

메탄올 농도에 따른 직접 메탄올 연료전지의 성능 해석

조 창 환, 김 용 찬*, 장 영 수**†

고려대학교 기계공학과 대학원, *고려대학교 기계공학과, **한국과학기술연구원

Performance Characteristics of Direct Methanol Fuel Cell with Methanol Concentration

Changhwan Cho, Yongchan Kim*, Young-Soo Chang**†

Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

*Department of Mechanical Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea

**Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea

(Received August 28, 2007; revision received February 13, 2008)

ABSTRACT: DMFC(Direct Methanol Fuel Cell) is one of promising candidates for power sources of small mobile IT devices like notebook, cell phone, and so on. Efficient operation of fuel cell system is very important for long-sustained power supply because of limited fuel tank size. It is necessary to investigate operation characteristics of fuel cell stack for optimal control of DMFC system. The generated voltage was modeled according to various operating condition; methanol concentration, stack temperature, and load current. It is inevitable for methanol solution at anode to cross over to cathode through MEA(membrane electrode assembly), which reduces the system efficiency and increases fuel consumption. In this study, optimal operation conditions are proposed by analyzing stack performance model, cross-over phenomenon, and system efficiency.

Key words: Direct methanol fuel cells(직접 메탄올 연료전지), System efficiency(시스템 효율), Static model(정적 모델), Crossover(크로스오버)

기 호 설 명

E	: 기전력 [V]	l_{MEA}	: 이온전도막의 두께 [m]
F	: 패러데이 상수 [96485 C/mol]	M	: 몰농도 [mol/l]
ΔH	: 엔탈피 변화량 [W]	N_{cell}	: 스택의 단위 셀 적층 수
I	: 전류 [A]	n	: 반응 전자 수
j	: 전류 밀도 [A/cm^2]	Q_{LHV}	: 저위 발열량 [J/mol]
j_o	: 전류 교환 밀도 [A/cm^2]	R	: 기체상수 [J/mol K]
k_{MEA}	: 이온전도막의 전기 전도도 [$\Omega^{-1}m^{-1}$]	R_{MEA}	: 이온전도막의 전기 저항 [Ω]
		T	: 온도 [K]
		$\chi_{crossover}$: 크로스오버 유량비 [-]

† Corresponding author

Tel.: +82-2-958-6746; fax: +82-2-958-5689

E-mail address: yschang@kist.re.kr

그리스 문자

α : 전하 교환 계수

- η : 연료전지 효율
- λ : 식(2)의 전압 손실 계수

하첨자

- a* : 활성화 분극
- c* : 농도 분극
- in* : 연료극, 공기극의 입구
- lim* : 한계 전류
- OCV* : 개회로 전압
- out* : 연료극, 공기극의 출구

1. 서 론

소형 이동 IT기기의 사용이 생활화되면서, 장시간동안 사용할 수 있는 전력 공급원에 대한 관심이 증가 되고 있는 가운데 직접 메탄올 연료전지에 대한 연구가 활발해지고 있다. 고분자 전해질 막 연료전지(Polymer electrolyte membrane fuel cell, PEMFC)의 한 종류인 직접 메탄올 연료전지(Direct methanol fuel cell, DMFC)는 메탄올을 연료로 연소에 의한 반응이 아닌 화학 반응을 통하여 직접 전기에너지를 발전하는 시스템이다. 메탄올은 수소에 비하여 에너지 밀도가 높으며(수소 658 kcal/l, 메탄올 3800 kcal/l) 보관과 이동이 용이하다는 장점을 가지고 있다.⁽¹⁾ 시스템의 구성상 별도의 개질기 및 가습 장치가 필요 없기 때문에 간단한 시스템의 구성이 가능하며, 소형 동력원으로서의 이용이 기대되고 있다. 그러나 메탄올은 수소에 비하여 낮은 등가전압(standard electrode potentials)과 이온전도막을 통한 공기극 측으로 메탄올이 투과하는 현상(crossover)에 의하여 수소 고분자 전해질 막 연료전지에 비해 낮은 개회로 전압(open circuit voltage, OCV)을 나타낸다. 크로스오버는 메탄올 농도의 구배에 의한 확산, 양자의 이동에 의한 전기삼투(electro-osmotic) 그리고 연료극과 공기극의 차압에 의하여 생기며, 이온전도막을 통과한 메탄올이 공기극의 산소와 반응하여 공기극의 농도분극을 촉진할 뿐 아니라 연료전지의 효율을 급감시킨다.⁽²⁾

본 연구에서는 DMFC의 소형 동력원으로서 성능과 효율을 고려한 운전점의 설정을 위하여 스택의 온도와 메탄올 수용액의 농도에 따른 연료전지의 출력 전압과 효율을 분석하였다.

