

Hybrid System of Solar Cell and Fuel Cell

황 준 원* · 최 용 성[†] · 이 경 섭**

(Jun-Won Hwang · Young-Sung Choi · Kyung-Sup Lee)

Abstract - Because of environmental crisis, researchers are seeking and developing a new, clean, safe and renewable energy. Solar cell energy and fuel cell energy have inestimable development potential. The paper introduces hybrid photovoltaic-fuel cell generation systems supplying a remote power load and hybrid system of solar cell and fuel cell considering the advantages of stable and sustainable energy from the economic point of view. Fuel cell power system has been proven a viable technology to back up severe PV power fluctuations under inclement weather conditions. Fuel cell power generation, containing small land us, is able to alleviate the heavy burden for large surface requirement of PV power plants. In addition, the PV-fuel cell hybrid power system shows a very little potential for lifetime CO₂ emissions. In this paper shows the I-V characteristics of the solar module which are dependent on the power of the halogen lamp and the I-V characteristics of fuel cells which are connected in parallel. Also, it shows efficiency of the hybrid system.

Key Words : Renewable Energy, Solar Cell, Hybrid Photovoltaic-Fuel Cell Generation System

1. 서 론

지구온난화에 대한 환경적인 관심과 이산화탄소의 배출을 감소시켜야 한다는 화석연료에 관한 경제성과 환경성의 우려들로 인하여 새로운 깨끗한 에너지의 개발의 필요성은 날이 증대하고 있다.[1] 태양전지에너지와 연료전지는 이러한 조건에 맞는 새롭고 깨끗하며 안전하고 재생산이 가능한 에너지원이다. 태양전지는 태양빛과 전지에 쓰이는 재료들의 상호작용을 통한 전기에너지를 발전시키는 장치 가운데 하나이다. 연료전지는 전기 화학 에너지를 전해질 속에서 산소와 수소를 결합시켜 전기와 물 그리고 열을 발생시키는 장치이다. 이러한 깨끗하고 무해하며 많은 이점들을 제공하는 태양전지와 연료전지는 환경오염과 에너지 위기 그리고 온실효과를 덜어주는 데 큰 역할을 할 것이다.[2]

이러한 재생산 가능한 에너지원을 사용하는 것은 아직도 몇몇 가지의 심각한 문제점들이 남아있다. 첫째로, 자원들의 자본 비용을 들 수 있으며 둘째로, 때때로 계절이나 날씨, 시간대와 같은 환경적인 영향으로 인해 전력생산을 일정하지 못하게 하는 태양광이나 풍력발전과 같은 간헐적인 특성

가진 자원들의 문제점을 해결해야 한다. 자본 비용의 문제는 전적으로 연구들이나 개발들이 얼마나 성공적으로 실행에 옮겨지느냐에 따라 달려있다. 대규모적인 공공기관과 개인의 연구와 발전에 대한 노력은 이러한 재생산 에너지 상용화에 필요한 조건들이다. 또한 이러한 자원들이 가지는 간헐성의 문제를 극복하기 위해서는 저장 매체나 에너지를 전달할 수 있는 연료가 필요하다.[3], [4]

수소는 에너지 운반할 수 있는 가장 효율적이고 깨끗하며 가벼운 연료들 중의 하나이다. 비록 수소가 저장될 수 있다는 이점을 지니고 있지만 수소는 전기와 같이 생산되고 수송되어야만 하고 자연적으로 생겨나지 않으며 반드시 에너지를 기반으로 만들어내게 되어 있다. 단기간의 사용을 위해서는 전기, 압축공기, 콘덴서는 더 매력적으로 보이나 장기적으로 볼 때는 화학제품들의 사용이 선호된다. 전지들은 몇몇의 기계를 제외한 장기간 저장에는 알맞지 않다. 왜냐하면 전지는 자체 방전이 이루어지기 때문이다. [5] 반면에 에너지원으로써 수소는 생산이나 에너지 전환에서의 기술적인 진보, 높은 효율과 환경에 미치는 영향이 적기 때문에 선호도가 증가하는 추세이다. 또한 수소는 재생산 에너지로부터 생산이 가능하다. 태양광 에너지의 전력생산이 최고치에 도달하였을 시 축전지의 용량을 초과하여 과잉 공급되는 전력을 수소로 변환시켜 그 에너지를 저장하고 전력공급이 필요할 시에 공급할 수 있게 한다.[6], [7]

현재 많은 학자들은 신재생 에너지를 미래에 최적화된 기존의 화석 연료를 대체할 에너지로 보고 활발한 연구를 하고 있다. 태양광 에너지와 연료전지의 계절별 기후를 고려하고 태양광의 I-V 특성이나 연료전지의 열 병합 발전에서 열 해석 중심의 성능 분석도 이루어졌다.

