

8) JIS C 8823: 2008

Testing methods for small polymer electrolyte fuel cell power systems

9) JIS C 8824: 2008

Testing methods for environment of small polymer electrolyte fuel cell power systems

10) JIS C 8825: 2008

Testing and measurement techniques of small polymer electrolyte fuel cell power systems

11) JIS C 8826: 2008

Testing methods of power conditioner for grid interconnected small polymer electrolyte fuel cell power systems

[표 3-19] 연료전지 전력변환장치 검사항목

	시험항목	독립형	계통연계형
보호기능	출력과전압 및 부족전압 보호기능 시험	○	○
	주파수상승 및 저하 보호기능 시험	×	○
	단독운전방지기능 시험	×	○
	복전 후 일정시간 투입방지기능 시험	×	○
	입력과전압 및 부족전압 보호기능 시험	○	○
	출력 과전류 보호기능 시험	○	○
	과온도상승 보호기능 시험	○	○
정상특성	출력전류 직류분 검출 시험	○	○
	교류출력 역률 시험	×	○
	교류출력전류 왜형률 시험	×	○
	교류전압 및 주파수 추종범위 시험	×	○
	효율시험	○	○
	직류리플 전압시험	○	○
과도응답	계통전압 급변 시험	×	○
	계통전압 위상급변 시험	×	○
	계통전압 왜형률 내량 시험	×	○
	계통전압 불평형 시험	×	○
	부하 불평형 시험	×	○
외부사고	계통전압 불평형 시험	×	○
	출력 측 단락 시험	○	○
	부하 차단 시험	○	○

[표 3-19]에서는 수소사용 연료전지 안전기준(안) 작성을 위한 국외 기준 비교를 실시하였다. 그 중 구조부분만 일부 예를 들어 작성하였다.

마련된 수소사용 연료전지 안전기준(안)은 외부 전문가의 자문을 구하지 못하였고, 전기부분의 안전성 평가를 수행하지 못하였기 때문에 완전한 안전기준(안)이라고 말할 수 없다. 추후 수탁과제를 통해 전기부분 안전성 평가와 외부 전문가 자문을 통해 최종(안)을 마련한 계획이다.

[표 3-20] 연료전지 국외기준 비교표(일부)

수소사용 방식의 연료전지 검사기준	일본(JIS, JIA)	유럽(EN)
<p>1.1.1 이 기준은 「고압가스안전관리법 시행규칙」(이하 “규칙”이라 한다) 제2조제4항10호에 다른 연료전지 가운데 가스소비량이 232 kW(20만 kcal/h) [0℃, 101.3 kPa(1atm) 기준]이하인 고압가스 사용 연료전지(이하 “연료전지”라 한다)의 제조의 시설·기술·검사 기준에 대하여 적용한다.</p>	<p>a) 연료전지의 형태: 전해질 고분자 연료전지 b) 출력: 정격 송전 출력 10 미만 c) 출력모드: 직류·교류 출력의 220 V 이하의 계통연계운전, 독립 운전/자립운전 d) 사용연료: 가스연료(도시가스, 액화석유가스 등), 액체가스(등유 등), 수소 e) 운전압력: 연료가스 배관 부분의 최대사용압력이 0.1 MPa 미만 f) 시스템 구성: 패키지 안에 수납된 발전 또는 열병합발전으로 만들어진 고정 형과 이동 형 연료전지(마이크로 연료전지 제외)(8821)</p>	<p>- 최대 열 부하 (가스 입력): 70 kW - 최대 전기 출력: 11 kW. 주 유럽 내 최대 전기 출력에 대한 국가별 편차가 있기 때문에, 본 최대 전기 출력은 공공 저전압 배전망에 연결된 경우를 의미한다. - 연료 EN437을 준수하는 연소가스 - 최대 난방 용수 온도 95 °C (정상 작동 조건) - 연료 전지형 가스기기 내 처리압력 ①온수: 최대 6 bar ②가정용 온수 (설치된 경우): 최대 10 bar</p>
<p>3.2 구조 및 치수 연료전지는 그 연료전지의 안전성·편리성 및 호환성을 확보하기 위하여 다음 기준에 따른 구조와 치수를 가지는 것으로 한다.</p> <p>3.2.1 연료전지의 일반구조는 다음과 같다.</p> <p>3.2.1.1 모든 부품은 뒤틀림, 이완, 그 외의 손상에 견디는 안전한 구조로 한다.</p> <p>3.2.1.2 분해 가능한 패널·커버 등은 다른 위치에 바꾸어 넣어 설치하는 것이 불가능한 구조로 한다.</p> <p>3.2.1.3 사람과 접촉 가능성이 있는 부품은 날카로운 돌출부분이나 모퉁이가 없는 구조로 한다.</p> <p>3.2.1.4 정기적으로 보수 및 점검을 하는 부품은 쉽게 보수 및 점검할 수 있는 구조로 한다.</p>	<p>일반 구조 구조는 아래와 같다. a) 모든 부품은 비틀림, 변형과 다른 손상에 견디는 안전한 구조이어야 한다. b) 제거가 가능한 패널과 커버와 같은 부품은 서로 다른 부품에 대체하거나 잘못된 위치에 부착할 수 없는 구조이어야 한다. c) 일반적인 사용 기간 동안 사람이 접촉 가능한 부분은 안전상 고려할 때 날카로운 돌출부와 모서리가 없는 구조로 한다. d) 정기적인 정비와 검사가 주기적으로 요구되는 부품은 정비와 검사가 쉽게 이뤄질 수 있는 구조이어야 한다. e) 연료전지 패키지 안에 가연성 가스가 남아 있지 않는 구조로 한다. f) 누출된 가연성 가스가 전력변환장치 안으로 유입되지 아니하는 구조로 한다. g) 액체연료가 사용되는 장치의 일반적인 구조는 연료펌프(JIS B 8409)에 규정된 펌프 및 동등 또는 그 이하의 출구압력을 가진 펌프로 한정한다),</p>	<p>5.1 일반구조 - 별도로 명시한 경우를 제외하고 구조 요구 조건은 연료 전지형 가스 난방 기기와 해당 기술 문서를 검토하여 결정된다.</p> <p>연료 전지형 가스 난방 기기 용적절한 재료, 부품, 감시 장치를 선택해야 한다.</p> <p>다음의 연료 전지형 가스 난방 기기 부품은 설치 장소에서 의도하지 않은 연료 가스, 프로세스 가스 또는 연관 가스의 누출을 막기 위해 내부에 설치되어야 한다:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 연료 가스 및 연소 공기 공급 ○ 연료 전지 스택 ○ 내부 연관 시스템 ○ 연료 가스 처리 (해당 경우) ○ 내부 냉각 시스템 (해당 경우). <p>EN 483과 같은 타 표준에서도 (완전히) 설명되지 않은 경우, 그</p>

<p>3.2.1.5 연료전지 패키지(셀 스택, 전력변환장치, 제어장치 등을 수납한 것을 말한다)의 내부는 가연성 가스가 체류 하지 아니하면 이물질이 들어가지 아니하는 구조로 한다.</p>	<p>JIS S 3000에서 규정된 기화기와 연료 공급계통(황제거기의 부품 포함), 연료로서 액체연료를 사용한다.</p>	<p>위험에 대해 분석하고, 예상 수명 동안 위험 상황을 피하기 위한 적절한 조치가 수행되어야 한다.</p>
<p>3.2.1.6 누출된 가연성 가스가 전력 변환장치로 유입되지 아니하는 구조로 한다.</p>	<p>h) 충전부를 포함하고 있는 장치의 구조는 충전부와 충전부 또는 충전부와 비충전부간의 체결은 풀림이 발생되어서는 안되며, 일반적인 사용상태에서 환경조건에 견딜 수 있는 구조로 한다.</p>	<p>주1) 연료 전기 스택 및 해당 성능에 대한 조건은 EN 62282-2에서 찾아볼 수 있다.</p>
<p>3.2.1.7 충전부가 있는 것은 충전부 상호간의 접속부분 또는 충전부와 비충전부와의 접속부분이 사용 상태에서 이완이 발생하지 아니하고 사용 환경조건에 견딜 수 있는 것으로 한다.</p>	<p>i) 일부분을 탈부착이 가능한 장치는 부착과 탈착의 작업이 안전하고 확실하게 수행될 수 있는 구조로 한다.</p>	<p>주2) 신기술 개발 및 아래에 설명된 것과는 다른 해법이 존재할 수 있으므로 만약 해당 솔루션이 동일한 수준의 안전성을 제공할 경우, 사용할 수 있다.</p>
<p>3.2.1.8 본체의 일부를 교체 또는 분해할 수 있는 것은 교체 또는 분해 작업을 쉽고 안전하게 할 수 있는 구조로 한다.</p>	<p>j) 콘센트가 부착된 장치를 안전하게 사용할 수 있도록 최대 전압 및 전류 값을 지워지지 않도록 근처에 표시해야 한다</p>	
<p>3.2.1.9 본체의 일부를 교체 또는 분해할 수 있는 것은 교체 또는 분해 작업을 쉽고 안전하게 할 수 있는 구조로 한다.</p>	<p>k) 패키지 안에 이물질이 들어 갈수 없는 구조이어야 한다.</p>	
<p>3.2.1.10 원격 조작 기구가 있는 것은 본체 스위치 또는 컨트롤러 조작 이외의 방법으로 전원 회로의 개폐를 할 수 없는 구조로 한다. 다만, 위험이 생길 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.</p>	<p>l) 원격제어기구를 가지고 있는 장치는 위험을 발생가능성이 없는 경우를 제외하고 장치의 스위치 또는 제어기 이외 장치로 전력공급을 중단하여서는 안된다.</p>	
<p>3.2.1.11 건축재에 부착하여 사용하는 것은 용이하고 견고하게 부착이 가능한 것으로 한다.</p>	<p>m) 건축재에 부착하여 사용하는 기구에 대해서, 쉽고 강하게 부착되는 구조로 한다.</p>	
<p>3.2.1.12 사용 상태에서 사람이 접할 우려가 있는 가동 부분은 쉽게 접할 수 없도록 적절한 보호틀이나 보호망 등을 설치한다. 다만, 기능에 따라 가동 부분을 노출하여야만 하는 것과 가동 부분과 접하였을 때 감전,</p>	<p>n) 다른 극성을 가진 충전부 사이, 단락가능성을 가진 충전부와 비충전 금속부분 간, 그리고 사람들이 접촉할 수 있는 가능성을 가진 충전부와 비금속부분의 표면 간격은 전기기기와 재료 안전 법의 기술기준의 표 4에 명기된 요구조건을 따라야 한다.</p>	
	<p>o) 절연재료의 두께는 전기기기와 재료 안전 법의 기술기준 표 4에 명기된 요구조건에 따라야 한다.</p>	
	<p>p) 일반적인 상태에서 사람이 접촉할 가능성이 있는 이동 가능한 부분에 대해 사람이 쉽게 접촉할 수 있는 가능성이 없도록 적합한 보호 프레임과 보호망을 부착하여야 한다. 다만, 기능상 이유로 불가피하게 노출되는 경우와</p>	

<p>상해 등의 위험이 생길 우려가 없는 부분은 그러하지 아니하다.</p> <p>3.2.1.13 정격 입력 전압 또는 정격 주파수를 변환하는 기구를 가진 이중정격의 것은 변환된 전압 및 주파수를 쉽게 식별할 수 있도록 한다. 다만, 자동으로 변환되는 기구를 가지는 것은 그러하지 아니하다.</p>	<p>접촉할 경우, 전기적 충격과 상해와 같은 위험의 가능성이 없는 경우는 적용하지 않을 수 있다.</p> <p>q) 입력전압 및 정격 주파수를 전환할 수 있는 능력을 가진 두 개의 정격을 가진 장치에 대해 전압과 주파수를 쉽게 식별할 수 있도록 표기해야 한다. 다만 자동 전환 능력을 가진 장치는 예외로 한다.</p> <p>r) 실내에 설치된 개방형태의 연료소비량 12kW(HHV) 또는 그보다 작은 발전유닛은 불완전 연소가 검지되었을 때 자동정지하는 기능이 있어야 한다.</p> <p>s) JIS C 8823에 따라 온도시험을 실시할 때 각 부분의 온도 허용값은 표 1과 표 2에 규정되어져 있다. (8822)</p>	
---	---	--

제 4 장 결 론

본 연구를 통해 고압가스를 사용하는 가스소비량 232kW 이하의 연료전지에 대한 안전기준(안)을 개발하였다.