2. 연료전지 시스템의 구성 및 모델링

2.1 DMFC 시스템

DMFC 시스템의 최적 제어를 위한 작동점을 선정하기 위해서는 연료전지에서 화학반응이 일어나 전기가 발생하는 스택 부분의 모델링과 성능해석이 필요하다.

Fig. 1은 DMFC 연료전지 시스템의 개략도이며, 시스템의 구성은 스택에 메탄올 수용액을 공급하기 위한 메탄올 수용액 순환부와 공기를 공급하기 위한 공기 공급부, 혼합탱크에 메탄올을 공급하기 위한 메탄올 공급부, 시스템의 제어를 위한 제어부로 이루어진다.

메탄올 수용액 순환부에서는 메탄올 수용액이 혼합탱크에서 순환 펌프의 작동으로 스택으로 이동하며, 반응 후 남은 메탄올 수용액은 반응에 의해 생성된 이산화탄소와 같이 기액 분리기로 이동하여 분리된 후 다시 혼합탱크에 저장된다.

공기 공급부는 대기의 공기를 블로어의 작동에 의해 스택으로 공급하게 되며, 반응 후 남은 공기는 응축기로 이송하여 수분을 응축시킨다. 응축된 물과 공기는 기액 분리기로 이동한 후 공기는 대기로 방출되며 응축된 물은 혼합탱크에 저장된다.

메탄올 공급부에서는 반응에 의하여 묶여지는 혼합탱크 내의 메탄올 수용액의 농도를 맞추기 위하여 메탄올을 연료 펌프의 구동에 의해 메탄올 탱크에서 혼합탱크로 공급한다.

제어부는 소형 시스템의 특성상 간단한 구조 및 제어 로직을 위하여 연료 측 순환펌프와 공기 측

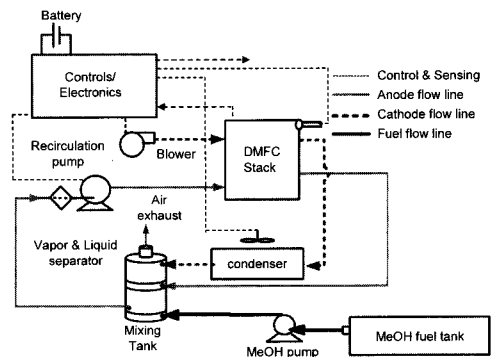


Fig. 1 Schematic of DMFC system.

의 블로어를 일정하게 가동하여 메탄올 수용액과 공기의 유량을 일정하게 유지하며, 혼합탱크내의 수위와 메탄올 수용액의 농도 조절을 위하여 응축기의 팬과 메탄올 펌프의 유량을 조절한다.

2.2 단위전지의 모델링

연료전지의 전류에 따른 전압은 전류가 증가하면서 활성화 분극과 저항 분극 그리고 농도 분극에 의한 손실이 나타나게 되며 다음과 같은 식으로 표현된다.⁽³⁾

$$E_{cell} = E_{ocv} - \frac{RT}{\alpha nF} \left(\ln\left(\frac{1}{j_0}\right) + \ln(j) \right) - R_{MEA}j - \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \frac{RT}{nF} \ln\left(\frac{j_L}{j_L - j}\right) \quad (1)$$

식(1)은 연료전지의 전류에 따른 전압을 나타내는 기본 식으로 우변의 항은 각각 개회로 전압, 활성화 분극, 저항 분극, 농도 분극에 의한 영향을 나타내는 항으로 이루어져 있으며, α 는 정반응과 역반응의 비를 나타내는 계수로 0에서 1사이의 값을 가지며, n 은 메탄올 1몰이 반응 시 생성되는 전자의 수로 DMFC의 경우 6의 값을 갖는다.⁽³⁾

Fig. 2는 전류의 증가에 따른 활성화 분극과 저항 분극 그리고 농도 분극의 크기를 나타낸 것으로, 활성화 분극은 저전류 영역에서 급격히 증가하여 고전류 영역에서는 변화가 적으며, 저항 분극은 전류가 커짐에 따라 일정하게 증가하며, 농도분극은 활성화 분극과는 반대로 저전류영역에

서 영향이 작고 고전류 영역에서의 영향이 크다.

