



장기운전에 따른 5 kW급 고분자 전해질 연료전지 스택의 특성

이정운 · †김재동 · 박달영

한국가스공사 연구개발원 LNG기술연구센터
(2007년 2월 26일 접수, 2007년 9월 17일 채택)

Characteristics of 5 kW Class Proton-Exchange-Membrane Fuel Cell(PEMFC) Stack according to the Long-Term Operation

Jung-woon Lee · †Jae-Dong Kim · Dal-Ryung Park

LNG Technology Research Center, R&D Division, Korea Gas Corporation
(Received 26 February 2007, Accepted 17 September 2007)

요 약

스택의 디자인과 운전조건을 최적화하여 PEMFC stack의 성능을 상당히 증진시킬수 있다. 그러한 결과로, 500시간의 DSS(Daily Start-up & Shutdown) 누적 운전후에 일별 운전성능은 조금의 편차가 있었지만 (0.02-0.9%), 스택의 성능은 거의 변화가 없음을 알 수 있었다. 따라서 PEMFC 시스템의 상용화를 위해서는 스택의 수명 및 운전의 신뢰성을 향상시켜야 한다.

Abstract – The performance of PEMFC stack can be improved significantly by optimizing the design and operating conditions. As a result, the performance of daily operation showed slight deviation (0.02-0.9%) after accumulated DSS operation for 500 hrs but the stack performance was stable. Therefore, it is confirmed that it would be improved the life-time of stack and operation reliability for the commercialization of PEMFC system.

Key words : PEMFC, Long-term Operation, Stack

I. 서 론

천연가스의 수요는 점점 증대하고 있어, 현재의 방식으로 천연가스를 가정용, 상업용으로 사용하면 60~70년 이내에 지구상의 존재하는 천연가스는 모두 소모될 수 있다. 그러나 연료전지 시스템은 천연가스가 가지는 에너지를 가장 효율적으로 전기로 전환하고, 적은 양의 천연가스로 동일한 에너지를 창출할 수 있어, 천연가스를 효율적으로 이용할 수 있게 한다.

이를 이용한 인산형 연료전지[1], 고체산화물 연료전지[2] 등도 운전 특성평가에 대한 연구가 활발하지만, 특히 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)는 환경 친화적인 성격을 가지고 있으며, 타 연료전지에 비해 작동 온도가 낮아(100°C 이하) 고온의 재질을 필요로 하지 않아서 유지 보수가 간단한 편이다. 그래서 현재 촉매 개발 및 담지 방법 개발, 신뢰성 및 내구성 향상 등에 대한 연구가 활발한 실정이다[3,4].

스택의 장기 성능 평가는 PEMFC 스택의 상용화를 위하여 확보해야 하고, 장기간 운전시 발생하는 여러 상황에 대한 적절한 조치와 개선방안은 반드시 요구되어진다.

또한 PEMFC의 상용화가 되기전에 제품의 가격이 \$200/kW('2002)서 \$30/kW 이하로의 가격이 인하되어야 하는 것이 선결과제이다[5].

고분자 연료전지 시스템이 상용화되어 활용되기 위해서는 초기 특성보다 장시간의 내구성이 더욱 중요한 의미를 갖기 때문에 본 연구에서는 장기간 운전에서 따른 스택의 특성을 알아보려고 한다.

II. 실험방법

78개 셀의 전극유효면적이 295 cm²인 고분자 전해질 연료전지 스택의 성능 평가는 운전온도 60°C~70°C에서 (스택의 냉각수 출구 온도기준) 완전 가습 조건에서 실시하였다. 이후 스택의 가동은 작동온도까지 가습된 기체를 서서히 상승시키면서 수행하였다.

†주저자:nature@kogas.or.kr

5 kW PEMFC 스택의 운전은 약 60°C에서 진행하였으며, 가습기의 온도를 변화시키는 등 여러 운전조건에서의 특성을 비교 평가하고자 하였다. 스택에 공급된 가스는 충분히 가습될 수 있도록(R.H.=100%) 가습기에서 가습되어 공급되었다.

장시간 운전을 위해 개질가스 및 수소가스의 이용률 변화에 대한 스택의 동적 운전특성을 파악하기 위하여, 수소이용율을 70~80%, 공기 이용율을 40~50%로 변화시켜 가면서 이용률에 대한 스택 전압을 평가하였다.