국내외 연료전지기준과 수소사용 연료전지의 사업화 동향 조사, 수소사용방식 연료전지에 대한 안전성 평가를 통해 적용범위와 안전기준(안)을 마련하였다. 다만, 전기분야에 대한 안전성 평가를 실시하지 못하여 추후, 국가연구과제 수탁을 통해 전기분야 안전성 평가장치를 마련하고, 안전성 평가를 실시하여 전기분야 연료전지 안전기준(안)의 보완해야 할 것이다. 또한 공사의 검사에 활용할 수 있는 설비의 용량이 전기출력 7kW 이하 수준으로 관련 설비의 보강이 필요할 것이다.

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

본 연구결과는 수소사용 연료전지 제품생산에 활용되며, 향후 고법 특정설비로 수소사용 연료전지가 지정될 수 있는 기본자료로 사용될 예정이다.

또한 성능평가장치 구성 및 개발된 평가방법과 관련 프로그램은 추후 수소사용 연료전지 검사를 위한 가스기술기준 작성과 평가설비의 구축 및 보완에 활용할 것이다.

[참고 문헌]

- 1) KGS AB934: 2008 가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준
- 2) KGS A410: 2009 연료전지 전력변환장치 성능인증기준
- 3) KS C 0210 환경시험방법(전기·전자) 통칙
- 4) NR FC 101:2008 신재생에너지 설비심사세부기준
- 5) KS C 0220 환경시험방법(전기·전자) 저온(내한성) 시험방법
- 6) KS C 0221 환경시험방법(전기·전자) 고온(내열성) 시험방법
- 7) KS C 0225 환경시험방법(전기·전자) 온도 변화 시험방법
- 8) KS C 0240 환경시험방법(전기·전자) 정현파 진동 시험방법
- 9) KS C 0241 환경시험방법(전기·전자) 충격 시험방법
- 10) KS C 5109 전자부품 통칙
- 11) KS C IEC 60068-2-78 환경시험방법(전기·전자) 안정상태의 내습성시험
- 12) KS C IEC 60478-4 직류 안정화 전원장치-제4부:시험(전기 자기 장애 제외)
- 13) KS C IEC 61000-4-2 전기자기 적합성(EMC) - 제4부: 시험 및 측정-제2절 정전기 방전 내구시험
- 14) KS C IEC 61000-4-3 전기자기 적합성(EMC) - 제4부: 시험 및 측정-제3절 전기자기 방사내성시험
- 15) KS C IEC 61000-4-3 전기자기 적합성(EMC) - 제4부: 시험 및 측정-제4절 전기적 빠른 과도 현상 내성시험 - EMC 기분규격
- 16) KS C IEC 61204 저전압 직류 전원장치-성능특성
- 17) KS C IEC 61204-6 저전압 직류 전원장치-제6부 성능평가 요구사항
- 18) KS C 8056-1, 소형 밀폐형 납 축전지-제1부 : 일반 요구 사항, 기능 특성 및 시험 방법
- 19) KS C 8056-2, 소형 밀폐형 납 축전지-제2부 : 치수, 단자 및 표시
- 20) KS C 8056-3, 소형 밀폐형 납 축전지-제3부 : 전기 기기에 사용시의 안전성
- 21) KS C IEC 60478-4 직류 안정화 전원 장치- 제4부: 시험(전기 자기 장애 제외)
- 22) KS C 8505, 고정형 납 축전지, 2008.08.22
- 23) KS B ISO 14687 수소 연료-제품 규격
- 24) KS M 1131: 2009 수소
- 25) JIS C 8811 Indication of Polymer Electrolyte Fuel Cell Power Facility

- 26) JIS C 8821 General Rules for Polymer Electrolyte Fuel Cell Power System
- 27) JIS C 8822 General Safety Code for Polymer Electrolyte Fuel Cell Power Systems
- 28) JIS C 8823 Testing Methods for Polymer Electrolyte Fuel Cell Power System
- 29) JIS C 8824 Testing Methods for Environment of Ploymer Electrolute Fuel Cell System
- 30) JIS C 8825 Testing&Measurement Techniques of Polymer Electrolyte Fuel Cell Power Systems
- 31) NR FC 101: 2008 신재생에너지 설비심사세부기준(고분자연료전지시스템)
- 32) GS퓨얼셀, 1.5/3kW급 가정용 연료전지시스템 실증연구, 2006.8
- 33) 한국과학기술연구원, 소형 고분자연료전지 성능평가 및 기술기준(안) 개발에 관한 연구, 2006.12
- 34) 한국과학기술연구원, 고분자연료전지 성능평가 및 기술기준(안) 개발에 관한 연구
- 35) LG전자, 모듈형 Compact 연료전지 주변 장치 설계기술 개발에 관한 연구
- 36) 한국가스안전공사, 수소·연료전지 안전성 연구
- 37) Federal Energy Management Program, Fuel Cells in Backup Power Applications
- 38) PlugPower 자체검사보고서 2007

부록)

고압가스용 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준

(Facility·Technology·Inspection Code for Manufacture of fuel cell for High Pressuar Gas)

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 기준은 「고압가스안전관리법 시행규칙」(이하 “규칙”이라 한다) 제2조제4항10호에 다른 연료전지 가운데 가스소비량이 232 kW(20만 kcal/h) [0℃, 101.3 kPa(1atm) 기준]이하인 고압가스 사용 연료전지(이하 “연료전지”라 한다)의 제조의 시설·기술·검사 기준에 대하여 적용한다. 다만, 수송용, 선박용 연료전지는 제외한다.

1.2 기준의 효력

1.2.1 이 기준은 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」(이하 “액법”이라 한다) 제27조의2제1항에 따라 법 제33조의2에 따른 가스기술기준위원회의 심의·의결(안전번호 제2011- 호, 2011년 월 일)을 거쳐 지식경제부장관의 승인(에너지안전팀 - , 2011년 월 일)을 받은 것으로 고법 제27조의2제1항에 따른 상세기준으로서의 효력을 가진다.

1.2.2 이 기준을 지키고 있는 경우에는 고법 제9조제4호에 따라 규칙 별표 12에 적합한 것으로 본다.

1.3 다른 기준의 인정

1.3.1 신기술 제품 검사기준

규칙 별표 12 제4호 나목에 따라 연료전지가 기술개발에 따라 새로운 특정설비의 제조 및 검사방법이 이 별표에 따른 시설·기술·검사 기준에는 적합하지 않으나 안전관리를 해치지 않는다고 지식경제부장관의 인정을 받은 경우에는 그 특정설비의 제조 및 검사방법을 그 특정설비로 한정하여 적용할 수 있다

1.4 용어정의

이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1.4.1 “형식”이란 구조, 재료, 용량 및 성능 등에서 구별되는 제품의 단위를 말한다.

1.4.2 “공정검사”란 생산공정검사와 종합공정검사를 말한다.

1.4.3 “강제급배기식”이란 연료 전지 발전 시스템의 급기 및 배기통이 외기와 접하는 벽을 관통하여 옥외로 빼내어 급기와 배기를 하고 연료 전지 발전 시스템은 옥내에 대하여 밀폐구조로 되어있는 방식으로 급·배기를 팬에 의한 기계적인 힘으로 하는 방식을 말한다.

1.4.4 “강제배기식”이란 연료 전지 발전 시스템 배기통이 외기와 접하는 벽을 관통하여 옥외로 빼내어 배기팬에 의한 기계적 힘으로 배기를 하고 급기는 옥내에서 하는 구조로 되어있는 방식을 말한다.

1.4.5 “개방식”이란 연소용 공기를 주위에서 흡입하여 연소된 배기가스를 주위에 배출하는 방식을 말한다.

1.4.6 “계통연계”란 분산형 전원이 상용 전력 계통에 접속된 상태를 말한다.

1.4.7 “공칭전압”이란 전력 계통에서 주어진 전압 계통을 부르기 위한 호칭 전압 값을 말한다.

1.4.8 “급기구”란 연료전지의 공기 도입구를 말한다.

1.4.9 “내성”이란 전자파 간섭에 대해 연료전지자체의 성능 저하가 발생되지 않는 연료전지의 능력을 말한다.

1.4.10 “냉각상태”란 전원의 입·출력이 없는 상온의 연료 전지 발전 시스템의 상태를 말한다.

1.4.11 “누설전류”란 단락은 아니나 원치 않는 전도 경로를 통하여 흐르는 전류를 말한다.

1.4.12 “단독 운전”이란 전력 계통이 사고 등에 의해 계통 전원과 차단된 상태에서 계통에 연계 하고 있는 1 대 또는 그 이상의 분산형 전원이 국소적으로 선로 부하에 전력을 공급하고 있는 상태를 말한다.

1.4.13 “대기상태”란 순전력 발전 운전 상태로 적절하게 전환 가능한 운전 상태와 운전 온도에 있는 연료 전지 발전 시스템을 말한다.

1.4.14 “독립운전”이란 분산형 전원이 전력 계통과 단선된 상태에서 독립 운전하고 있는 상태를 말한다.

1.4.15 “방해”란 방사 또는 전도에 의해 전자파 발생원에서 전파되는 전자파를 말한다.

1.4.16 “배기가스”란 기기에서 배출되는 배기가스를 말한다.

1.4.17 “배기구”란 연료전지의 배기가스 배출구를 말한다.

1.4.18 “열회수효율”이란 동일한 시간 동안 연료 및 산화제의 총에너지 입열량에 대한 발전 시스템에서 얻어지는 열 출열량의 비율을 말한다.

1.4.19 “보호장치”란 이상동작상태에서의 작동에 의하여 위험한 상태가 일어나지 않도록 작동하는 장치를 말한다.

1.4.20 “락아웃(Lock-out)”이란 시스템을 재가동하기 위해 수동 작동을 요구하는 shut-down을 말하며, 시스템에 대한 수동복귀에 의해서만 재시작이 실행 될 수 있는 비휘발성 락아웃과 차단조건이 사라지면 수동복귀 또는 전원공급 복원에 의해 재시작이 실행 되는 휘발성 락아웃이 있다.

1.4.21 “서지내성”이란 대기중에서 정전기 스파크현상인 낙뢰에 대한 내성을 말한다.

1.4.22 “순간정전내성”이란 100%의 전압강하에 대한 내성을 말한다.