수소를 연료로 하는 PEMFC와는 다르게 DMFC의 경우 반응 온도, 메탄올 수용액의 농도, 전지의 발생 전류의 크기 및 메탄올 수용액의 유량에 따라 크로스오버가 발생하며, 이는 개회로 전압과 한계 전류 값을 낮추기 때문에⁽¹⁾ 모델식을 통하여 반영할 수 있어야 한다.

단위전지의 모델의 경우 Kulikovsky⁽⁴⁾는 크로스 오버를 고려하여 공기극과 연료극에서의 전압 손실을 Tafel 식을 바탕으로 하여 계산함으로써 단위 전지를 모델링 하였으며, Sundmacher et al.⁽⁵⁾은 단위 전지를 검사 체계적으로 하여 질량 보존을 이용하여 반응 농도에 따른 공기극과 연료극의 과전압을 계산함으로써 단위 전지를 모델링 하였다.

연료전지의 성능해석을 위해서는 스택의 온도, 메탄올 수용액의 농도 그리고, 전류의 발생량에 따른 전압과 크로스오버를 포함한 전체 연료의 소비량 등을 해석할 수 있어야 하나 기존 모델로는 원하는 해석이 불가능하다. 따라서 스택의 운전 시 스택온도와 메탄올 수용액의 농도에 따른 발생 전압과 사용되는 연료의 소비량을 나타낼 수 있는 모델의 개발이 필요하다.

Gurau and Smotkin⁽¹⁾의 실험값을 온도와 농도의 변화에 따라 분석하여 보면, 개회로 전압의 경우 온도와 농도의 변화에 따라 농도가 증가할수록 온도가 감소할수록 낮아진다. 또한, 저전류 영역에서의 전압의 감소는 농도의 변화에는 크게 영향을 받지 않으며, 온도의 변화에는 온도가 낮을수록 감소폭이 크다. 한계 전류값의 경우는 온도가 감소할수록 낮아지며, 농도에 따라서는 1M과 2M 사이에서 최대값을 갖는다.

본 연구의 단위전지 모델식은 식(2)와 같으며,

$$E_{stack} = E - \lambda_a \ln(I + 1) - \lambda_c \ln\left(\frac{I_{lim}}{I_{lim} - I}\right) - R_{MEA}I$$

$$E = (E_1 + E_2 T)(E_3 + E_4 M) \quad (2)$$

$$\lambda_a = (A_1 + A_2 T)$$

$$\lambda_c = C_1 \lambda_a$$

$$I_{lim} = (L_1 T^2 + L_2 T + L_3)(L_4 M^2 + L_5 M + L_6)$$

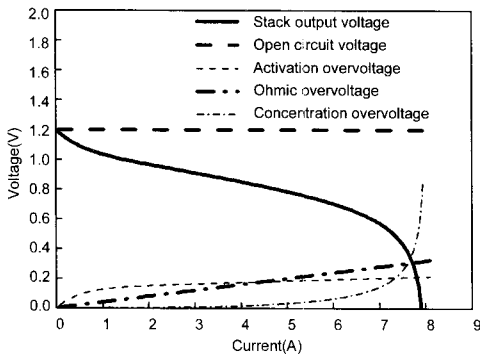


Fig. 2 Voltage loss of the DMFC.

각각의 계수는 온도와 농도의 함수로 하여 모델링하였다. 식(2)를 이용하여 메탄올 수용액의 농

도와 스택의 온도 그리고 소모 전류에 따른 발생 전압을 나타낼 수 있다.

식(2)는 온도, 농도에 관한 연료전지의 전압 곡선을 나타내는 식으로, Gurau and Smotkin⁽¹⁾의 실험값을 바탕으로 목적 값을 실험에 의한 전압과 모델에 의한 전압의 오차로 하여 전역 해를 구하기 위하여 유전자 알고리즘⁽⁶⁾을 통해 초기값을 정하고 단체법(simplex method)을 통하여 최적 값을 산출하였다.