[†] 교신저자, 시니어회원 : 동신대 공대 전기공학과 교수 · 공박
E-mail: yschoi67@dsu.ac.kr

* 준 회 원 : 동신대 대학원 석사과정 · 학사

** 시니어회원 : 동신대 공대 전기공학과 교수 · 공박

접수일자 : 2009년 11월 6일

최종완료 : 2009년 11월 16일

<본 논문은 본 학회 2009년도 전기설비전문위원회 추계학술대회에서 우수논문으로 선정되어 편집위원회에서 심사 후 본 논문에 게재 되었음>

따라서, 본 논문에서는 두 가지의 신재생 에너지인 태양광 에너지와 연료전지 에너지를 통합하여 하이브리드 시스템을 갖추고 그 태양광 에너지를 전기분해기를 이용하여 연료전지와 통합하고 연구함으로써 태양전지와 연료전지의 통합시스템이 나타내는 태양전지 모듈의 I-V 특성과 두 개의 연료전지를 이용한 I-V 특성을 연구하여 태양전지-연료전지 하이브리드 시스템의 기초 연구 자료를 제공하고자 한다. 또한 이 논문을 통해 연료전지와 태양전지의 통합 시스템을 이해하고 이를 통해 깨끗하고 새로운 에너지의 사용을 더욱 완전하게 할 것이다.

2. 이론적 배경

2.1 태양광발전의 원리

경제적인 면과 군사적인 면에서 과학기술이 계속해서 높아질 때 광전자 생성물과 과학기술의 수요 또한 꾸준히 증가해왔다. 태양 에너지를 사용하는 과정에서는 CO₂, NO_x 그리고 SO_x와 같은 가스들은 발생하지 않는다. 태양광시스템의 비용은 비교적 높은 편이나 긴 시간 동안 이용할 수 있으며 과학기술의 진보와 점차적인 기술의 상승으로 인하여 2030년 이후에는 태양 에너지가 하나의 주류에너지로써 자리를 잡게 될 수 있는 큰 가능성을 지니고 있다.[3] 태양광시스템은 에너지를 생성하는 것뿐만 아니라 그 외에도 태양광 에너지는 멀리 떨어진 외딴 지역과 특별한 상황에서 에너지를 공급할 수 있는 다른 에너지와는 다른 많은 특별한 장점을 가지고 있다.

태양전지는 한 개의 이상적인 다이오드와 I_{ph} 의 크기를 갖는 정전류원으로 구성되어 있지만 실제로는 이상적인 다이오드를 제작하는 것이 불가능하므로 집적저항 및 표면층의 시트(sheet)저항 등을 표시하는 직렬저항 R_s 와 병렬저항 R_{sh} 를 고려해야 한다. 태양전지 표면에 입사하는 빛의 일부는 표면에서 반사되며, 표면을 투과한 빛은 태양전지 내에서 흡수되어 광자수는 지수 함수적으로 감소한다. 그림 1은 빛이 조사될 때 광기전력 효과(Photovoltaic Effect)를 이용한 태양전지의 등가회로를 보여주고 있다.

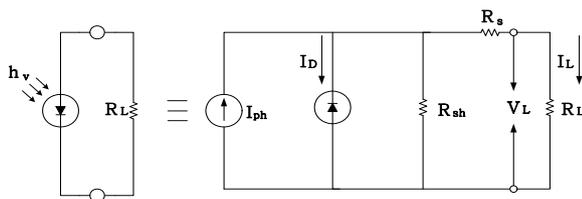


그림 1 태양전지의 등가회로.
Fig. 1 The equivalent circuit of solar cell.

여기서 I_{ph} 는 입사된 빛에 의해 생성된 캐리어(Carrier)가 외부로부터 방해받지 않을 때 폐회로를 통해 흐르는 광전류이고, I_d 는 암전류로서 I_{ph} 와는 반대 방향이다. 병렬저항 R_{sh} 는 이상적인 다이오드 특성에서 벗어나 일정한 상수저항으로 표시되는 누설저항을 나타내며, R_s 와 R_L 은 각각 전지 내부에 존재하는 직렬저항과 외부에서 걸어주는 부하저항을 나타낸다.