1.4.23 “산화”란 반응가스에 가연성분(수소, 탄화수소, 일산화탄소, 탄소 등)이 없는 상태를 완전 산화라 함. 가연성분이 연소생성물에 상당량이 존재하면 불완전 산화라 하며, 이론건조가스중의 CO농도에 따라 완전 산화와 불완전연소로 구분함. 시험 환경에 따라 최대 CO농도는 각 관련 법 및 기술 기준 마다 정의되어 있으며 CO농도가 최대 허용 농도 아래에 있으면 완전산화라 하고 그렇지 않으면 불완전 산화라 한다.

1.4.24 “반응가스”란 연료전지에 산화환원반응이 일어났을 때 생기는 반응생성물을 함유하는 기체를 말한다.

1.4.25 “연료전지 모의전원장치”란 연료 전지 셀 스택의 출력 특성(I-V Curve)을 모의할 수 있는 직류 전원 장치를 말한다.

1.4.26 “옥외식”이란 옥외에 설치하여 이용하는 기기를 말한다.

1.4.27 “온수공급장치”란 연료전지 시스템에서 보조보일러를 이용해 온수공급 및 난방의 용도로 사용하기 위해 사용되는 장치를 말한다.

1.4.28 “온수저장시스템”이란 연료전지 시스템에서 발생하는 열을 회수하여 온수공급의 용도로 사용하기 위해 사용되는 장치를 말한다.

1.4.29 “자동제어시스템”란 제조자가 명시한 범위 안에서 수동 조정 없이 연료전지 발전 시스템의 매개 변수들을 지속시키는 감지기, 구동기, 밸브, 스위치 및 논리적 요소(공정 제어기를 포함)의 조

립체를 말한다.

1.4.30 “자동차단밸브”란 전자석 또는 솔레노이드의 작용에 의해 개폐하는 밸브를 말한다.

1.4.31 “전기효율”이란 연료전지 발전시스템의 에너지 입력량에 대한 전기 에너지 출력량의 비율을 말한다.

1.4.32 “전력변환장치”이란 직류 발전 설비의 출력을 필요한 전력으로 변환하는 기능을 하며, 제어 감시 장치, 직류 변환 장치, 계통연계 변환 장치 및 부속 기기를 포함하는 장치를 말한다.

1.4.33 “정지상태”란 연료 전지 발전 시스템의 온도가 상온에 가까운 상태로 에너지의 입·출력이 없는 상태를 말한다.

1.4.34 “정격출력”이란 연료전지 발전시스템의 전기출력이 최대로 유지되는 운전 출력 상태를 말한다.

1.4.35 “충전부”란 통상 사용시에 충전되는 도체 또는 도전부를 말하며, 이 경우 관례에 따라 중성선은 포함하나 PEN 전선을 포함하지 않는다.

1.4.36 “특정고압가스용 실린더캐비닛”이란, 연료전지에 고압가스를 공급하기위한 고압가스 저장모듈로 연료전지에 필요한 연료의 압력과 유량을 제공하는 장치를 말한다.

1.4.37 “패키지”란 연료전지 발전 시스템을 구성하는 주요 장치인 연료전지 모듈, 연료 공급 시스템, 공기 공급 시스템, 전력변환 시스템, 자동제어 시스템, 보조기기류 등이 들어 있는 용기(전력변환장치 등이 들어 있는 용기는 연료전지 발전 시스템의 패키지로부터 독립 설치 가능)를 말한다.

1.5 기준의 준용

고압가스를 연료전지에 공급하기위한 고법 제3조5호에 따른 특정설비 중 특정고압가스용 실린더캐비닛은 KGS AA913 기준의 해당 항목을 따른다. 다만, 실외 설치 실린더캐비닛의 경우, KGS AA 913 중 3.4.1.1 ~ 3.4.1.2을 제외한다

1.6 경과조치

2. 제조시설기준

2.1 제조설비

연료전지를 제조하려는 자는 이 제조기준에 따라 연료전지를 제조하기 위하여 다음 기준에 맞는 제조설비를 갖춘다. 다만, 허가관청이 부품의 품질향상을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 그 부

품을 제조하는 전문생산업체의 설비를 이용하거나 그가 제조한 부품을 사용할 수 있다.

- (1) 단위셀 및 스택 제작 설비
- (2) 가공설비
- (3) 용접설비
- (4) 조립설비
- (5) 세척설비
- (6) 그 밖에 제조에 필요한 설비 및 기구

2.2 검사설비

2.2.1 연료전지를 제조하려는 자는 제품의 성능을 확인·유지할 수 있도록 하기 위하여 다음 기준에 맞는 검사설비를 갖춘다.

2.2.1.1 검사설비의 종류는 안전관리규정에 따른 자체검사를 수행할 수 있는 것으로 다음과 같다.

- (1) 가스소비량측정설비
- (2) 기밀시험설비
- (3) 절연저항측정기 및 내전압시험기
- (4) 전기출력측정설비
- (5) 전압측정기
- (6) 전류측정기
- (7) 그 밖에 검사에 필요한 설비 및 기구
- (8) 초음파두께 측정기·나사계이지·버어니어캘리퍼스 등 두께 측정기
- (9) 내압시험설비
- (10) 기밀시험설비
- (11) 표준이 되는 압력계
- (12) 표준이 되는 온도계
- (13) 마크로시험설비

2.2.1.2 검사설비의 처리능력은 해당 사업소의 제품생산능력에 맞는 것으로 한다.

2.2.2 2.2.1에 불구하고 다음 중 어느 하나의 기관에 의뢰하여 설계단계검사 항목의 시험·검사를 하는 경우 또는 다음 중 어느 하나의 기관과 설계단계검사 항목에 필요한 시험·검사설비의 임대차계약을 체결한 경우에는 2.2.1에 따른 검사설비 중 해당 설계단계검사 항목의 검사설비를 갖춘 것으로 본다.

- (1) 고법 제28조에 따른 한국가스안전공사(이하 “한국가스안전공사”라 한다)
- (2) 고법 제35조에 따라 지정을 받은 검사기관(이하 “검사기관”이라 한다)
- (3) 「국가표준기본법」에 따라 지정을 받은 해당 공인시험·검사기관

3. 제조기술기준

3.1 재료

연료전지의 재료는 그 연료전지의 안전성을 확보하기 위하여 다음 기준에 적합한 것으로 한다.

3.1.1 사용하는 재료는 사용 조건의 온도에 견디고, 부식에 대하여 충분한 내식성이 있는 재료 또는 코팅재인 것으로 한다.

3.1.2 고무 또는 플라스틱의 비금속성 재료는 단기간에 열화하지 아니하도록 사용 조건에 적합한 것으로 한다.

3.1.3 습도가 높은 환경 하에서 사용되는 금속은 주철, 스테인리스강 등의 내식성이 있는 재료이고, 탄소강을 사용하는 경우에는 부식에 강한 코팅을 한다.

3.1.4 전기 절연물 및 단열재는 접촉부 또는 그 부근의 온도에 충분히 견디고 흡습성이 적은 것으로 한다.

3.1.5 도전재료는 동, 동합금, 스테인리스강 또는 이하 같은 수준 이상의 전기적·열적 및 기계적인 안전성이 있는 것으로 한다. 다만, 탄성이 필요한 부분, 구조에 있어 사용하기 곤란한 부분은 그러하지 아니하다.

3.1.6 부품의 재료에는 폴리염화비페닐을 함유되어 있지 아니한 것으로 한다.

3.1.7 부품은 석면 또는 석면을 포함하지 아니한 재료로 한다.

3.2 구조 및 치수

연료전지는 그 연료전지의 안전성·편리성 및 호환성을 확보하기 위하여 다음 기준에 따른 구조와 치수를 가지는 것으로 한다.

3.2.1 연료전지의 일반구조는 다음과 같다.

3.2.1.1 모든 부품은 뒤틀림, 이완, 그 외의 손상에 견디는 안전한 구조로 한다.

3.2.1.2 분해 가능한 패널·커버 등은 다른 위치에 바꾸어 넣어 설치하는 것이 불가능한 구조로 한다.

3.2.1.3 사람과 접촉 가능성이 있는 부품은 날카로운 돌출부분이나 모퉁이가 없는 구조로 한다.

3.2.1.4 정기적으로 보수 및 점검을 하는 부품은 쉽게 보수 및 점검할 수 있는 구조로 한다.

3.2.1.5 연료전지 패키지(셀 스택, 전력변환장치, 제어장치 등을 수납한 것을 말한다)의 내부는 가연성 가스가 체류 하지 아니하면 이물질이 들어가지 아니하는 구조로 한다.

3.2.1.6 누출된 가연성 가스가 전력변환장치로 유입되지 아니하는 구조로 한다.

3.2.1.7 충전부가 있는 것은 충전부 상호간의 접속부분 또는 충전부와 비충전부와의 접속부분이 사용 상태에서 이완이 발생하지 아니하고 사용 환경조건에 견딜 수 있는 것으로 한다.

3.2.1.8 본체의 일부를 교체 또는 분해할 수 있는 것은 교체 또는 분해 작업을 쉽고 안전하게 할 수 있는 구조로 한다.

3.2.1.9 기기에 부착된 콘센트 주위에는 안전하게 사용할 수 있도록 최대 전력 또는 전류 값을 표시한다.

3.2.1.10 원격 조작 기구가 있는 것은 본체 스위치 또는 컨트롤러 조작 이외의 방법으로 전원 회로의 개폐를 할 수 없는 구조로 한다. 다만, 위험이 생길 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

3.2.1.11 건축재에 부착하여 사용하는 것은 용이하고 견고하게 부착이 가능한 것으로 한다.

3.2.1.12 사용 상태에서 사람이 접할 우려가 있는 가동 부분은 쉽게 접할 수 없도록 적절한 보호틀이나 보호망 등을 설치한다. 다만, 기능에 따라 가동 부분을 노출하여야만 하는 것과 가동 부분과 접하였을 때 감전, 상해 등의 위험이 생길 우려가 없는 부분은 그러하지 아니하다.

3.2.1.13 정격 입력 전압 또는 정격 주파수를 변환하는 기구를 가진 이중정격의 것은 변환된 전압 및 주파수를 쉽게 식별할 수 있도록 한다. 다만, 자동으로 변환되는 기구를 가지는 것은 그러하지 아니하다.

3.2.2 연료전지 셀 스택의 구조는 다음과 같다.

3.2.2.1 연료전지 셀 스택은 압력·진동·열 등으로 인하여 생기는 응력에 충분히 견디는 구조로 한다.

3.2.2.2 연료전지 셀 스택은 사용 환경에서 내식성 및 전기안전성을 가지는 것으로 한다.

3.2.3 연료 및 연료저장모듈 배관의 구조는 다음과 같다.

3.2.3.1 배관은 운반·설치·사용 등의 경우에 기밀성이 손상되지 아니하는 구조로 한다.

3.2.3.2 배관은 과도한 열 또는 부식을 받을 우려가 없는 장소에 설치하고 방호 등의 조치를 한 것으로 한다.

3.2.3.3 결합부는 용접, 나사 조임, 볼트·너트 또는 같은 수준 이상의 결합 방법에 따라 확실히 결합되어 있는 것으로 한다.

3.2.3.4 배관의 씰부는 열화에 대하여 내성을 가지는 구조와 재료로 한다.

3.2.3.5 연료배관에는 직렬로 설치된 2개 이상의 자동 차단밸브를 설치한다. 이 경우 자동차단 밸브는 구동원이 상실되었을 경우 가스통로가 자동으로 차단되는 구조(fail-safe)인 것으로 하고, 2개 이상의 자동차단밸브 중 적어도 1개의 밸브는 그 기능이 독립된 것으로 한다.