크로스오버는 스택 내의 반응온도가 높을수록 메탄올 수용액의 농도가 진할수록 많이 발생하며, 크로스오버에 의하여 소모된 메탄올 수용액의 양은 전기를 생산하기 위하여 연료극에서 반응에 의하여 소모된 메탄올 수용액의 0.2에서 5배의 값을 가진다. 본 연구에서 크로스오버에 의한 메탄올의 소모량은 전기를 발생하기 위하여 연료극에서 소모된 메탄올의 비로 Gurau and Smotkin⁽¹⁾의 실험 결과를 토대로 온도와 농도의 함수로 모델링 하였다.

2.3 스택의 모델링

본 연구에서는 스택 내의 화학 반응이 스택의 온도와 농도의 변화보다 빠르기 때문에 준 정상 모델로 가정하여 메탄올 수용액의 농도와 스택의 온도 그리고 소모 전류에 따라 발생 전압을 모델링 하였다.

스택은 Gurau and Smotkin⁽¹⁾의 실험의 단위

Table 1 Constants and coefficients of Eq. 2

E_1	0.025
E_2	0.25
E_3	6.1
E_4	-71
A_1	0
A_2	0.033
C_1	-8800
L_1	0.0053
L_2	0.054
L_3	11
L_4	-0.18
L_5	0.51
L_6	-0.11

전지를 반응면적 4배, 적층 수 45개로 스택이 제작되었을 경우를 가정하였다.

DMFC 시스템의 운전시 농도와 온도의 관계는 독립적인 관계가 아니며 필요 전력을 발생하기 위하여 농도를 조절하게 되면 메탄올의 총 반응 에너지와 사용 전력의 차와 공기와 메탄올 수용액의 입출구의 엔탈피 차에 의하여 스택의 온도가 결정되어 지게 된다. 스택의 온도를 모델링하기 위하여 일정 전류에서 스택의 상태가 정상 상태에서 운전되어 질 때 스택의 출구에서 메탄올 수용액과 공기의 온도는 스택의 온도와 같다고 가정하였다. 또한 스택을 검사체적으로 하여 메탄올의 반응에 의한 반응 에너지를 발생되어진 에너지로, 스택의 발생 전력을 사용되어진 일로, 연료극과 공기극의 입출구에서의 엔탈피 차를 물질의 출입에 의한 에너지의 변화로 하여, 에너지 보존의 법칙을 적용하면 식(3)와 같으며, 메탄올 수용액의 농도와 발생 전류량 변화에 따른 스택의 온도, 연료 소모량, 등을 계산할 수 있다.

$$\frac{Q_{LHV}N_{cell}I}{nF}(1 + \chi_{crossover}) = EI + \Delta H_{anode} + \Delta H_{cathode} \quad (3)$$

DMFC의 설계 및 운전점 선정을 위해서는 스택의 효율을 고려하여 작동점이 선택되어야 하며, DMFC의 효율을 계산하기 위해서는 크로스오버에 의한 메탄올의 손실이 고려되어야 한다.

식(4)는 스택의 작동시 연료전지 효율을 나타내는 식으로 반응에 의한 연료의 소모량을 입력 에너지로, 반응에 의한 출력 전력을 출력 에너지로 하여 연료 효율을 정의 하였다. 그러나 실제 연료전지에서 소모되는 메탄올은 연료극의 반응에 참여하지 않지만, 크로스오버되어 공기극에서 소모되는 메탄올도 포함하는 것이 타당하다. 따라서 전체 연료전지 효율은 크로스오버에 의한 연료의 소모량을 고려하여 식(5)와 같이 계산할 수 있다.

$$\eta_{fuel} = \frac{EI}{\left(\frac{N_{cell}I}{nF}\right)Q_{LHV}} = \frac{nFE}{N_{cell}Q_{LHV}} \quad (4)$$

$$\eta_{total} = \frac{EI}{(1 + \chi_{crossover})\left(\frac{N_{cell}I}{nF}\right)Q_{LHV}} \quad (5)$$

Table 2 Constants and coefficients of Eq. 6

D_1	7.6
D_2	2.3
D_3	9
D_4	-0.93
D_5	2.2
D_6	-7.7
D_7	0.011
D_8	-0.014
D_9	0.0046

$$= \frac{nFE}{(1 + \chi_{crossover})N_{cell}Q_{LHV}}$$

$$X_{crossover} = D_1 + D_2M + D_3M^2 + D_4T + D_5MT + D_6M^2T + D_7T^2 + D_8MT^2 + D_9M^2T^2 \quad (6)$$

식(6)의 $X_{crossover}$ 는 필요 전기를 발생하기 위하여 연료극에서 반응한 메탄올과 크로스오버에 의하여 손실된 메탄올의 몰수 비이다. Table 2는 식(6)에 쓰인 각 계수이며, M은 메탄올 수용액의 몰농도 그리고 T는 연료전지의 반응 온도를 나타낸다.