또한 장시간 운전시에는 DDS 누적 운전 시간에 대한 스택의 전압을 측정하였다. 이때의 이용률은 H₂/N₂ (80%), Air(40%)이고, 스택온도는 65°C, 전류밀도 300 mA/cm²에서 장기운전을 수행하였다.

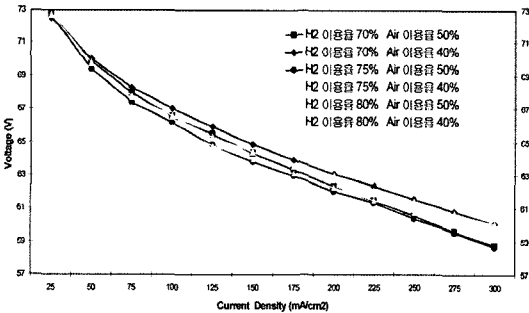
III. 결 과

3.1. 장기운전 특성 평가

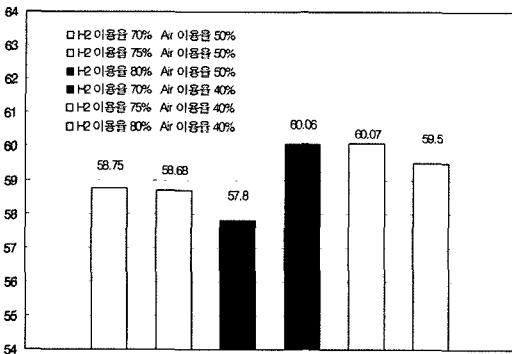
5 kW PEFC의 장시간 운전시 성능 평가를 위해 운전

조건별 연료전지의 특성을 알아보았다. Fig. 1에서는 음극에 개질가스가 아닌 수소의 이용률만을 바꾸어 가면서 I-V plot에 의한 연료전지의 특성을 알아보았다. 수소 이용률 70과 75%에서 Air 이용률 40%일 때 60.6 V에서 300 mA/cm²의 전류를 발생시켰고, 수소 이용률 80%에서 Air 이용률 50%일 때는 225 mA/cm²의 전류를 발생시켰다. 수소 이용률이 낮아질수록 높은 성능을 나타내지만 70과 75% 이용률에서는 거의 비슷한 결과를 얻어냈다.

Fig. 2에서는 음극에 질소를 첨가하여 개질가스 형태로 가스를 흘려주면서 이용률을 바꾸어 가면서 I-V plot에 의한 연료전지의 특성을 알아보았다. 개질가스 이용률 70%에서 Air 이용률 40%일 때 60 V에서 300 mA/cm²의 전류를 발생시켰고, 개질가스 이용률 80%에서 Air 이용률 50%일 때는 225 mA/cm²의 전류를 발생시켰다. 순수한 수소만을 유입시켰을 때는 이용률 70과 75%에서 비슷한 특성을 보였으나 질소를 첨가하여 유입시켰을 때에는 이용률 70%가 75%보다 높은 연료전

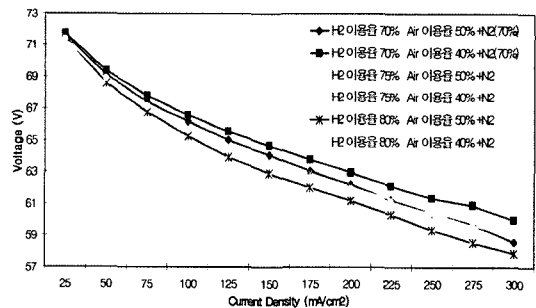


(a)

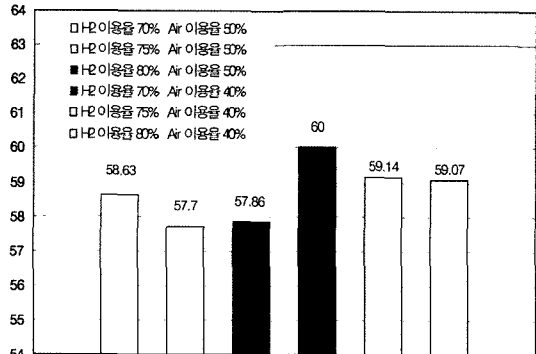


(b)

Fig. 1. I-V characteristics (a) and Stack voltage (b) according to the gas utilization rate at stack temperature of 65°C (at Current Density 300 mA/cm²).