3.2.3.6 셀 스택용 연료가스가 재활용 연료 가스 배관으로 역류하거나 연료 가스가 공기 공급부로 유입되는 것을 방지하기 위한 조치가 강구된 것으로 한다.

3.2.3.7 연료가스가 통과하는 부분의 재료는 불연성이나 난연성인 것으로 한다. 다만, 패킹류, 씰재 등의 기밀유지부는 불연성이나 난연성의 재료로 하지 아니할 수 있다.

3.2.3.8 각 장치와 외부 배관을 접속하는 경우에는 다음에 적합한 것으로 한다.

3.2.3.9 배관은 사용 목적 및 사용 장소에 적합한 구경의 것으로 한다.

3.2.3.10 접속구는 외부에 노출되어 있거나 외부로부터 쉽게 볼 수 있는 위치에 있는 것을 원칙으로 한다.

3.2.3.11 배관은 내구성을 고려한 재료를 사용해야 한다.

3.2.4 물 배관 및 온수 배관의 구조는 다음과 같다.

3.2.4.1 배관은 기밀성이 있고, 수송, 설치, 사용 등의 경우에 기밀성이 손상되지 아니하는 구조로 한다.

3.2.4.2 배관은 과도한 열 또는 부식을 받을 우려가 없는 장소에 설치하고 방호 등의 조치를 한다.

3.2.4.3 결합부는 용접, 나사 조임, 볼트·너트 또는 같은 수준 이상의 결합 방법에 따라 확실히 결합되어 있는 것으로 한다.

3.2.4.4 배관의 씰부는 열화(劣化)를 충분히 고려한 구조 및 재료로 한다.

3.2.4.5 각 장치와 외부 배관을 접속하는 경우에는 다음의 기준에 적합하도록 한다.

3.2.4.5.1 배관은 사용 목적 및 사용 장소에 적합한 구경으로 한다.

3.2.4.5.2 접속구는 외부에 노출되어 있거나 외부로부터 쉽게 볼 수 있는 위치에 있는 것을 원칙으로 한다.

3.2.4.5.3 배관은 진동, 자중, 내압력, 지진하중, 열하중 등으로 인하여 생기는 응력에 견딜 수 있는 것으로 하고, 적절한 장소에 지지대로 지지하도록 한다.

3.2.4.5.4 배관 재료는 내구성을 고려한 것을 사용한다.

3.2.5 전자 제어장치를 이용하는 기기의 구조는 다음과 같다.

3.2.5.1 사용 상태에서 전원 회로가 열림에서 닫힘, 대기 상태에서 운전 상태로 될 때 가연성 가스의 방출 등 기기가 오작동 되지 아니하는 것으로 한다.

3.2.5.2 사용 상태에서 제어 회로의 일부가 단락 또는 단선되었을 때 기기의 이상 과열, 가연성 가스의 방출 등 안전성에 지장이 없는 것으로 한다.

3.2.6 전동기를 갖추고 있는 기기의 구조는 다음과 같다.

3.2.6.1 회전자의 위치에 관계없이 시동되는 것으로 한다.

3.2.6.2 정상적인 운전이 지속될 수 있는 것으로 한다.

3.2.6.3 전원 이상이 있는 경우에도 안전에 지장 없는 것으로 한다.

3.2.6.4 전동기를 사용하는 것은, 통상 사용할 때 전동기의 회전이 지장을 받지 않는 구조여야 한다. 단, 전동기의 회전이 방해받아도 위험이 생길 우려가 없을 때는 관계없다.

3.2.7 전기배선의 구조는 다음과 같다.

3.2.7.1 사용 시 피복의 손상 등이 생기지 아니하는 것으로 한다.

3.2.7.2 배선에 사용한 도선은 가능한 짧게 하고 필요한 장소에는 절연, 방열보호, 고정 등의 조치를 한다.

3.2.7.3 배선에 2N의 힘을 가하였을 때 고온부에 접촉할 우려가 있는 배선은 접촉된 경우에 이상을 발생시킬 우려가 없는 것으로 한다.

3.2.7.4 배선에 2N의 힘을 가하였을 때 가동부에 접촉할 우려가 없는 것으로 한다.

3.2.7.5 피복이 있는 전선을 고정하는 경우로서 관통구를 통과하거나 또는 2N의 힘을 가하였을 때 다른 부분에 접촉하는 경우에는 피복이 손상되지 아니하도록 한다.

3.2.7.6 접속기에 접속한 것은 5N의 힘을 가하였을 때 빠지지 아니하도록 한다.

3.2.7.7 리드선, 단자 등을 교체할 수 있는 경우에는 리드선, 단자 등의 접속이 잘못되었을 경우 장치가 작동되지 아니하거나 이상 없이 작동되는 것으로 한다.

3.2.7.8 전기기기의 리드선, 단자 등은 숫자, 문자, 기호, 색 등의 방법으로 식별 가능한 조치를 한다. 다만 다음의 경우에는 그러하지 아니하다

- (1) 접속부의 크기를 달리하는 등의 물리적인 방법에 의해서 오접속을 방지할 수 있도록 조치된 경우
- (2) 리드선 또는 단자가 3개 밖에 없고 그 중 2개를 교환하여도 기기의 운전에 영향이 없는 경우

3.2.7.9 기구와 기구를 접속하는 전선이 단락, 과전류 등의 이상이 발생한 경우에 작동하도록 퓨즈, 과전류 보호장치 등을 갖춘다.

3.2.7.10 아크가 전달될 우려가 있는 부분에 사용하는 전기 절연물은 아크로 인하여 그 성능이 저하되지 아니하도록 한다.

3.2.7.11 전원전선, 기구사이를 접속하는 전선 및 기능상 부득이하게 기체외부에 노출되는 관통구멍은, 보호 부싱이나 적당한 보호장치를 한 경우를 제외하고는 전원전선 등이 손상될 우려가 없도록 절단면을 매끄럽게 처리하고 그 외의 적당한 보호가공을 해야 한다.

3.2.8 충전부의 구조는 다음과 같다.

3.2.8.1 충전부는 드라이버, 스패너 등 공구, 보수점검용 열쇠 등을 이용하지 아니한 상태로 쉽게 분리되는 부분을 제거한 상태에서 시험지가 충전부에 접촉하지 아니하도록 한다. 다만, 충전부가 다음에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.

- (1) 설치한 상태에서 쉽게 사람에게 접촉할 우려가 없는 설치면의 충전부
- (2) 질량이 40 kg을 넘는 몸체 밑면의 개구부로부터 40 cm 이상 떨어진 충전부
- (3) 구조상 노출될 수밖에 없는 충전부로서 다음 중 어느 하나에 해당하는 것
 - (3-1) 절연변압기에 접속된 2차 쪽 회로의 대지전압과 선간전압이 교류인 경우는 30 V 이하, 직류인 경우는 45 V 이하의 것
 - (3-2) 1k Ω 저항을 대지간 및 선간에 접속한 경우는 그 저항에 흐르는 전류가 상용주파수 이상의 주파수에 있어서 감전의 위험을 발생시킬 우려가 없는 경우를 제외하고 1 mA 이하의 것

3.2.9 접지는 다음과 같이 한다.

3.2.9.1 접지용 단자 또는 그 근처에 쉽게 지워지지 아니하는 방법으로 접지용 단자라고 표시한다.

3.2.9.2 접지용 단자는 접지선을 쉽고 확실하게 설치할 수 있는 것으로 하고, 접지용 단자 나사의 호칭지름은 4mm 이상 (눌러서 체결하는 형태의 나사의 호칭지름은 3.5mm 이상) 인 것으로 한다.

3.2.9.3 접지 기구는 사람이 접촉할 수 있는 금속부와 전기적으로 안전하게 접속하거나 또는 쉽게 느슨해지지 아니하도록 견고하게 설치할 수 있는 것으로 한다.

3.2.9.4 접지용 단자의 재료는 충분한 기계적 강도를 가지고 부식되지 아니하는 것으로 한다.

3.2.9.5 접지용 케이블은 다음 중 어느 하나에 해당되는 것으로 한다.

(1) 직경이 1.6mm의 연동선, 또는 같은 수준 이상의 강도 및 두께를 가지고 쉽게 부식되지 아니하는 금속선

(2) 공칭 단면적이 1.25mm² 이상의 단심코드 또는 단심캡타이어케이블

(3) 공칭 단면적이 0.75mm² 이상의 2심 코드로 2선의 도체를 양단에서 꼬아 합치거나 납땜 또는 압착한 것

(4) 공칭 단면적이 0.75mm² 이상의 다심 코드(꼬아 합친 코드를 제외한다) 또는 다심캡타이어케이블의 1개의 선심

3.2.9.6 접지용 케이블 또는 그 근처에 쉽게 지워지지 아니하는 방법으로 접지용 케이블임을 나타내는 표시를 한다.

3.2.10 전기부품 및 부속품의 정격전압, 정격전류 및 허용전류는 전기부품 및 부속품에 가해진 최대전압 또는 최대전류 이상인 것으로 한다.

3.2.11 공기 및 유체의 이동관련 기기의 구조는 다음과 같다.

3.2.11.1 팬, 터보 축전기 및 블로어는 용도에 적절한 것을 선정하여 쉽게 점검할 수 있는 것으로 한다.

3.2.11.2 베어링은 운전온도에 적합한 것으로 하고 필요에 따라 윤활유 공급 방법이 강구되어 있는 것으로 한다.

3.2.12 급·배기통 구조는 다음과 같다.

3.2.12.1 연료전지 및 연료전지 안에 설치된 가스용품의 급·배기통은 한국가스안전공사 또는 ISO Guide 65에 의한 인증기관으로부터 제품 인증을 받은 제품을 사용하고, 급·배기통과 연료전지의 결

합부는 기밀이 유지될 수 있는 구조로 한다.

3.2.12.2 실외설치용 연료전지의 급·배기구는 내식성이 있는 재료를 사용하고, 배기가스가 급기구로 유입되지 않는 구조로 한다.

3.2.13 분리형 연료전지의 구조 및 재료는 다음과 같다.

3.2.13.1 연료전지는 하나의 시스템으로 구성되어야 하나 제조사의 설계사양에 의해 2개로 분리되어 구성된 경우 아래의 조건을 모두 만족해야 한다.

- (1) 두개의 시스템을 연결하는 가스 및 물배관은 이 기준에 따라 적합한 것으로 하고, 외부의 충격 및 간섭에 영향으로 받지 않도록 적절한 보호조치를 한다.
- (2) 실외설치용 연료전지의 경우 두개의 시스템을 연결하는 가스배관을 설치 할 경우, KGS AA913 고압가스용 실린더캐비닛 제조의 시설·기술·검사기준 3.2에 지정된 재료 중 사용하는 가스의 종류·압력·온도 및 사용환경에 적절한 것으로 한다
- (3) 두개의 시스템은 하나의 시스템으로 인식 될 수 있도록 외관 설계를 하고, 각각의 시스템에 동일한 제조번호가 표시된 명판을 부착한다.

3.2.14 연료저장모듈은 특정고압가스용 실린더 캐비닛으로 하여야 한다. 다만, 저장용량이 10L미만인 경우는 제외한다

3.2.15 저장모듈에서 연료전지로 공급되는 연료의 압력은 1MPa 미만이어야 한다.

3.3 장치

연료전지는 그 연료전지의 안전성과 편리성을 확보하기 위하여 다음 기준에 따른 장치를 갖춘다.