이상적인 태양전지의 광투과시 전압과 전류 특성은 그림 2와 같으며, 그림 1의 등가회로에서의 태양전지의 출력전류는 다음 식 (1), (2)와 같다.

$$I_L = I_{ph} - I_d - \frac{V}{R_{sh}} = I_{ph} - I_0 \left(\exp \frac{qV}{A_0KT} - 1 \right) - \frac{V}{R_{sh}} \quad (1)$$

$$V_d = V + IR_s = \left[\frac{A_0KT}{q} \ln \left(I_{ph} - \frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \right] \quad (2)$$

여기서 I_0 는 다이오드 포화전류이다. 위 식으로부터 태양전지의 출력전류를 구하면 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_L = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{nKT} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (3)$$

그림 1에서 광 투사시 $R_s = 0$, $R_{sh} = \infty$ 인 이상적인 PN접합 다이오드인 경우 부하에 흐르는 전류 I_L 은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$I_L = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{qV}{nKT} \right) - 1 \right] \quad (4)$$

여기서, I_L 은 출력전류, I_{ph} 는 광전류, I_0 는 다이오드 포화전류, n 은 다이오드 상수, K 는 볼츠만 상수이고 q 는 전자의 전하량이다.

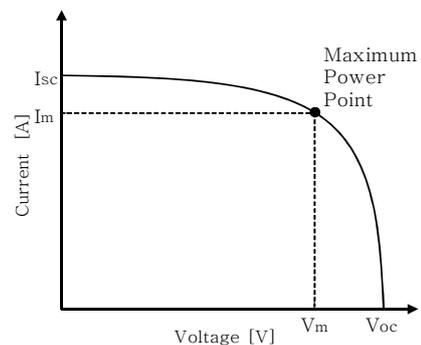


그림 2 태양전지의 전압-전류곡선.
Fig. 2 The voltage and current curve of solar cell.

그리고 일정온도와 일정 일사조건에서 태양전지의 전압-전류 특성곡선은 그림 2와 같이 된다. 여기서 개방전압 V_{oc} , 단락전류 I_{sc} , 충실도(Fill Factor, FF)등 3개의 변수는 에너지 변환효율과 관련되는 인자로서, $I_L = 0$ 인 조건에서 개방전압 V_{oc} 는 식 (5)와 같다.

$$V_{OC} = \frac{nKT}{q} \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1 \right) \quad (5)$$

단락전류 I_{sc} 는 $V_L = 0$ 인 조건으로부터 $I_{sc} = I_{ph}$ 가 된다. 전지에 연결된 부하저항의 크기를 조정함으로써 어떤 최적 동작점에서 최대의 출력 P_{max} 가 얻어지게 된다.

$$P_{max} = V_m \cdot I_m \quad (6)$$

그리고 태양전지의 특성을 평가하는데 있어서 단락전류, 개방전압과 더불어 가장 중요한 요소 중의 하나는 FF 이며 식 (7)과 같이 정의되고 빛이 가해진 상태에서 전압, 전류곡

선이 얼마나 사각형에 가까운가를 나타내는 지표가 된다.

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{OC} \times I_{SC})} \quad (7)$$

또한, 태양전지의 에너지 변환효율은 태양전지에서 얻을 수 있는 최대의 전기 에너지를 입사광에너지로 나눈 값으로 즉, 최대전력과 입사광에너지 사이의 비율은 다음 식 (2.8)과 같다.

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P_{in}} = \frac{V_{OC} \times I_{SC}}{P_{in}} \times FF \quad (8)$$

여기에서, P_{in} 은 입사된 태양에너지이다. 따라서 태양전지의 효율을 높이기 위해서는 단락전류 I_{sc} , 개방전압 V_{oc} , 그리고 FF 를 높여야 한다.

2.2 연료전지의 원리

연료 전지는 천연 가스와 메타놀 등의 연료로부터 수소를 취득하며, 대기 중의 산소와 반응시켜 전기를 만드는 발전 방식이다. 발전 효율이 대단히 높아 40~60% 정도이며, 반응 과정에서 나오는 배출열을 이용하면, 최대 80% 가까이 에너지로 바꿀 수 있다. 더욱이 천연 가스와 메타놀, LPG(액화석유가스; propane gas), 나프타, 등유, 석탄 가스화가스 등 다양한 연료를 사용할 수 있기 때문에 에너지자원을 확보하기 쉽고, 연료를 태우지 않기 때문에 지구 환경보호에도 기여할 수 있는 미래의 에너지이다.

