

플러그인 수소 연료 에너지 전원 시스템을 이용한 24시간 70km 운전 가능한 경비 로봇 설계

Designing Guard Robot for 24hour and 70km Operation using Plug-in Hydrogen Fuel Energy Power System

○손승우¹, 문용선^{2*}, 고낙용, 국태용, 최영호

¹⁾ 레드원테크놀러지 로봇중앙연구소 (TEL: 070-7848-9987, E-mail: mistson@urc.kr)

²⁾ 순천대학교 전자공학과 (TEL: 061-750-3572, E-mail: moon@sunchon.ac.kr)

Abstract This paper is about designing guard robot for 24hour and 70km operation using plug-in hydrogen fuel energy power system. As the power system name shows, the power system is composed by hydrogen fuel cell and battery. Plug-in indicates the battery can be charged by external power as well as being charged by hydrogen fuel cell. This paper deals with some factors that one can consider when designs this kind of power system and presents a designed result.

Keywords Fuel cell, hydrogen, plug-in, battery

1. Introduction

지속가능한 에너지 사용을 위한 대체 에너지 사용이 최근 각광받고 있다. 언젠가는 고갈되고 환경 문제도 일으키는 석유 연료 보다는 친환경적이고 지속적으로 사용가능한 대체 에너지를 통해 더 나은 미래 환경을 후손들에게 물려주기 위한 것이다. 대체 에너지로 제시되고 있는 것들은 태양광, 풍력, 지열, 수소 등이 있다.

이 중 수소를 이용한 에너지 사용 방법은 연료전지를 이용하는 방법인데, 연료전자는 수소와 산소가 반응하여 물이 만들어질 때 발생하는 전기 에너지를 이용하여 발전을 하는 일종의 발전기이다. 연료전지를 이용한 자동차는 이미 시중에서 판매되고 있고, 연료전지를 이용한 발전 설비도 많은 곳에 설치되어 있다. 그러나 연료전지를 이용한 이동형 로봇은 우리가 아는 범위에서 아직 제시된 바가 없다.

본 논문에서는 연료전지를 사용하여 1회 충전으로 24시간/70km 운행 가능한 로봇을 설계하는 내용을 다룬다. 주로 전원장치 설계에 대한 내용이 주를 이룬다. 2장에서는 우선 연료전지를 사용한 전원장치의 구성과 작동과정을 개념적으로 설명하고, 3장에서는 전원장치의 설계 과정에서 고려해야 할 사항들과 그에 따른 설계 과정을 간략하게 다룬다. 4장에서는 그에 따른 설계 결과를 다루고 5장에서 결론을 낸다.

* 이 연구는 2017년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원 (KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('10080489').

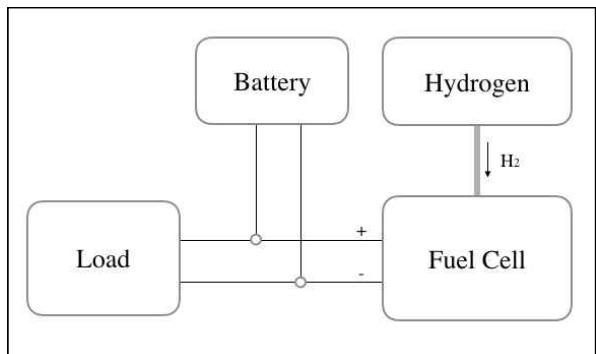


그림 1. 연료전지와 배터리의 병렬연결 구조.

2. 전원장치의 개념적 이해

일반적으로 많이 사용되는 로봇의 전원장치는 배터리이다. 배터리는 구성이 간단하고, 배터리의 사용 선에서 원하는 만큼의 전력을 바로 사용할 수 있기 때문에 편리하다. 반면 충전시간이 수시간정도로 오래 걸린다는 단점이 있다. 연료전지는 산소와 수소를 연료로 사용하는데, 산소는 공기 중에서 얻고 수소만 수소 저장용기에 충전을 하여 사용한다. 수소는 저장방식과 용량에 따라 다르지만 수분에서 수십 분 내에 충전이 가능하다. 그러나 연료전자는 발전기이기 때문에 연료전자가 발전하고 있는 만큼의 전력만 사용할 수 있다. 그 보다 많은 전력은 사용할 수 없고, 적은 전력은 사용할 수 있지만 남는 전기는 어딘가 다른 곳으로 소모되어야

한다. 이를 보완하기 위하여 연료전지는 항상 배터리와 병렬로 연결하여 사용한다(그림1). 이렇게 하면 발전량보다 적은 전력을 사용할 때의 남는 전력은 배터리로 충전하고, 발전량보다 많은 전력을 필요로 할 때에는 배터리에 충전된 전력을 추가로 사용함으로서 시스템에 안정적인 전력 공급이 가능하다.