3.3.1 정전안전장치(내용 없음)

3.3.2 역풍방지장치(내용 없음)

3.3.3 소화안전장치(내용 없음)

3.3.4 그 밖의 장치

3.3.4.1 전기장치

3.3.4.1.1 전기장치는 열적 영향이 적은 위치에 설치한다.

3.3.4.1.2 전기장치의 작동은 원활하고 확실한 것으로 한다.

3.3.4.2 보호장치

3.3.4.2.1 연료전지 발전 유닛은 운전 상태의 확인이 가능한 표시를 갖춘 것으로 하고, 계속 운전에 지장이 발생하였을 경우 자동적으로 시스템을 안전하게 정지시키는 기능이 설치되어 있는 것으로 한다.

3.3.4.2.2 3.3.4.2.1의 보호장치는 제어장치가 전자동, 반자동 및 수동의 경우와 연료전지 발전 유닛의 기동 및 정지의 경우에도 대응할 수 있는 것으로 한다.

3.3.4.2.3 지락, 단락 사고 시의 보호조치는 다음과 같이 한다.

- (1) 연료전지 발전 유닛 쪽의 전기회로가 지락된 경우 이를 검출하여 사고 부분을 분리하거나 연계를 분리하는 등 보호기능을 갖춘 것으로 한다. 다만, 회로 구성상 연료전지의 전로가 접지되어 있고 적절한 보호가 되어 있는 경우에는 그러하지 아니하다.
- (2) 축전장치를 갖는 연료전지 발전 유닛에는 직류 회로를 보호하는 퓨즈, 배선용 차단기 등을 갖춘 것으로 한다.
- (3) 연계 운전 및 독립 운전 시의 부하 단락에 대해서는 연료전지 발전 유닛을 안전하게 정지 또는 보호하는 기능을 갖춘 것으로 한다.
- (4) 연료전지 셀 스택에는 외부 기기로부터 전류가 유입하지 아니하도록 한다.

3.3.4.2.4 연료전지 발전 유닛에는 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 자동으로 정지하는 안전장치를 갖춘다.

- (1) 연료 계통 안 의 연료 가스의 압력 또는 온도가 현저하게 상승하였을 경우
- (2) 연료 가스의 누출을 검지하였을 경우
- (3) 제어장치에 이상이 생겼을 경우
- (4) 제어 전원 전압이 현저하게 저하하였을 경우
- (5) 연료전지 셀 스택에 과전류가 생겼을 경우
- (6) 연료전지 셀 스택의 발생 전압에 이상이 생겼을 경우
- (7) 연료전지 셀 스택의 온도가 현저하게 상승하였을 경우
- (8) 연료전지 발전 유닛 안의 온도가 현저하게 상승하였을 경우
- (9) 연료전지 발전 유닛 안의 환기장치에 이상이 생겼을 경우
- (10) 연료전지 발전 유닛의 패키지가 외부로 개방된 경우

3.3.4.3 전력변환장치

3.3.4.3.1 전력변환장치는 입력 운전 전압 범위에서 출력전압, 주파수 등의 정격에 적합하고 안정적으로 운전되는 것으로 한다.

3.3.4.3.2 전력변환장치는 입력 전압의 범위에서 비정상인 동작 또는 고장이 없는 것으로 한다.

3.3.4.3.3 계통 연계 시는 일반적으로 연료전지 발전 유닛의 운전 조건에서 예상되는 최대 출력을 변환할 수 있는 전력변환장치를 선정한다.

3.3.4.3.4 독립 운전 시는 전부하 용량에 대하여 충분히 여유가 있는 독립 운전 용량을 갖는 전력변환장치를 선정한다.

3.3.4.3.5 출력 전기 방식은 직류, 단상 2선식, 삼상 3선식 및 삼상 4선식을 표준으로 한다.

3.3.4.4 배열회수장치

열매체 계통에서 구조적으로 공기가 빠지기 어려운 위치에는 공기빼기 기능이 설계되어 있는 것으로 한다.

3.4 성능

연료전지는 그 연료전지의 안전성과 편리성을 확보하기 위하여 다음 기준에 따른 성능을 가지는 것으로 한다.

3.4.1 제품 성능

3.4.1.1 기밀 성능

연료전지가 정지되어 있는 상태에서 가스통로의 기밀 성능은 다음 기준에 적합한 것으로 한다.

3.4.1.1.1 가연성가스의 기밀 성능은 규정압력(자동 차단밸브를 닫은 상태에서는 가스입구에서 자동 차단밸브까지 LNG는 4.2kPa, LPG는 4.95kPa), 그 이외의 개폐할 수 있는 구간은 최고사용압력의 1.1배)에서의 누출량이 70 mL/h 이하인 것으로 한다.(연료전지 셀 스택을 제외한다)

3.4.1.1.2 압력을 인가해 기밀을 측정 할 수 없는 가연성가스 구간은 누출검사 시 가스누출이 없어야 한다.

3.4.1.2 살수 성능

3.4.1.2.1 옥외용 및 강제급배기식 기동 성능

옥외용의 경우 그림 1, 강제급배기식의 경우 그림 2와 같이 설치 후 각 방향에서 5분간 살수 하였을 때 표 3.4.1.4.1의 항목별 성능에 적합한 것으로 한다.

표 3.4.1.4.1 항목별 성능기준

항목		성능
살수 상태	기동	(1) 기기에 교류 정격주파수 및 정격전압 또는 직류 정격전압의 90%에 해당하는 전압을 인가했을 때 3회 중 3회 모두 기동 될 것. 다만, 3회 중 1회라도 기동되지 아니하는 경우는 추가로 2회 기동을 실시하여 2회 모두 기동 될 것(5회 중 4회 기동) (2) 기동로 폭발이 되지 아니할 것
	운전상태	운전상태가 안정하고 송전 전력, 스택 전압, 스택 전류, 연료 유량, 각 부분의 온도에 변화가 없이 시스템의 거동이 안정 될 것.

3.4.2 재료 성능

3.4.2.1 옥외식 기기의 외부 재료는 표 3.4.2.1에 규정되어 있는 내식성이 있는 금속재료를 사용하거나 합성수지를 사용한다. 표 3.4.2.1에 나타낸 금속 재료 이외의 것에 대해서는 KS D 9502(염수 분무 시험방법)에 따라 염수분무시험을 실시하여 이상이 없어야 하며, 합성수지 부분은 80℃±3℃의 공기 중에 1시간 방치한 후 자연냉각 시켰을 때 부풀음, 균열, 갈라짐 등의 이상이 없어야 한다.

표 3.4.2.1.5 내식성이 있는 금속 재료

재 료
주물(Casting)
다이캐스팅으로 만든 주물(Die cast)
스테인레스(Stainless steel)
표면처리강(Surface treated steel)
알루미늄 및 알루미늄합금(Aluminium and aluminium alloy)
구리 및 구리합금(Copper and copper alloy)

3.4.3 작동 성능

3.4.3.1 전기기동 성능

3.4.3.1.1 교류 정격주파수에서 정격전압 또는 직류 정격전압의 90% 전압으로 3회 중 3회 모두 기동 되는 것으로 한다. 다만, 3회 중 1회라도 기동되지 아니한 경우는 추가로 2회 기동을 실시하여 2회 모두 기동 되는 것으로 한다.(5회 중 4회 기동)

3.4.3.2 가스소비량 성능

3.4.3.2.1 정격출력 가스소비량 성능

연료전지를 정격출력 상태로 운전하여 정격발전 상태에서 10분 이상 경과한 후 안정한 상태에 도달하였을 때(출력 변동폭이 대략 ±2% 이내가 된 상태, 이하 동일) 측정을 시작하여 아래 식에 의해 계산 된 가스소비량은 표시가스 소비량의 ±10 % 이내인 것으로 한다.

- 부피 가스량 V를 측정하였다면,

$$Q_c = H_i \cdot \frac{10^3}{3600} \cdot V \cdot \sqrt{\frac{101.32 + p_g}{101.32} \cdot \frac{p_a + p_g}{101.32} \cdot \frac{288.15}{273.15 + t_g} \cdot \frac{d}{d_r}}$$

그러므로:

$$Q_c = \frac{H_i \cdot V}{214.9} \cdot \sqrt{\frac{(101.32 + p_g) \cdot (p_a + p_g)}{(273.15 + t_g)}} \cdot \frac{d}{d_r}$$

- 질량 가스량 M을 측정하였다면,

$$Q_c = H_i \cdot \frac{10^3}{3600} \cdot M \cdot \sqrt{\frac{101.32 + p_g}{p_a + p_g} \cdot \frac{273.15 + t_g}{288.15} \cdot \frac{d_r}{d}}$$

그러므로:

$$Q_c = \frac{H_i \cdot M}{61.1} \cdot \sqrt{\frac{(101.32 + p_g) \cdot (273.15 + t_g)}{(p_a + p_g)}} \cdot \frac{d_r}{d}$$

여기에서,

Q_c : 진발열량으로 (15 °C, 101.3 kPa(1 atm), 건조가스) 보정된 가스 소비량, kW;

V : 습도, 온도 및 압력 조건하에서 가스미터를 통해 측정되는 부피 가스량, m³/h;

M : 측정된 가스의 질량, kg/h;

H_i : 15 °C, 101.3 kPa(1 atm), 건조 기준가스의 진발열량 MJ/m³, MJ/kg;

t_g : 가스 미터의 가스 온도, °C;

d : 시험 가스의 밀도;

d_r : 기준 가스의 밀도;

p_g : 가스 미터에서의 가스 압력, kPa;

p_a : 시험을 실시하였을 때의 대기압, kPa;

3.4.3.3 온도상승 성능

3.4.3.3.1 평상 시 온도상승 성능

측온관에 연료전지와 측온관 사이의 간격이 제조업자가 지정하는 이격 거리가 되도록 설치한다.

연료전지 발전부는 정격출력으로 설정하여 가동 한 후 정격발전 후 2시간 동안 측정 된 항목별 허용최고온도 기준은 표 3.4.3.3.1에 적합한 것으로 한다.

표 3.4.3.3.1 항목별 허용최고온도 기준

항목	허용최고온도	
조작 시 손이 닿는 부분	금속제, 도자기제 및 유리제의 것	60 °C 이하
	그 외의 것	70 °C 이하
가연성가스 차단밸브(기구밸브를 포함한다) 본체의 가연성가스가 통과하는 부분의 외표면	85 °C 또는 내열시험 온도에서 기밀시험에 적합하고 조작에 이상 없는 것이 확인된 온도 이하	
권선 (괄호 안수치는 회전기에 적용한다)	A종 절연:100 °C 이하	
	E종 절연:115 °C 이하	
	B종 절연:125(120) °C 이하	
	F종 절연:150(140) °C 이하	
	H종 절연:170(165) °C 이하	
정류기 셀	셀리늄 정류기 셀: 75 °C 이하	
	게르마늄 정류기 셀: 60 °C 이하	
	실리콘 정류기 셀: 135 °C 이하	

항목	허용최고온도
기기후면, 측면 및 위쪽천정면의 목벽의 표면과 기기 아랫면의 목대(거치형만을 말한다)의 표면	100℃ 이하
배기통 톱 또는 급기구 톱의 주변 목벽 및 급배기구통의 벽관통부의 목벽의 표면	

※ 온도시험 외부 기준온도는 35℃

3.4.3.3.2 이상 시 온도상승 성능

서모스탯 등 자동적으로 온도 또는 가스량을 조절하는 기능을 작동하지 못하도록 설정 후

3.4.3.3.1 정상 시 온도상승 성능 시험과 동일한 조건으로 측정 된 항목별 허용최고온도 기준은 표 3.4.3.3.2에 적합한 것으로 한다.