3. 성능해석 결과

3.1 스택 모델의 검증

Gurau and Smotkin⁽¹⁾의 단위전지를 스택으로 제작하였을 경우 스택의 성능과 식(2)의 실험적 모델에 의해 예측된 값을 Fig. 3~Fig. 5에 도시 하였다. Fig. 3~Fig. 5에서 점은 Gurau and Smotkin⁽¹⁾의 단위전지 실험을 바탕으로 예측한 스택의 전압과 전력을 나타낸다. 선은 본 논문의 모델식을 이용하여 계산된 전압과 전력을 나타낸 것이다. Fig. 3~Fig. 5의 결과를 보면 식(2)의 모델식이 스택의 성능을 잘 나타냄을 알 수 있다.

Fig. 6은 메탄올 수용액의 농도 변화(0.5, 1, 2 M)와 스택의 온도 변화에(40, 60, 80 °C) 따른 스택의 발생전압과 모델을 통하여 예측된 값의 오차를

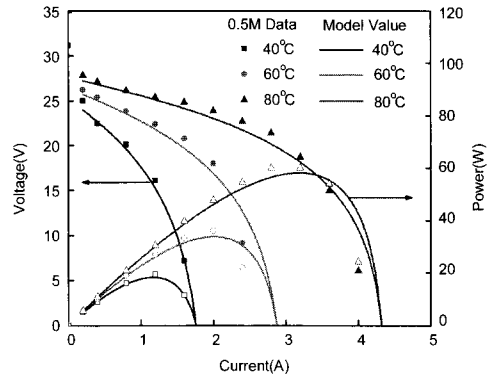


Fig. 3 Comparison of model and experiment values at 0.5 molarity.

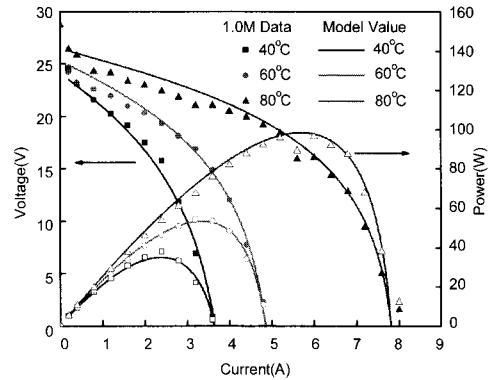


Fig. 4 Comparison of model and experiment values at 1.0 molarity.

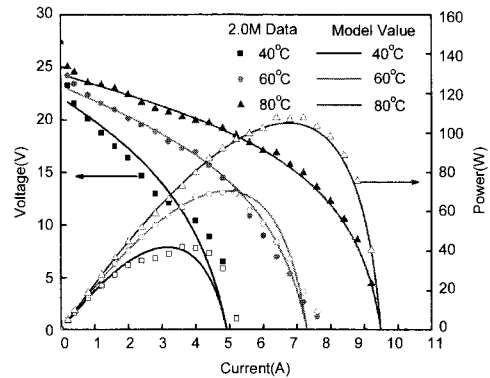


Fig. 5 Comparison of model and experiment values at 2.0 molarity.

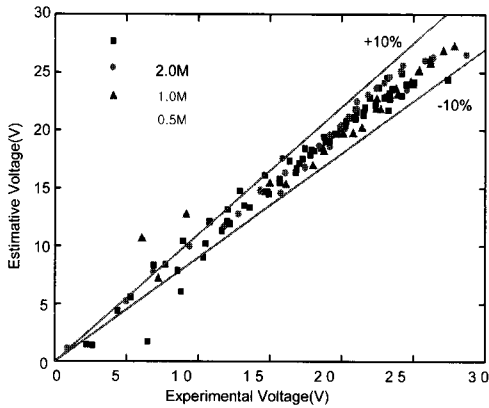


Fig. 6 Comparison of predicted performance and experiment performance.