3. 전원장치 설계 과정

3.1 로봇의 소비 전력 추정

전원장치 구성요소들의 사양을 선정하기에 앞서 로봇의 소비 전력을 추정한다. 로봇의 소비전력은 로봇의 무게와 이동방식(바퀴, 이족보행 등)에 따라 달라지므로 제작하려는 로봇에 맞춰 계산한다. 계산 결과로 평균 소비전력 예상치와 최대 소비전력 예상치를 얻어낸다.

3.2 전원장치 구성요소 사양 선정

플러그인 수소 연료 에너지 전원 시스템(이하 전원장치)의 구성요소는 크게 연료전지, 수소저장소 그리고 배터리로 나뉜다.

이 중 연료전지는 여러 종류가 있지만 상온에서 사용하기에 적절하고 많이 사용되는 연료전지는 PEMFC(Proton Exchange Membrane Fuel Cell)이다. 연료전지의 종류를 선택하면 출력을 선택해야 하는데, 3.1에서 구한 로봇의 평균 소비전력 값을 이용하여 결정한다. PEMFC를 선택했을 경우 연료전지의 출력은 평균 소비전력 보다는 크되, 5배 이내의 출력값으로 선택하는 것이 좋다. 연료전지의 발전 효율이 최대 출력의 20% 출력일 때 가장 좋고 그 이하에선 많이 떨어지기 때문에[1], 평균소비전력이 연료전지 최대출력 20 ~ 100% 이내에 들어오는 사양의 연료전지를 선택하는 것이 좋은 것이다.

수소 저장방법으로 사용되는 방법은 여러 가지가 있지만 상용으로 사용되는 방법은 주로 고압탱크 또는 메탈하이드라이드(Metal Hydride)에 저장하는 것이다. 고압탱크는 350bar 또는 700bar의 고압으로 기체상태의 수소를 저장하는 방법이고, 메탈하이드라이드는 고체 파우더 사이로 수소를 흡착시켜 8 ~ 10bar 정도의 저압으로 저장하는 방식이다. 압력으로는 저압으로 저장하는 메탈하이드라이드가 선호되지만, 고체 파우더 무게 대비 수소 저장량이 1wt% 정도로 낮기 때문에 고압탱크를 사용하는 것이 무게 면에서 유리하다. 수소 저장방법을 선택하고 나면 저장할 수소량을 계산하는 일이 남아 있다. 로봇의 평균 소비전력(P)과 로봇을 운용할 시간(t)을 곱하

면 로봇의 총 소비전력량(E)이 나온다. 선택한 PEMFC 연료전지의 발전 효율이 약40%이고[1], 연료전지 반응에서 수소의 에너지 발생량은 33 [kWh/kg] 이므로 아래의 식으로 필요한 수소량(m)을 계산할 수 있다.

$$m = \frac{E[kWh]}{0.4 \times 33[kWh/kg]} \quad (1)$$

로봇의 최고 소비전력으로는 리튬이온 전지의 용량을 결정할 수 있다. ‘최고 소비전력 - 연료전지 최대출력’이 전지가 충당해 주는 전력(E_{ext})이 될 것이므로, 이 전력으로 t 시간 동안 동작할 수 있도록 해주는 전지의 용량(E_b)은

$$E_b = E_{ext} \times t \quad (2)$$

4. 경비로봇의 설계 결과

경비로봇의 평균 소비전력은 382W로 계산되었다. 이에 따라 연료전지는 1kW 출력의 연료전지로 선택하였다.

평균 소비전력으로 24시간동안 사용을 하기 위해서는 9.168kWh의 전력량이 필요하고 이를 얻기 해서 식(1)에 따라 약 0.69kg의 수소가 필요하므로, 약 1.2의 안전율을 감안하여 0.8kg의 수소를 사용하기로 하였다.

최고 소비전력은 약 2kW로 계산되었으며, 이에 따라 1kW의 추가 전력을 15분 동안 낼 수 있는 250Wh 용량의 배터리가 선정 되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 연료전지를 이용한 로봇 전원장치를 구성할 때의 구성요소와 설계 단계에서의 구성요소 선정 방법을 간단히 설명하였다. 그 결과 배터리와 연료전지의 출력을 병렬로 연결하여 사용되어 로봇의 소비전력에 따라 연료전지와 배터리의 출력 및 용량을 결정하여 로봇이 원하는 시간동안 동작할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

참고문현

- [1] Eberle, Ulrich & Müller, Bernd & Helmolt, Rittmar. “Fuel cell electric vehicles and hydrogen infrastructure: Status 2012”. *Energy & Environmental Science*. 5. 8790–8798, 2012.