표 3.4.3.3.2 항목별 허용최고온도 기준

항목	허용최고온도
기기후면, 측면 및 위쪽천정면의 목벽의 표면과 기기 아랫면의 목대(거치형만을 말한다)의 표면	100℃ 이하
배기통 톱 또는 급기구 톱의 주변 목벽 및 급배기구	100℃ 이하

3.4.3.4 운전상태 성능

연료전지의 운전상태 성능은 표 3.4.3.4에 적합한 것으로 한다. 다만, 옥외식의 경우, H₂농도와 CO농도 항목은 제외한다.

표 3.4.3.4 항목별 운전상태 성능

항 목	성 능
운전상태	기동 및 운전상태가 안정할 것
H ₂ 농도	연료전지의 기동 및 정지 또는 기동이 실패한 상태에서 배기가스 배출부 전면에 걸쳐서 가능한 평균으로 건조 배기가스 중의 H ₂ 농도 및 O ₂ 를 측정하여 다음식에 의해 계산한 H ₂ 는 1%이하 이어야 한다. - 수소 및 산소농도를 측정할 경우, $H_2 = Ha \times \frac{O_{2t}}{O_{2t} - O_{2a}}$ 여기에서 H ₂ : 이론 건조 배기가스 중의 H 농도(부피 %) O _{2t} : 급기구 분위기 중(건조 상태)의 O ₂ 농도 측정값(부피 %), 신선한 공기인 경우는 21% O _{2a} : 건조 배기가스 중의 O ₂ 농도 측정값(부피 %)
이론 건조 배기가스 중의 CO농도 (부피	정격운전상태에서 연료전지의 배기가스 배출부 전면에 걸쳐서 가능한 평균으로 건조 배기가스 중의 CO농도 및 O ₂ 또는 CO ₂ 농도를 측정하여 다음식에 의해 계산한 CO %는 0.10% 이하 이어야 한다. - CO 및 O ₂ 농도를 측정할 경우,

%) (이하 CO %라 한다)	$CO = CO_a \times \frac{O_{2t}}{O_{2t} - O_{2a}}$ <p>- CO 및 CO₂ 농도를 측정할 경우,</p> $CO = CO_a \times \frac{CO_{2max}}{CO_{2a} - CO_{2t}}$ <p>여기에서 CO: 이론 건조 배기가스 중의 CO 농도(부피 %) CO_a: 건조 배기가스 중의 CO 농도 측정값(부피 %) O_{2t}: 급기구 분위기 중(건조 상태)의 O₂ 농도 측정값(부피 %), 신선한 공기인 경우는 21% O_{2a}: 건조 배기가스 중의 O₂ 농도 측정값(부피 %) CO_{2max}: 이론 건조 배기가스 중의 CO₂ 농도(부피 %) CO_{2a}: 건조 배기가스 중의 CO₂ 농도 측정값(부피 %) CO_{2t}: 급기구 분위기 중(건조 상태)의 CO₂ 농도 측정값(부피 %)</p>
------------------	---

3.4.3.5 발전부 안정 성능

3.4.3.5.1 열회수 효율 성능

연료전지 발전 모듈로부터 발생한 열을 회수하여 온수저장시스템에 축열하는 시스템에 대해 연료전지 발전 모듈과 온수저장시스템간의 유체 순환 유량 및 온도를 측정할 수 있도록 제조사와 협의하여 시험용 배관을 설치한다.(그림 3 참조) 보조보일러 혹은 온수기를 가동하지 않도록 설정 후 열 회수를 위한 입력수의 온도(T1)는 10~25℃로 유지하도록 온수 취수량(F3)을 조정한다. 연료전지를 가동하여 정격출력 후 1시간 동안 데이터를 수집 한 후 아래의 공식을 이용해 계산된 열회수 효율은 제조업소가 표시한 값 이상인 것으로 한다.

$$\eta H = \sum [(T_2 - T_1) \times F_2] \times \frac{S}{3600} \times \frac{100}{I}$$

여기에, ηH: 열회수 효율(%)

Σ: []안의 순간 측정치의 측정 시간내의 적산치

T₂: 발전모듈로부터 열 회수한 출력수 온도 (℃)

T₁: 발전모듈의 열 회수를 위한 입력수 온도 (℃)

F₂: 발전모듈로부터 열 회수한 출력수 유량 (L/h)

S: 열 회수 유체의 비열 (kJ/(L℃))

I: 정격출력 가스소비량 (kWh)

3.4.3.5.2 전기출력 성능

3.4.3.5.1 열회수 효율 성능과 같은 조건으로 가동하여 정격 발전 후 30분 동안 전기출력을 측정하여 그 값을 평균한 값이 표시정격출력의 ±10% 이내 인 것으로 한다. 단, 전기출력 성능은 필요에 따라 제조자가 선언한 부분 부하 출력에 대해서도 확인할 수 있다.

3.4.3.5.3 발전효율 성능

3.4.3.5.1 열회수 효율 성능과 같은 조건으로 기동 후 아래의 식에 의해 계산된 효율은 제조업소가 표시한 값 이상인 것으로 한다.

$$\eta E = \frac{W_{out} - W_{in}}{I} \times 100$$

여기서, ηE : 발전 효율(%)
 W_{out} : 송전 전력량(kWh)
 W_{in} : 수전 전력량(kWh)
 I : 적산 연료 소비량(kWh)

3.4.3.6 직류지락 성능

연료전지 셀 스택의 전로가 지락된 경우에는 자동으로 연료가스 통로를 차단하고 계통연계형의 경우, 계통에서 분리하는 등 안전하게 정지하도록 한다. 다만, 전력변환장치의 변압기가 절연형의 경우에는 그러하지 아니하다.

3.4.3.7 안전장치 성능

연료전지에서 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 안전장치가 작동하여 연료전지가 안전하게 자동정지 하는 것으로 한다. 단, 필요한 경우 제조사와 협의를 통한 모의시험을 통해 정상작동 여부를 확인 할 수 있다.

- (1) 연료 계통 안의 연료 가스의 압력 또는 온도가 현저하게 상승하였을 경우
- (2) 연료 가스의 누출을 검지하였을 경우
- (3) 제어장치에 이상이 생겼을 경우
- (4) 제어 전원 전압이 현저하게 저하하였을 경우
- (5) 연료전지 셀 스택에 과전류가 생겼을 경우
- (6) 연료전지 셀 스택의 발생 전압에 이상이 생겼을 경우
- (7) 연료전지 셀 스택의 온도가 현저히 상승한 경우
- (8) 기기 안의 온도가 현저히 상승한 경우
- (9) 기기의 환기장치에 이상이 발생한 경우
- (10) 연료전지 발전 유닛의 패키지가 외부로 개방된 경우

3.4.3.8 유풀 성능

3.4.3.8.1 옥외식 및 강제급배기식의 기동·운전 성능

옥외식인 경우에는 그림 6에 표시한 2방향, 강제급배기식인 경우에는 그림 7의 (A) 및 (B)의 각각에 대해서 5m/s의 바람을 보내 표 3.4.3.11.1의 기동 성능기준에 적합한 것으로 한다. 표 3.4.3.11.1의 운전상태의

경우 옥외식인 경우에는 그림 6에 표시한 2방향, 강제급배기식인 경우에는 그림 7의 (A), (B),(C) 및 (D)의 각각에 대해서 2.5m/s의 바람을 3분간 보내고 추가로 (A) 및 (B)에서 각각 15m/s의 바람을 1분간 보내어 성능기준에 적합한 것으로 한다.

표 3.4.3.11.1 항목별 옥외식 및 강제급배기식의 기동·운전 성능

항 목		성 능
유풍상태	기 동	(1) 기기에 정격주파수 및 정격전압의 90%에 해당하는 전압을 인가했을 때 3회 중 3회 모두 기동 되는 것. 다만, 3회 중 1회라도 기동되지 아니하는 경우는 추가로 2회 기동을 실시하여 2회 모두 기동 되는 것(5회 중 4회 기동) (2) 기동시 이상음이 발생하지 않을 것
	운전상태	운전상태가 안정할 것

3.4.3.9 절연 성능

3.4.3.10 절연저항 성능

500V의 절연저항계(정격전압이 300V를 초과하고 600V이하인 것은 1000V) 또는 이것과 동등한 성능을 가지는 절연저항계로 측정된 연료전지의 충전부와 외면(외면이 절연물인 경우는 외면에 밀착시킨 금속박)사이의 절연저항은 1MΩ 이상으로 한다. 단, 연료전지 셀스택, 30V이하의 BOP 및 서지 보호기는 회로로부터 떼 내어 실시 할 수 있다.

3.4.3.11 절연내력 성능

연료전지의 충전부와 외면(외면이 절연물인 경우는 외면에 밀착시킨 금속박)사이에 표 3.4.3.11에 해당하는 교류 전압을 1분간 연속하여 가했을 때 절연내력에 견디는 것으로 한다. 또한, 시험 후 3.4.1.2의 절연저항 성능에 적합한 것으로 한다.

표 3.4.3.11 절연내력 시험의 전압

	시 험 전 압	
	50V 이하	50V이상
입력단자	500Vrms	(2×정격전압+1000)Vrms
출력단자	1500Vrms	

3.4.3.12 누설전류시험

연료전지를 그림 8과 같은 시험조건으로 설치 후 단상 기기는 정격 전압의 1.06배와 같은 전압을, 3상 기기는 정격 전압의 1.06배와 같은 전압을 $\sqrt{3}$ 으로 나눈 전압을 연료전지에 인가했을 때 측정된 누설전류는 5mA 이하이어야 한다.

3.4.3.13 절연거리시험

3.4.3.13.1 공간거리측정시험

공간거리 측정시험은 아래 표 3.4.3.13.1.1의 오염 등급 기준에 따라 표 3.4.3.13.1.2 또는 표 3.4.3.13.1.3에 나타난 공간거리 이상이어야 하며, 서지내성시험 중 절연파괴 등이 없는 것으로 한다.

표 3.4.3.13.1.1 오염등급기준

오염등급	환경
1	주요 환경 조건이 비전도성 오염이 없는 마른 곳, 오염이 누적되지 않는 곳
2	주요 환경 조건이 비전도성 오염이 일시적으로 누적될 수도 있는 곳
3	주요 환경 조건이 오염이 누적되고 습기가 있는 곳
4	주요 환경 조건이 먼지, 비, 눈 등에 노출되어 오염이 누적되는 곳

표 3.4.3.13.1.2 오염 정도에 따른 공간거리 및 시험 임펄스 전압(주회로와 외함 사이)

정격절연전압 Vac기준($V_{dc} = V_{ac} \times \sqrt{2}$)	오염 정도				임펄스 전압
	1	2	3	4	1.2/50 μ s
$50 < x \leq 100$	0.5	0.5	0.8	1.6	1.5
$100 < x \leq 150$	1.5	1.5	1.5	1.6	2.5
$150 < x \leq 300$	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0
$300 < x \leq 600$	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0
$600 < x \leq 1000$	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0

표 3.4.3.13.1.3 오염 정도에 따른 공간거리 및 시험 임펄스 전압(주회로내에서)

정격절연전압 Vac기준($V_{dc} = V_{ac} \times \sqrt{2}$)	오염 정도				임펄스 전압
	1	2	3	4	1.2/50 μ s
$50 < x \leq 100$	0.1	0.2	0.8	1.6	0.8
$100 < x \leq 150$	0.5	0.5	0.8	1.6	1.5
$150 < x \leq 300$	1.5	1.5	1.5	1.6	2.5
$300 < x \leq 600$	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0
$600 < x \leq 1000$	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0

3.4.3.13.2 연면거리측정시험

연면거리는 표 3.4.3.13.2.1의 CTI 분류기준에 따라 표 3.4.3.13.2.2 의 해당되는 연면거리 이상이어야 한다.