나타낸 것이다. Fig. 6의 결과를 보면 실제 시스템의 운전 영역인 15 V 이상의 영역에서는 오차 범위 10%로 잘 예측됨을 알 수 있다.

3.2 온도와 농도에 따른 스택 성능의 변화

온도와 농도의 변화에 따른 스택의 성능 변화를 분석하기 위하여 식(2)를 통하여 전력을 계산하고, 식(4)와 식(5)를 이용하여 필요 전력을 발생하기 위한 농도와 온도의 변화에 따른 스택의 효율을 분석하여 Fig. 7~Fig. 8에 도시하였다.

Fig. 7의 농도의 변화에 대해서는 농도가 증가함에 따라 연료전지의 효율과 크로스오버를 포함한 전체효율이 모두 감소하게 된다. 이는 농도가 진해 짐에 따라 크로스오버 양이 증가 하면서 개회로 전압이 낮아지게 되며, 크로스오버를 포함하지 않은 효율 역시 농도가 진해질수록 낮아지게 된다. 크로스오버를 포함한 전체효율은 농도가 증가할수록 개회로 전압이 낮아지며, 크로스오버에 의해 손실되는 연료의 양이 증가함으로써 농도의 증가에 대하여 크로스오버를 포함하지 않은 효율에 비교하여 더욱 급격하게 낮아지게 된다.

Fig. 8의 온도의 증가에 따른 효율 곡선을 보면 출력 전력(20, 35, 50W)에 대하여 온도가 증가함에 따라 연료전지의 효율은 온도가 증가할수록 반응의 활성화 손실이 작아져 향상되나 크로스오버를 포함한 연료전지의 전체효율은 온도가 증가함에 따라 크로스오버하는 연료량이 증가하기 때문에 감소하게 된다.

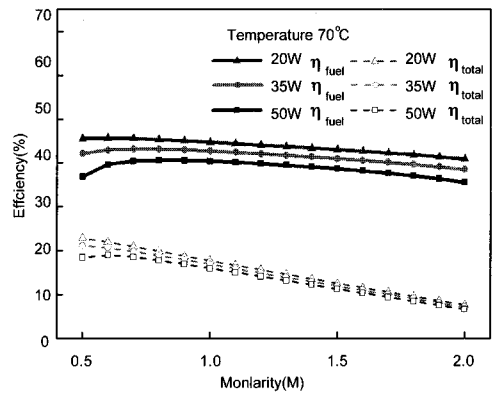


Fig. 7 Efficiency variations according to change of methanol concentration.

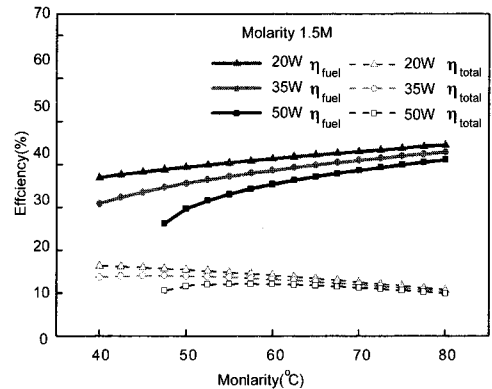


Fig. 8 Efficiency variations according to change of stack temperature.

3.3 성능해석 결과

DMFC 시스템의 효율적인 운영을 위하여 일정 전력을 발생하기 위하여 스택이 운영되어야 할 작동점 즉, 메탄올 수용액의 농도 및 스택의 온도 그리고 발생 전압과 전류를 알아야 한다.

연료전지 시스템의 성능해석 조건은 Table 3과 같으며 시스템의 구성은 Fig. 1과 같다.

Table 3의 조건을 통하여 스택의 필요 전력을 얻기 위한 메탄올 수용액의 농도에 따른 스택의 온도와 성능을 식(2)와 식(3)을 이용하여 계산 하였으며, 식(5)에서 정의한 효율을 분석함으로써 시스템이 작동되어야 할 작동점을 도출하였다.