(a)



(b)

Fig. 2. I-V characteristics (a) and Stack voltage (b) according to the utilization rate of reformat gas (H₂:N₂=75:25) at stack temperature of 65°C (at Current Density 300 mA/cm²).

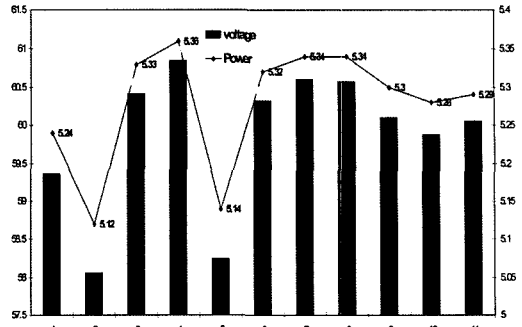
Table 1. Stack voltage, cell voltage and Power with stack temperature (at Current Density of 300 mA/cm², (H₂/N₂(80%), Air(40%))).

°C	55.1	62.8	72.3
SV	58.4	58.75	59.06
CV	0.671	0.675	0.679
kW	5.15	5.18	5.21

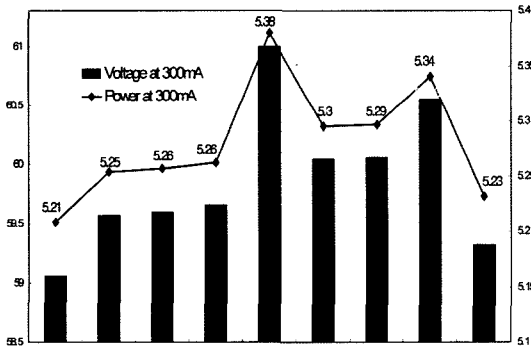
here, °C(Temperature), SV(Stack Voltage), CV(Cell Voltage), kW(Power)

지의 특성을 띠고 있음을 알 수 있다. 이는 질소 가스 첨가로 인한 수소농도의 저하와 수소가스가 전극에서 반응을 방해하는 이유에서 기인한다.

Table 1은 전류밀도 300 mA/cm²에서 스택온도에 따른 스택전압, 셀전압과 Power를 나타내고 있다. 스택온도 72.3°C에서 셀 전압이 0.679 V이고, 스택온도 55.1°C에서 셀전압이 0.671 V 값을 지닌다. 또한 온도에 따라 각각 72.3°C에서 출력이 5.21 kW이고, 55°C에서 5.15의 값을 나타내고 있다. 스택의 온도가 올라갈

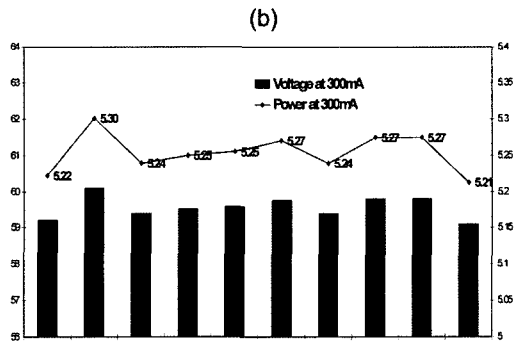


Date	누적시간 (hr)	V(stack Voltage)	kW (Power)
10/04(1)	184	59.36	5.24
10/05(2)	192	58.06	5.12
10/10(3)	216	60.41	5.33
10/11(4)	224	60.85	5.36
10/12(5)	232	58.24	5.14
10/18(6)	264	60.32	5.32
10/19(7)	272	60.6	5.34
10/25(8)	296	60.57	5.34
10/27(9)	304	60.1	5.3
11/02(10)	320	59.88	5.28
11/03(11)	328	60.05	5.29



Date	누적시간 (hr)	V(stack Voltage)	kW (Power)
8/30(1)	8	59.06	5.21
9/08(2)	48	59.57	5.25
9/09(3)	56	59.60	5.26
9/13(4)	72	59.66	5.26
9/14(5)	80	61	5.38
9/15(6)	88	60.04	5.30
9/21(7)	112	60.06	5.29
9/22(8)	120	60.56	5.34
9/26(9)	144	59.32	5.23

(a)



Date	누적시간 (hr)	V(stack Voltage)	kW (Power)
11/09(1)	352	59.2	5.22
11/10(2)	360	60.1	5.3
11/15(3)	384	59.4	5.24
11/18(4)	392	59.52	5.25
11/21(5)	408	59.58	5.25
11/22(6)	416	59.75	5.27
11/29(7)	456	59.4	5.24
12/05(8)	488	59.8	5.27
12/07(9)	496	59.8	5.27
12/08(10)	504	59.1	5.21

(c)

Fig. 3. Characteristics of daily long-term operation using by reformat gas ((H₂/N₂(80%), Air(40%)), stack temp=65°C, at Current Density 300 mA/cm²).