연료 전지의 일반적인 특성은 연료가 전기화학적으로 반응하여 전기를 생산하는 과정에서 열도 발생하므로 총효율을 80% 이상으로 높이는 고효율 발전이 가능하며, 기존의 화력 발전에 비해 효율이 높으므로 발전용 연료의 질감이 가능하고 열병합 발전도 가능하다. 또한 NOx와 CO₂의 배출량이 석탄 화력 발전의 1/38과 1/3 정도이며, 소음도 매우 적어 공해 배출 요인이 거의 없는 무공해 에너지 기술이다.

또한 연료전지는 전기화학적 에너지 변환장치로서 많은 이점들을 가지고 있다.[8] 첫째로 연료전지는 연소 엔진보다 높은 효율성을 가지고 있다. 둘째로 낮은 유지비용과 낮은 에너지 생산 비용이 든다. 세 번째로 중류수를 이용하기 때문에 배출가스의 발생 위험이 없다. 마지막으로 다양한 종류의 기기나 기술에 적용되고 사용될 수 있다.[9]

연료전지는 연료가 가진 화학에너지를 화학반응에 의해 직접 전기에너지로 바꾸는 에너지 전환 장치이다. 일반배터리와는 달리, 연료 전지는 재충전이 필요없이 연료가 공급되는 한 계속해서 전기를 만들어 낼 수 있는 발전 시스템이다. 고분자 전해질 연료전지의 기본구조는 전해질 막을 중심으로 양쪽에 다공성 기체확산 층인 카본 또는 탄소애 Pt/C 또는 Pt-Ru/C와 같은 촉매 층이 입혀진 산화극(Anode)와 환원극(Cathode)이 부착되어 있는 형태로 되어있다.

PEMFC의 기본처리 개념도는 그림 3과 같다. 산화극에서는 전기화학적 환원이 일어나며, 이때 생성되는 전자의 이동으로 인해 전기에너지가 발생된다.[10] 그에 대한 반응식은 다음과 같다. 연료전지의 애노드에서 반응은 $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ 이며 캐소드는 $\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$ 이다. 이와 같은 반응들을 총괄해보면 그 반응은 $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$ 로 나타낼 수 있다.

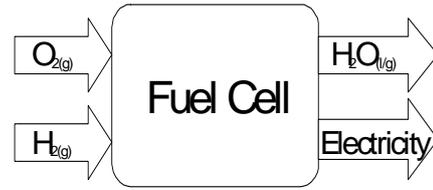


그림 3 수소/산소 연료전지.
Fig. 3 Hydrogen/Oxygen (H₂ /O₂) fuel cell.

연료전지에서 가역은 전기적 일로 정의된다. 셀의 기전력은 화학반응의 자유에너지 변화에 대하여 전기화학반응이 일어나면서 음극 가역 전위와 양극 가역 전위의 차로 인해 회로를 통해 이동한 전하량으로 정의된다. 즉, 전체 전기화학 반응으로 단위 연료 전지의 최대 일은 이동한 전자수 z 가 포함되어야 한다.

2.3 태양광발전과 연료전지의 통합 시스템

그림 4는 태양전지를 이용하여 전력을 얻고 그 전력으로 부하를 작동함과 동시에 전기분해기를 작동시켜서 수소를 얻는 시스템을 보여준다. 그림 4의 시스템은 태양전지의 발전이 계절, 날씨, 지리 등 여러 환경적인 요소에 의해서 고정된 수치의 발전을 하는 것이 아니라 간헐적인 발전을 하기 때문에 생기는 문제점을 보완하기 위하여 고안되었다.[11]

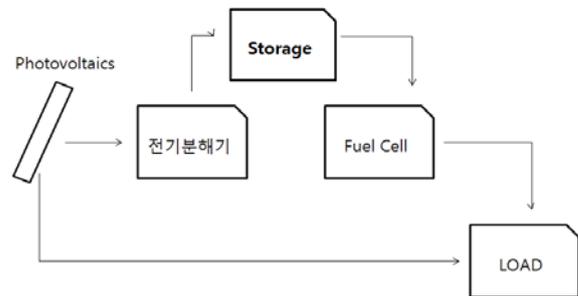


그림 4 전기분해기를 갖춘 태양전지 연료전지 하이브리드 시스템.
Fig. 4 Photovoltaic-hydrogen/fuel cell hybrid system with DC electrolyzer.