Fig. 7~Fig. 8에서의 결과를 보면 실질적인 크로스오버를 고려한 스택의 효율은 낮은 스택의 온도와 묽은 메탄올 수용액의 농도에서 최대의 효율

Table 3 Simulation conditions

Conditions	Value
Active Area	20 cm ²
Cell No.	45 EA
Anode Flow Rate	97 CCM
Cathode Flow Rate	18 LPM
Cathode Inlet Temp.	25°C

을 갖지만 스택의 운영 시 온도와 농도는 독립적인 관계가 아니며 전류와 전압 역시 독립적이지 않다. 또한, Fig. 3~Fig. 5의 전류 전력 곡선을 보면, 전류가 증가함에 따라 전력이 증가하며 최대 전력점을 지나 다시 감소하여 농도분극이 발생하여 발생전력이 0으로 된다. 따라서 동일 온도 농도 조건에서 동일 전력을 나타내는 점이 두 점이 존재 하게 되며 각각 최대 전력점의 전과 후에 있게 된다. 또한 전류가 증가함에 따라 효율의 변화를 보게 되면 전류가 증가 하면서 효율이 감소하게 된다. 따라서 효율 면에서 볼 때 운전점은 최대 전력점 이전에서 이루어 져야 함을 예상할 수 있다.

필요 전력을 발생하기 위한 농도와 온도는 스택의 에너지 관계를 통하여 구해 질 수 있으며, 전력에 따른 효율을 분석하기 위하여 시뮬레이션을 통하여 필요 전력을 발생하기 위한 농도의 변화에 따른 효율과 온도의 등고선을 Fig. 9~Fig. 10에 도시하였다.

Fig. 9의 얇은 점선의 상단과 하부 영역은 각각 스택의 온도가 80°C 이상, 40°C 이하인 영역으로 스택이 운전되는 영역이 아니며, Fig. 9에서 농도 증가에 따른 효율의 경향을 보면 3.2절의 Fig. 7에 나타낸 것과 같이 농도가 증가함에 따라서 효율이 낮아지며, Fig. 10에서 온도의 증가에 따른 효율 역시 Fig. 8의 결과와 같이 온도가 증가할수록 효율이 낮아지는 경향을 보이고 있다.

Fig. 9~Fig. 10의 굵은 실선은 발생 전력의 변화에 따른 최대 효율점으로 운전점이 되어야 하는 점이다. 예를 들어 20 W 전력을 생산하기 위하여 Fig. 9의 y축의 20 W 점에서 최대 효율을 갖는 운전점인 굵은선의 x축인 농도 0.58 M의 수용액을 공급하여야 하며, 스택의 온도는 Fig. 10의 20 W, 0.58 M의 온도선인 47°C로 결정된다. 또한 농도 0.58 M 온도 47°C에서 효율은 Fig. 9에서 나타낸 것과 같이 25%의 효율을 갖게 되며, 필요 전

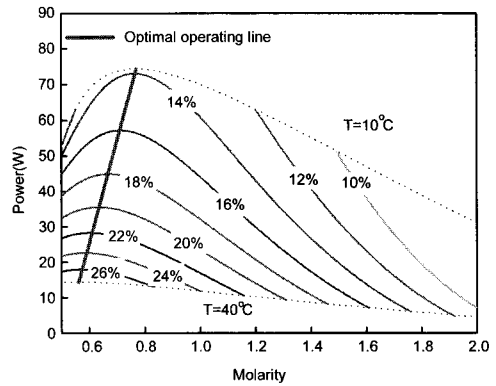


Fig. 9 Efficiency contour line according to methanol concentration and power.

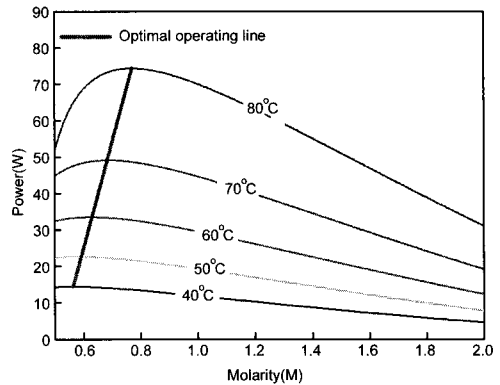


Fig. 10 Temperature contour line according to methanol concentration and power.

전력이 증가함에 따라 실선을 따라 이동하기 위하여 농도를 높여 주어 40 W 전력의 필요시 Fig. 9의 40 W에서 최대 효율을 갖는 농도 0.65 M의 메탄올 수용액을 공급하여 온도는 64.7°C, 효율 19%의 점까지 최적 운전점을 따라 작동점이 이동해 간다.