표 3.4.3.13.2.1 KS C IEC 60664-1에 따른 CTI 분류기준표

절연물질 그룹	CTI 범위
I	$600 \leq CTI$
II	$400 \leq CTI < 600$
IIIa	$175 \leq CTI < 400$
IIIb	$100 \leq CTI < 175$

표 3.4.3.13.2 절연재질에 따른 연면거리

	오염정도								
	1	2				3			
		절연재질				절연재질			
정격절연전압(Vrms)		I	II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$50 < x \leq 80$	0.22	0.67	0.95	1.3	1.3	1.7	1.9	2.1	2.1
$80 < x \leq 125$	0.28	0.75	1.05	1.5	1.5	1.9	2.1	2.4	2.4
$125 < x \leq 250$	0.56	1.25	1.8	2.5	2.5	3.2	3.6	4.0	4.0
$250 < x \leq 500$	1.30	2.5	3.6	5.0	5.0	6.3	7.1	8.0	8.0
$500 < x \leq 1000$	3.2	5.0	7.1	10.0	10.0	12.5	14.0	16.0	16.0

3.4.3.13.3 감전보호시험

IEC 61032에서 규정한 테스트 핑거 및 테스트 핀이 연료전지 안의 42.4Vac(침투치기준) 또는 42.4Vdc 이상의 충전부와 접촉되지 않아야 한다. 또한 충전부는 외함 또는 최소한 KS C IEC 60529에 의한 IP2X(고체 침투에 대한 보호등급)의 요구사항에 적합한 보호벽을 가져야 하며, 쉽게 접근 가능한 외함 또는 보호벽의 표면은 IP3X(고체 침투에 대한 보호등급)의 요구에 맞아야 한다.

3.4.3.13.4 접지연속성 시험

무부하 전압이 12V 이하인 교류 또는 직류 전원을 사용하여 접지 단자 또는 접지극과 사람이 닿을 수 있는 금속부와의 사이에 기기의 정격 전류의 1.5배와 같은 전류 또는 25A의 전류 중 큰 쪽의 전류를 인가 한 후 전류와 전압 강하로부터 산출한 저항 값은 0.1Ω이하 이어야 한다.

3.4.3.14 전력변환장치 시험항목

표 3.4.3.14 독립/연계형 연료전지 시험 항목

시험항목		독립형	계통 연계형
보호 기능	출력과전압 및 부족전압 보호기능 시험	○	○
	주파수상승 및 저하 보호기능 시험	×	○
	단독운전방지기능 시험	×	○
	복전 후 일정시간 투입방지기능 시험	×	○
	입력과전압 및 부족전압 보호기능 시험	○	○
	출력 과전류 보호기능 시험	○	○
	과온도상승 보호기능 시험	○	○
정상 특성	출력전류 직류분 검출 시험	○	○
	교류출력 역률 시험	×	○
	교류출력전류 왜형률 시험	×	○
	교류전압 및 주파수 추종범위 시험	×	○
	효율시험	○	○
	직류리플 전압시험	○	○
과도 응답	계통전압 급변 시험	×	○
	계통전압 위상급변 시험	×	○
	계통전압 왜형률 내량 시험	×	○
	계통전압 불평형 시험	×	○

시험항목		독립형	계통연계형
외부 사고	부하 불평형 시험	×	○
	계통전압 불평형 시험	×	○
	출력 측 단락 시험	○	○
	부하 차단 시험	○	○

3.4.3.14.1 전력변환장치 보호기능 성능

3.4.3.14.1.1 출력과전압 및 부족전압 보호기능 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 모의 계통전원의 전압을 조정하여 보호등급은 표 3.4.3.14.1 및 고장차단시간은 표 3.4.3.14.2의 각 항목별 성능에 적합한 것으로 한다.

표 3.4.3.14.1.1 출력 과전압 및 부족전압 보호등급 범위

보호장치 항목	보호등급 범위(V)
출력 과전압	공칭전압의 110% ~ 111%
출력 부족전압	공칭전압의 88% ~ 87%

표 3.4.3.14.1.2 출력 과전압 및 부족전압 고장제거시간

전압 범위 (기준전압에 대한 비율 %)	고장제거시간(초)
$V < 50$	0.16
$50 \leq V \leq 88$	2.00
$110 < V < 120$	2.00
$V \geq 120$	0.16

※ 고장제거시간 : 계통에서 비정상 전압상태가 발생한 때로부터 전원 발전설비가 계통으로부터 완전히 분리될 때까지의 시간

3.4.3.14.2 주파수상승 및 저하 보호기능 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 모의 계통전원의 주파수를 조정하여 보호등급은 표 3.4.3.14.2.1 및 고장차단시간은 표 3.4.3.14.2.2의 각 항목별 성능에 적합한 것으로 한다.

표 3.4.3.14.2.1 출력 주파수 상승 및 저하 보호등급 범위

보호장치 항목	보호등급 범위(Hz)
출력 주파수 상승	60.2 ~ 60.3
출력 주파수 저하	59.8 ~ 59.7

표 3.4.3.14.2.2 출력 주파수 상승 및 저하 고장제거시간

주파수 범위(Hz)	고장 제거 시간
> 60.5	0.16
< 59.3	0.16

3.4.3.14.3 단독운전방지기능 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전시킨 상태에서 그림 9과 같이 설치 후 R, L 및 C 부하를 조정하여 부하 소모전력과 연료전지 출력 전력과 유효전력 차이인 $\Delta P(P_A - P_L)$ 와 무효전력 차이인 $\Delta Q(Q_A - Q_L)$ 가 각각 $\pm 10\%$ 범위 내에서 $\pm 5\%$ 단계별로 조합한 모든 조건 하에서 스위치 SW_{CB} 를 개방하여 단독운전 조건을 설정 했을 때 연료전지의 전력변환장치는 0.5초 이내에 개폐기를 개방하거나 게이트 블록기능이 동작되어야 한다.

3.4.3.14.4 복전 후 일정시간 투입방지기능 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 계통의 개방하여 정전을 발생시킨 후 10초 후 복전 시켰을 때 복전해도 5분 동안은 재운전을 하지 않아야 한다. 5분 후 자동으로 재가동하는 연료전지는 재운전시 출력 전류가 정격전류의 150% 이하이어야 한다.

3.4.3.14.5 입력과전압 및 부족전압 보호기능 시험

1) 전력변환장치에 모의 정격 입력 전압을 인가하여 서서히 상승 또는 하강시켜 전력변환장치가 정지하는 전압을 측정하여 제조사가 설정한 값의 $\pm 5\%$ 이내이어야 한다.

2) 전력변환장치가 정지한 입력과전압 보호전압의 110% 또는 입력부족전압 보호전압의 90%까지 계단 함수 형태로 상승 또는 하강시켜 전력변환장치가 정지하는 시간을 측정하여 0.5초 이내에 전력변환장치의 개폐기 개방 또는 게이트 블록 기능이 동작되어야 한다.

3.4.3.14.6 출력 과전류 보호기능 시험

전력변환장치를 정격으로 운전한 후, 전류를 서서히 상승시켜 제조사가 제시한 출력 과전류 보호 설정값에서 전력변환장치가 정지하는 시간을 측정하여 0.5초 이내에 전력변환장치의 개폐기 개방 또는 게이트 블록 기능이 동작되어야 한다.

3.4.3.14.7 과온도상승 보호기능 시험

전력변환장치의 온도를 서서히 상승시켜 제조사가 제시한 (차단기준온도+10)°C 이하서 과온도 상승 보호장치가 작동하여 시스템을 안정하게 정지 시켜야 한다.

3.4.3.15 전력변환장치 정상특성 성능

3.4.3.15.1 출력전류 직류분 검출 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 시스템이 안정화 되었을 때 출력 전류의 직류전류성분은 정격전류의 0.5% 이내이어야 한다.

3.4.3.15.2 교류출력 역률 시험

계통의 선로 임피던스를 표 3.4.3.15.2에 맞게 설정 후 연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로

운전한 상태에서 시스템이 안정화 되었을 때 측정된 역률은 0.95 이상이어야 한다.

3.4.3.15.2 선로 임피던스(IEC 60725)

구분	선로임피던스
3상	0.24Ω+j0.15Ω(각상), 0.16Ω+j0.1Ω(중성선)
단상	0.4Ω+j0.25Ω

3.4.3.15.3 교류출력전류 왜형률 시험

계통의 선로 임피던스를 표 3.4.3.15.2에 맞게 설정 후 연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 시스템이 안정화 되었을 출력 전류에 포함되는 차수별 고조파 전류 성분 i_{ACn} 을 측정 후 다음 식에 따라 계산된 종합 고조파 왜형률(THD)은 5% 이내, 각 차수별 왜형률은 3% 이내인 것으로 한다.

$$\text{종합 왜형률(THD)} = \frac{\sqrt{\sum (i_{ACn})^2}}{I_{AC1}}$$

여기서,

i_{ACn} : 출력 전류의 n차 고조파 전류 성분 실효값(A)

n : 고조파 차수 (2~40차)

I_{AC1} : 출력 전류의 기본파 실효값(A)

3.4.3.15.4 교류전압 및 주파수 추종범위 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 계통 전압의 크기는 공칭전압의 88%~110% 사이, 주파수는 59.2Hz~60.2Hz 사이에서 각각 천천히 변화시켰을 때 연료전지는 계통 전압 및 주파수 변화에 추종하여 안정하게 운전되어야 한다. 또한 전압 및 주파수 변경 시 역률은 0.95 이상이어야 하며, 출력 전류의 종합 왜형률은 5%이내, 각 차수별 왜형률은 3% 이내 이어야 한다.

3.4.3.15.5 효율시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태로 부하역률은 정격값, 입력측 전압 또는 전류 맥동률과 출력측 전압 왜곡률(독립형) 또는 전류 왜곡률(계통연계형)이 규정된 값을 초과하지 않은 상태에서 20분 경과 후 아래의 계산식을 이용하여 산출한 전력변환장치 효율은 제조사가 선언한 값 이상인 것으로 한다.

$$\eta = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} \times 100$$

여기서 η : 정격부하효율(%)

P_{AC} : 정격부하상태에서 전력변환장치 출력(kW)

P_{DC} : 정격부하상태에서 전력변환장치 입력(kW)

3.4.3.15.6 출력전압안정도시험

연료전지를 정격 출력으로 운전한 상태로 20분 경과 후, 정격 입력 전압에서 정격 출력부하의 50% 상태에서 출력전압 오차를 측정하여 제조자가 제시한 사양 또는 10% 이내 이어야 한다.

$$\eta_c = \frac{V_r - V_a}{V_r} \times 100$$

여기서 η_r : 출력전압 오차
 V_r : 50% 정격 출력 전압
 V_a : 50% 출력 전압

3.4.3.15.7 직류리플 전압시험

정격 전압 및 정격 주파수로 정격 운전하고 직류 전원은 인버터 출력이 정격 출력이 되도록 설정한 후, 정격 출력 도달 15분 후 전력변환장치의 직류 입력 전류를 측정하고 다음식에 따라 리플률을 산출하여 입력 전류의 리플률이 10% 이내이어야 한다.

$$RF = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_d} \times 100$$

여기서,

A_{\max} : 리플을 포함한 직류 전류의 최대값(A)
 A_{\min} : 리플을 포함한 직류 전류의 최소값(A)
 A_d : 리플을 포함한 직류 전류의 평균값(A)

3.4.3.16 전력변환장치 과도응답특성 성능

3.4.3.16.1 계통전압 급변 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 계통 전압을 공칭전압의 110% 및 88%까지 계단함수 형태(상승/하강 시간 1주기 이하)로 급격히 변화시켰을 때 연료전지는 계통전압의 급속한 변동에 추종해서 안정적으로 운전이 되어야 하며, 계통전압 급변 시 출력전류의 변동은 정격출력전류의 150% 이하이어야 한다.