한국 에너지 기술연구원 태양광발전연구센터의 연구 결과에 따르면 태양전지 모듈이 받는 일사량과 모듈의 출력은 유사한 패턴을 가지는 것을 알 수 있다.[12] 그림 5와 6을 보면 해가 떠있는 10시에서 13시까지 태양전지의 발전이 가장 활발하게 이루어지며 일몰 후에는 발전이 일사량과 더불어 거의 나오지 않음을 알 수 있다. 때문에 전기의 소모가 많은 일몰 후에 시간에 전력을 부하에 공급하기 위해서는 태양전지에서 얻은 전력을 보관해야 할 필요가 있다. 이러한 전력 보관 수단으로 연료전지는 매우 적합하다. 효율이 높으며 환경오염에 거의 영향을 미치지 않는다. 그러나, 축전지의 경우는 축전지의 빠른 충전과 방전을 위해서 축전지의 충·방전 전류가 커야 하기 때문에 높은 전압 하에서 충·방전이 이루어져야 하나, 방전 시에는 축전지의 내부 저항에 의해 단자 전압의 하락폭이 증가하여 방전 효율이 감소하는 동시에 수명도 단축되며 효율도 연료전지에 미치지 못한다.

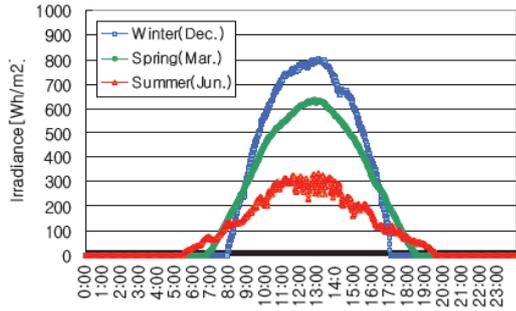


그림 5 계절 및 시간별 모듈의 일사량.
Fig. 5 Irradiation of the module according to seasons and time.

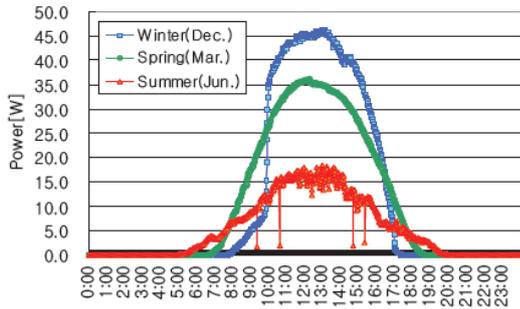


그림 6 계절 및 시간별 모듈의 출력.
Fig. 6 Power of the module according to seasons and time.

3. 실험

실험에 사용된 시스템은 태양광 모듈과 전기분해기, 2개의 셀로 구성된 연료전지, 부하모듈 그리고 할로겐 램프로 구성되어 있다. 태양광 모듈의 치수는 (폭 × 높이 × 깊이) 200 [mm] × 297 [mm] × 100 [mm]이다. 전극의 전압은 2.2 [V]이고 단락회로 전류는 1200 [mA]이다. 태양전지가 MPP(Maximum power point)로 작동될 때의 전압은 1.8 [V]이며 전류는 1000 [mA] 그리고 전력은 1.8 [W]이다. 전기분해기의 치수는 (폭 × 높이 × 깊이) 200 [mm] × 310 [mm] × 110 [mm]이다. 표면 면적은 25 [cm²]이고 작동 중 전압은 1.4-1.8 [V]로 나타난다. 전류는 0-4000 [mA] 이고 수소 생산의 최대치는 28 [ml/min]이다. 다음으로 연료 전지의 치수는 (폭 × 높이 × 깊이) 200 [mm] × 297 [mm] × 90 [mm]이며 표면 면적은 2 × 10 [cm²]이다. 두 개의 연료전지가 병렬로 연결되어 있을 때에는 전압은 0.4-1.0 [V]이며 전류는 최대 4000 [mA]이다. 부하 모듈에서는 저항이 0.3 [Ω]에서 100 [Ω]이며 할로겐 램프의 규정된 전력은 100 [W]이다.