Fig. 11~Fig. 12는 Fig. 9의 굵은 실선으로 나타낸 운전점 중 20 W, 30 W, 40 W, 50 W의 필요 동력에 대한 전류 전압 곡선과 전류 전력 곡선을 도시 한 것으로 필요 전력의 변화에 따른 스택이 운전 되어져야 할 선이 최대 전력점 이전에서 이루어 져야 됨을 알 수 있으며 전압 20 V에서 거의 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 따라서 전류량을 증가시키기 위해서는 최대전력을 발생하기 위한 농도의 증가가 이루어 져야 되며, 필요 전

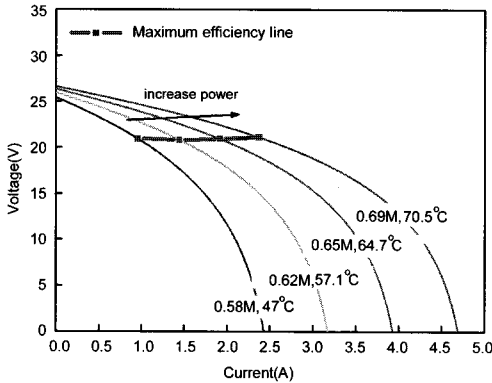


Fig. 11 Optimal operating line at V-I curve.

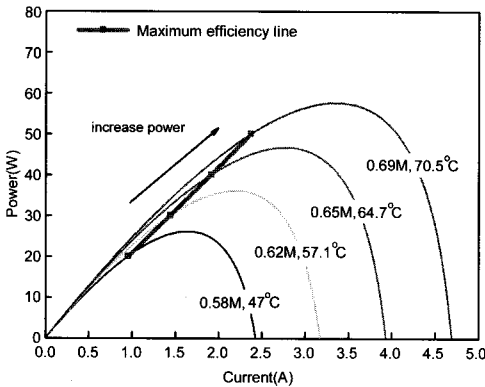


Fig. 12 Optimal operating line at P-I curve.

력이 증가함에 따라 거의 일정 전압에서 전류량이 증가된다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 DMFC 스택의 운전점을 정하기 위하여 스택의 성능 모델링을 하였으며, 그 모델을 이용하여 필요 전력에 따라 스택이 운전되어야 할 농도를 시뮬레이션을 통하여 구하였다.

(1) 스택의 성능을 해석할 수 있는 농도와 온도와 전류에 따라 출력 전압을 나타 낼 수 있는 모델을 개발하였으며, 10% 오차 이내로 실험값을 잘 예측하고 있다.

(2) 스택의 운전점은 필요 전력을 만족하는 최

대 효율점이 되어야 하며, 최대 효율점은 전류 전력 곡선 상에서 볼 때, 최대 전력점의 좌측에 위치하게 된다.

(3) 스택의 운영시 최대 효율점을 구함으로서 연료전지의 작동시 운전 되어야 할 최적의 운전점을 제시하였다.

후 기

본 연구는 한국 과학 기술 연구원의 기관 고유 과제인 휴대용 연료전지용 마이크로 BOP 통합 시스템 개발에 대한 연구에 의해 진행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Gurau, B. and Smotkin, E. S., 2002, Methanol crossover in direct methanol fuel cells : a link between power and energy density, Journal of Power Sources, Vol. 112, pp. 339-352.
2. Liu, W. and Wang, C. Y., 2006, Modeling water transport in liquid feed direct methanol fuel cells, Journal of Power Sources, Vol. 164, pp. 189-195
3. O'Hayre, R., Cha, S. W., Clella, W. and Prinz, F. B., 2006, Fuel cell fundamentals, John Willy & Sons, INC., pp. 56-173.
4. Kulikovskiy, A. A., 2003, A method for analysis of DMFC performance curves, Electrochemistry Communication, Vol. 5, pp. 1030-1036.
5. Sundmacher, K., Schultz, T., Zhou, S., Scott, K., Ginkel, M. and Gilles, E. D., 2001, Dynamics of the direct methanol fuel cell (DMFC) : Experiments and model-based analysis, Chemical Engineers, Vol. 56, pp. 333-341.
6. VanderNoot, T. J. and Abrahams, I., 1998, The use of genetic algorithms in the non-linear regression of immittance data, Journal of Electroanalytical Chemistry, Vol. 448, pp. 17-23.