Fig. 3. Continued.

수록 연료전지의 성능이 좋아지는 결과를 얻었다. 이는 스택온도가 올라갈수록 연료전지의 성능이 증가하는 이유는 반응활성이 증가함에 기인한다. 하지만 스택온도가 올라가면 물의 포화증기압이 상승하면서 반응가스의 농도가 낮아져 적절한 스택온도의 조절이 연료전지의 성능에 중요한 운전조건이 되겠다.

5 kW급 PEFC 스택은 A사에서 운전을 진행하여 약 500시간 누적 운전을 진행한 상태이다(Fig. 3). Fig. 3의 (a)의 144시간 동안의 편차는 0.2~1.3%, (b)의 328시간까지의 편차는 0.03~3%, (c)의 504시간까지의 편차는 0.02~0.9로 시간이 갈수록 성능의 저하는 전혀 일어나지 않았음을 알 수 있다. 이는 장시간 운전시 스택의 안정성을 나타내는 지표로 판단되어 진다. 특히 본 연구에서는 DSS 누적운전시간을 적용시켰기 때문에 연속운전을 할 경우는 500시간 보다 훨씬 장시간 후에도 스택의 안정성을 보일 것으로 사료된다.

결과에 의하면 DSS에 의하여 일별 운전 성능의 조건의 편차가 있었지만, 500시간의 장시간 운전후에도 연료전지의 성능은 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 이러한 운전을 통하여 스택의 안정성 및 신뢰성을 검증하였고 운전 결과 data를 새로운 스택 제작에 반영하여, 스택의 성능과 신뢰성을 향상시키는 연구를 진행해왔다. 이는 실제로 장기간 가정용 연료전지 시스템의 현장 적용에 있어 좋은 지표가 됨을 알 수 있다.

IV. 결 론

스택의 장기운전에 따른 안정성 향상을 위하여 가스켓의 소재도 기존의 실리콘계 고무에서 FKM으로 변경

하였으며, 가스켓 sealability 개선을 위하여 고무의 경도도 55로 상향 조정하였다. 이외에도 스택 전체의 설계에 있어서도 스택의 경량화를 위하여 compression plate의 소재를 기존의 금속계 소재에서 engineering plastic으로 개선하였으며, 고가의 금도금을 요구하는 current collector의 design도 개선하였다. 이러한 스택개선이 장기운전에 직접적인 연관을 가짐을 알 수 있다.

1) 가스 이용율을 변화시키면서 개질가스와 수소와의 성능을 비교한 결과, 수소이용율이 낮아질수록 높은 성능을 낮아 내지만 70%와 75%의 이용율일 때는 비슷한 결과를 나타낸다.

2) 장기운전 특성 평가시 504시간 이후에도 스택의 초기 성능과 비교해 거의 안정한 값을 나타낸다.

참고문헌

- [1] 임희천, 안교상, 설진호, 이창우, “50 kW급 인산형연료전지 발전시스템의 장기 운전평가”, *한국에너지학회*, 4(3), 315-323, (1995)
- [2] 임탁형, 송락현, 신동열, 양정일, 정현, Vinke I.C., “500 w급 연료극 지지체 평판형 SOFC 스택의 운전특성”, *신재생에너지*, 2(2), 44-49, (2006)
- [3] Oh, I.H., “PEMFC Technique of Vehicle Power”, HYUDAI Fuel Cell Workshop, 97-114, (2002)
- [4] Kim, H.G., “A study on the Dynamic Analysis in the Shaft of Turbo-blower for Fuel Cell”, *KSMTE*, 13(1), 81-87, (2004)
- [5] Isa Bar-On, Randy Kirchain, Richard Roth, *J. of Power Sources*, 109(1), 71-75, (2002)