그림 7은 태양광-연료전지 하이브리드 시스템이다. 램프가 태양전지에 빛을 조사할 때 태양전지는 발전을 하고, 그 전력은 발전시킬 연료전지의 전기분해기를 작동시킨다. 이때 전기분해기 내의 반응은 $6H_2O \rightarrow 4H^+ + 4OH^- + O_2 + 2H_2$ 과 같다. 그 후 전기분해기로부터 생성된 H_2 와 O_2 는 연료전지에 공급받게 된다. 그 후에 공급받은 H_2 와 O_2 로 연료전지에서 전력을 생산해 낸다.



그림 7 태양전지와 연료전지의 하이브리드 발전시스템.
Fig. 7 Hybrid generation system of solar cell and fuel cell.

4. 결과 및 고찰

그림 8은 할로겐 램프를 이용한 태양전지의 I-V 특성을 나타낸 결과이다. 할로겐 램프의 전력이 증가하는 것은 램프의 방사량이 증가하는 것을 의미하며 램프 전력에 비례하여 태양전지의 전류가 증가한다는 것을 얻을 수 있다. 그리고 태양전지의 전압이 증가할 때 태양전지의 전류는 감소함을 알 수 있다. 이 결과는 그림 1의 태양전지 등가회로로부터 이해할 수 있다. 즉, 부하전류가 증가하면 내부저항에서 전압강하가 증가하므로 부하에 인가되는 전압은 저하한다. 본 실험에 통하여 MPP로 하루 8시간 동안 태양전지가 발전을 하면 본 실험에 쓰인 모듈의 출력은 1.8[V] × 1[A] = 1.8[W]에서 1.8[W] × 8[h] = 16.4[Wh]를 얻을 수 있다.

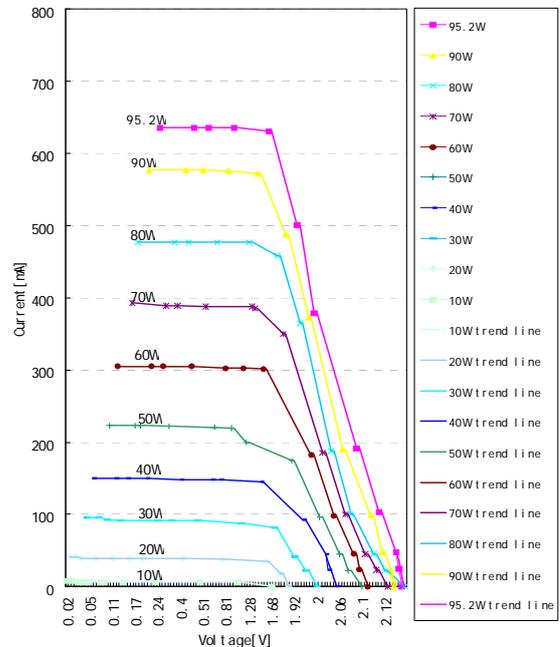


그림 8 할로겐 램프의 전력에 따른 태양전지 모듈의 I-V 곡선.
Fig. 8 I-V characteristics of the solar module which dependent on the power of the halogen lamp.

그림 9는 시간에 따른 전기분해기의 수소발생량을 보여준다. 실험에서 쓰인 전기분해기의 전압은 1.4-1.6[V]이며, 전류는 100[mA]-580[mA]까지 측정된 전력에 비례한 수소 발생량을 알 수 있다. 전기분해 시 태양전지의 발전 출력 전압은 1.7V-1.8V로 측정되었다. 전기분해기는 0.928[W]를 소비하는데 8시간동안 수소를 발생시키기 위해서 필요한 전력량은 $0.928[W] * 8[h] = 7.43[Wh]$ 를 얻을 수 있다. $7.43[Wh]$ 로 얻은 수소의 총량은 $0.0025[l/min] * 60 = 0.15[l/h]$ 이며 $0.15[l/h] * 8 = 1.2[l]$ 를 얻을 수 있다.

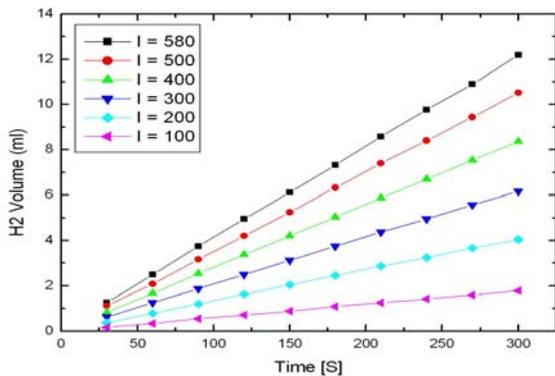


그림 9 시간에 따른 전기분해기의 수소 발생량.
Fig. 9 Oxygen from electrolyzer according to time.