3.4.3.16.2 계통전압 위상급변 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 출력 전압 위상을 0°로 기준하여, 계통전압의 위상을 +10° 및 -10°로 계단 함수 형태로 변화시켰을 때 연료전지는 계통전압 위상에 추종하여 안정하게 운전하고, 이때 출력전류의 변동이 정격전류의 150% 이하 이어야 한다. 또한 계통전압의 위상을 +120°로 계단 함수 형태로 변화시켰을 때 연료전지는 급격히 변화하는 계통전압 위상에 추종하여 안정하게 운전하거나, 안전하게 정지하여야 한다.

3.4.3.16.3 계통전압 왜형률 내량 시험

계통의 선로 임피던스를 표 3.4.3.15.2에 맞게 설정 후 연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 전압의 종합 왜형률이 약 5% 정도 되도록 기본과 전압에 중첩시켰을 때 연료전지는 안정하게 운전하여야 하며, 역률은 0.95 이상이어야 한다.

3.4.3.16.4 계통전압 불평형 시험

연료전지의 배전방식이 3상4선식인 경우, 계통의 선로 임피던스를 표 3.4.3.13.4.2과 같이 설정 후 상전압의 불 평형이 U상: $220\angle 0^\circ[V]$, V상: $205\angle -120^\circ[V]$, W상: $227\angle 120^\circ[V]$ 가 되도록 계통전압을 조정 할 때 연료전지는 안정하게 운전하여야 한다. 또한 역률은 0.95 이상이어야 하며, 출력 전류의 종합 왜형률은 5%이내, 각 차수별 왜형률은 3% 이내 이어야 한다.

3.4.3.16.5 부하 불평형 시험

연료전지가 3상 독립형인 경우 정격용량에 해당하는 부하를 연결한 후 U, V, W상 중 한상의 부하를 0으로 조정 할 때 연료전지는 30분 동안 안정하게 운전되어야 한다.

3.4.3.17 외부사고 성능

3.4.3.17.1 출력 측 단락 시험

연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 계통을 단락 시킬 때 연료전지는 단락전류를 검출하여 0.5초 이내에 개폐기 개방 또는 게이트 블록 기능이 동작하여 시스템을 안정하게 정지시키고 시스템 어떤 부위에도 손상이 없어야 한다.

3.4.3.17.2 부하 차단 시험

부하를 접속하지 않은 상태에서 연료전지를 정격 전압, 정격 주파수 및 정격 출력으로 운전한 상태에서 계통을 개방했을 때 연료전지는 부하차단을 검출하여 0.5초 이내에 개폐기 개방 및 게이트블록 기능이 동작하여야 하며, 부하차단시의 과전압이 정격의 150% 이하이어야 한다.

3.4.3.17.2 계통전압 순간정전·순간강하 시험

3.4.3.17.2.1 다음의 경우 전력변환장치는 안정하게 정지하거나, 운전을 계속한다. 만일 정지한 경우 자동으로 재가동하는 기기는 복전 후 5분 이후에 운전이 재개되어야 한다.

1) 전력변환장치를 정격 출력전압, 주파수 및 출력 운전상태에서 0.3초간 정전 또는 순간정전 위상 투입각을 0° , 45° , 90° 로 할 경우

2) 전력변환장치 출력(교류 전원측)에 0.3초간의 순간 전압 강하(정격의 70%) 또는 순간 강하의 위상 투입각을 0° , 45° , 90° 로 할 경우

3.4.3.17.2.2 계통 전압의 정전 또는 강하시 교류출력 전류의 변동이 정격 전류의 150% 이하이며 0.5초 이하인 것으로 한다.

3.4.3.18 환경안정 성능

3.4.3.18.1 습도시험

실내설치용 연료전지의 경우 연료전지를 주위 온도 40℃, 상대습도 (90~95)% RH의 환경에서 48시간 방치 후 3.4.1.2 및 3.4.1.3항의 성능 기준을 만족해야 한다.

3.4.3.18.2 온습도 사이클 시험

실외설치용 연료전지의 경우 연료전지를 KS C 0228에 따라 설치 후 저온 서브 사이클을 포함한 24시간의 사이클을 5회 실시 후 3.4.1.2.1 및 3.4.1.3.1 항의 성능 기준을 만족해야 한다.

3.4.3.19 전자파적합 성능

3.4.3.19.1 정전기 방전 내력 시험

연료전지에 정격전압을 인가한 상태에서 시험장치 및 설치조건을 IEC 61000-4-2 규격에 맞게 설정 후 표 3.4.3.19.1의 시험레벨을 연료전지가 대기, 작동 및 Lock-out 상태에서 각각 인가한다. 이때 엄격도가 2에서는 연료전지가 이 규격의 성능기준에 따라 정상작동을 해야 하며, 엄격도가 3에서는 안전한 상태를 유지해야 한다.

표 3.4.3.19.1 정전기방전 시험 레벨

엄격도	접촉방전(kV)	기중방전(kV)
2	4	4
3	6	8

3.4.3.19.2 전기적 빠른 과도현상 내성 시험

시험장치 및 설치조건을 IEC 61000-4-4 규격에 맞게 설정 후 연료전지에 정격전압을 인가한 상태에서 표 3.4.3.19.2의 시험레벨을 연료전지가 대기, 작동 및 Lock-out인 상태에서 각각 인가한다. 이때 엄격도가 2에서는 연료전지가 이 규격의 성능기준에 따라 정상작동을 해야 하며, 엄격도가 3에서는 안전한 상태를 유지해야 한다.

표 3.4.3.19.2 정전기방전 시험 레벨

엄격도	전원공급단자(kV)	입출력신호, 데이터, 제어단자(kV)
2	1,0	0,5
3	2,0	1,0

3.4.3.19.3 서지 내성 시험

시험장치 및 설치조건을 IEC 61000-4-5 규격에 맞게 설정 후 연료전지에 정격전압을 인가한 상태에서 표 3.4.3.19.3의 시험레벨을 연료전지가 대기, 작동 및 Lock-out인 상태에서 각각 인가한다. 이때 엄격도가 2에서는 연료전지가 이 규격의 성능기준에 따라 정상작동을 해야 하며, 엄격도가 3에서는 안전한 상태를 유지해야 한다. 단, Lock-out 상태를 발생시킬 수 없으면, shut-down 상태에서 펄스를 인가한다.

표 3.4.3.19.3 서지 시험 레벨

엄격도	선로와 선로사이(kV)	선로와 접지사이(kV)
2	0,5	1,0
3	1,0	2,0

3.4.3.19.4 순시정전, 전압강하 시험

IEC 61000-4-5 규격에 맞게 시험장치 및 설치조건을 설정 후 표 3.4.3.19.4의 시험전압과 지속시간을 조합하여 연료전지에 인가한다. 이때 순시정전 및 전압강하는 연료전지가 대기, 작동 및 Lock-out인 각각의 상태에서 정격 주파수 상의 랜덤 위상에서 각각 3차례 이상 수행되어야 한다. 단, 순시정전 및 전압강하를 인가하는 간격은 10초 이상이어야 한다. 순시정전 및 전압강하 지속시간이 1주기 이하일 경우 연료전지는 이 규격의 성능기준에 따라 정상작동을 해야 하며, 1주기를 초과일 경우 안전한 상태를 유지해야 한다.

표 3.4.3.19.4 순시정전 및 전압강하 시험 레벨

시험 레벨(V)	지속시간(주기)
정격전압의 0%	0,5
	1
정격전압의 40%	5
	10
정격전압의 70%	25
	50

3.4.3.19.5 전자파 전도 내성 시험

시험장치 및 설치조건을 IEC 61000-4-6 규격에 맞게 설정 후 연료전지에 정격전압을 인가한 상태에서 표 3.4.3.13.7.5의 시험레벨을 연료전지가 대기, 작동 및 Lock-out인 상태에서 모든 주파수 범위를 최소한 1번 이상 각 상태에서 훑을 수 있도록 인가한다. 이때 엄격도가 2에서는 연료전지가 이 규격의 성능기준에 따라 정상작동을 해야 하며, 엄격도가 3에서는 안전한 상태를 유지해야 한다.

표 3.4.3.19.5 전자파 전도 내성 시험 레벨

주파수 대역 150kHz ~ 80MHz		
엄격도	전압레벨(emf)	
	$U_0 [dB(\mu V)]$	$U_0 [V]$
2	130	3
3	140	10

3.4.3.19.6 전도 방출 시험

CISPR 14-1 해당 항목에 적합한 것으로 한다.

3.4.3.19.7 전압변동 및 플리커 시험

시험장치 및 설치조건을 IEC 61000-3-3 규격에 맞게 설정 후 정격출력으로 운전하는 상태에서 측정된 단기플리커 P_{st} 값은 1.0이하, 장기플리커 P_{lt} 값은 0.65이하, 상대전압변화특성 $d(t)$ 는 500ms 이상 3.3% 이하, 안정상태의 상대전압변화 d_c 는 3.3% 이하, 최대상대전압변화 d_{max} 는 4% 이하이어야 한다.

3.4.3.20 부품 성능 시험

3.4.3.20.1 자동 차단밸브

밸브를 2°20회/분 속도로 30,000회 내구성 시험을 실시 후 작동은 만족스럽게 유지되어야 하며, 3.4.1.1의 기밀성능을 만족해야 한다.

3.5 열처리(내용 없음)

3.6 표시

연료전지에는 그 연료전지를 안전하게 사용할 수 있도록 하기 위하여 다음 기준에 따른 표시를 한다.

3.6.1 제품표시

연료전지에는 보기 쉬운 곳에 쉽게 떨어지지 아니하도록 명판을 부착하고, 명판에는 다음 사항을 기재한다.

- (1) 제품명
- (2) 형식호칭(모델명)
- (3) 사용가스명
- (4) 사용가스압력범위(kPa)
- (5) 가스소비량 {kW}
- (5-1) 정격출력가스소비량
- (6) 정격출력(kW)
- (7) 발전효율 및 열효율(%)
- (8) 급배기방식 및 급배기통 접속구경
- (9) 배기통의 최대길이(강제배기식 및 강제급·배기식만을 말한다)
- (10) 정격전압{V(발전전압을 표시)}, 정격주파수{Hz(발전주파수를 표시)}
- (11) 제조번호나 로트번호
- (12) 제조연월일
- (13) 품질보증기간
- (14) 제조자명(수입품은 판매자명)
- (15) A/S연락처

주 의

1. 이 보고서는 한국가스안전공사에서 시행한 기관
고유사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 한국가스안전
공사에서 시행한 기관고유사업의 연구결과임을
밝혀야 합니다.
3. 본 보고서에 관한 문의는 아래의 문의처로 연락
하여 주시기 바랍니다.

문의처 : 한국가스안전공사 가스안전연구원
에너지안전연구부(Tel:031-310-1474, Fax:031-315-4363)