그림 10은 두 개의 연료전지가 병렬로 연결되었을 때의 전압-전류 특성을 나타내며, 그림 11은 본 시스템의 회로도이다. 전류계와 전압계는 전기분해기와 연료전지의 전압과 전류를 측정하기 위해 설치되었다. 저항의 변화에 따라 연료전지의 전류가 변화하였다. 전류가 증가할수록 저항에서의 전압강하가 증가하는 현상이 나타나는데 이는 연료전지 전해질내의 전해질 저항이나 전극 자체의 저항, 또 단자 연결부위 등에 생기는 접촉저항으로 생기는 전압강하에 의한 것이다. 전기분해기에서 발생된 수소를 사용하여 연료전지는 0.72[W]를 얻었고 총 전력량은 $0.72[W] * 24[h] = 17.28[Wh]$ 이다. 연료전지의 유량은 $0.0106[l/h]$ 를 얻었다.

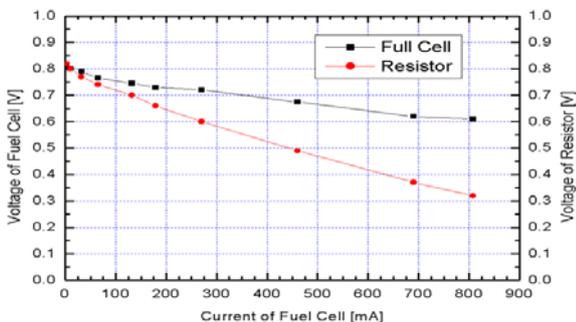


그림 10 하이브리드 시스템의 회로와 병렬 연결된 두 개의 연료전지의 I-V 특성.
Fig. 10 I-V characteristics of the hybrid system and the two fuel cells are connected in parallel

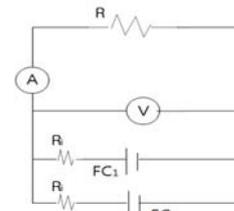


그림 11 하이브리드 시스템의 회로와 병렬 연결된 두 개의 연료전지.

Fig. 11 Circuit of the hybrid system and the two fuel cells are connected in parallel.

연료전지는 태양전지의 간헐적인 성질을 보완하기 위해 이 시스템에 연결되었기 때문에 24시간 가동을 기준으로 $0.0106 * 24$ 의 계산을 통해 24시간 동안 연료전지에 필요한 수소의 양은 $0.2544[l]$ 이다. 이러한 수소를 24 시간 공급하고 남은 수소는 $0.945[l]$ 이며 이 수소를 저장하여 사용할 수 있도록 $1[l]$ 이상의 수소 저장장치가 요구됨을 알 수 있다. 또한 연료전지는 태양전지의 에너지에서 40[%] 전기적 에너지를 얻었음을 알 수 있다. 이러한 40[%]의 연료전지 효율을 좀 더 높여주기 위해서는 연료전지가 발전할 때 생기는 열에너지를 사용한다면 에너지 효율의 증가를 가져올 것이다.

5. 결 론

이 논문에서는 태양전지와 연료전지의 하이브리드 시스템에 대한 기초 연구 자료를 제공하고자 전압-전류 특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

이 시스템은 태양전지가 전력을 만들어 내는 것뿐만 아니라 연료전지 역시 전력을 만들어 낸다는 것을 보여준다. 이 두 가지 새로운 에너지는 모두 깨끗한 에너지원이며 연료전지는 전력을 만들어내는 태양전지로부터 발생하는 전력의 한 부분을 활용한다. 이로써 본 하이브리드 시스템은 태양전지가 갖는 간헐성이라는 단점을 연료전지를 이용하여 최소화 시켜서 각각의 부하에 정확한 시간에 필요한 전력을 제공할 수 있는 것을 가능하게 하였다. 또한 전기분해기를 통한 수소의 발생량을 측정함으로써 수소 보관탱크의 용량을 찾을 수 있게 하였다.

앞으로의 연구에서 본 하이브리드 시스템에 풍력발전이나 압전소자와 같은 다른 신재생에너지를 결합한다면 좀 더 높은 전력 생산을 가능케 할 수 있을 것이다. 또한 현재 태양전지와 축전지를 이용한 태양광 발전 시스템에서도 축전지와 연료전지를 함께 사용한다면 일사량이 높았을 때 과잉 태양전지 발전에너지를 이용한 전력 생산 및 저장용량도 증가하게 될 것이다. 또한 연료전지에서 전기에너지 외에 나오는 열에너지를 이용한 보일러 시스템을 동시에 구축하여 전체적인 신재생 발전에 들어가는 입력에 비례하여 더 높은 출력을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임 (지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)

참 고 문 헌

[1] Sonia Leva, Dario Zaninelli, "Hybrid renewable energy-fuel cell system: Design and performance evaluation" Electric Power System Research, Vol.79, pp.316-324 (2009).

[2] Jae-Shik Park, Myung-Ok So and Heui-Han Yoo, "A Study on the Operation Method of Photovoltaic/Diesel Hybrid Generating System," Journal of the Korean Society of Marine Engineers, Vol.28, pp.309-314 (2004).

[3] Zhi-Xiu Cheng and Xiao-Li Wang, "The Expatiates of the Solar Energy Photovoltaic Cell", Information Recorded Material, Vol.8, pp.41-47 (2007).

[4] Ro K. Two-Loop controller for maximizing performance of a grid-connected Photovoltaic-fuel cell hybrid power plant. Ph.D. thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, April (1997).

[5] Friberg R. Photovoltaic solar hydrogen power plant for rural electrification in India. Part 1: a general survey of technologies applicable within the solar hydrogen concept. International Journal of Hydrogen Energy, pp.853 - 882 (1993).

[6] Ledjeff K. Comparison of storage options for photovoltaic systems. International Journal of Hydrogen Energy, pp.629 - 33, (1990).

[7] Fischer M. Review of hydrogen production with photovoltaic electrolysis systems. International Journal of Hydrogen Energy, pp.495 - 501 (1986).

[8] Jung-Yeol Lim, Byeong-Bok Kang and In-Su Cha, "A Study on the Characteristics of the Combined Generation System by Solar and Wind Energy with Power Storage Apparatus for the Geographical Features," Journal of Power Electronics, Vol.2, pp.11-18 (2002).

[9] John Wiley, "Physics of Semiconductor Devices", Wiley interscience. pp.791 (1981).

[10] Chang Soo Kim, "Recent R & D Status of Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell", The polymer society of Korea 15, pp.550-561, (2004).

[11] Murphy OJ, Bockris JO'M. Photovoltaic electrolysis: hydrogen and electricity from water and light. International Journal of Hydrogen Energy, pp.557 - 561, (1984).

[12] 박경은, 강기환, 김현일, 유권중, 김준태, 후면유리 종류에 따른 투과형 태양광발전모듈의 열 및 광 특성 분석, 한국에너지 학회 춘계학술대회, pp.263-268 (2008).

저 자 소 개



황 준 원 (黃 俊 元)

1984년 2월 2일생. 2009년 조선대학교 졸업(학사). 현재 동신대학교 대학원 전기전자공학과 석사과정.
Tel : 061-330-3218
Fax : 061-330-3105
E-mail : mind0202@naver.com



최 용 성 (崔 龍 成)

1967년 11월 14일생. 1991년 동아대학교 전기공학과 졸업 (학사). 1993년 동대학원 전기공학과 졸업 (석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업 (공학). 1999년~2001년 JAIST Post-Doc.. 2001년~2003년 Osaka Univ. Post-Doc.. 2002년~2005년 원광대학교 연구교수. 2006년~현재 동신대학교 전기공학과 교수. 2006년~현재 전력산업인력양성사업단 기획운영부장.
Tel : 061-330-3204
Fax : 061-330-3105
E-mail : yschoi67@dsu.ac.kr



이 경 섭 (李 炘 燮)

1956년 11월 09일생. 1983년 조선대학교 전기공학과 졸업(학사). 1986 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1988년~현재 동신대학교 전기공학과 교수. 1994년~1995년 동경공업대학 객원연구원. 2006년~현재 전력산업인력양성사업단 단장.
Tel : 061-330-3203
Fax : 061-330-3105
E-mail : kslee@dsu.ac.kr