

DSC를 이용한 소형기기 구동의 DC-DC Converter 개발에 관한 연구

김 정훈¹⁾, 박 성준²⁾, 김 진영³⁾, 박 해영⁴⁾, 유 동욱⁵⁾, 김 희제⁶⁾

A study on the development of DC-DC converter to drive small instruments using DSC

Jeonghoon Kim, Sungjoon Park, Jinyoung Kim, Haeyoung Park, Dongwook You,
Heeje Kim

Key words : DSC(염료감응형 태양전지), dc-dc converter(dc-dc 컨버터), interlocking device(인터로킹 기기)

Abstract : In this research, we have studied the development of dc-dc converter suitable for the driving of mobile instruments by using a dye-sensitized solar cell(DSC). We also have designed a interlocking circuit. The circuit makes power from DSC be saved in one battery and concurrently be discharged in the other battery. As this application, mobile devices like MP3, cellular phone are driven by using power from DSC during the daytime and they can be driven by using the saving energy of the daytime during the night. Besides, we designed dc-dc converter circuit to drive low power instruments by using NMOS switch and PMOS rectifier.

1. 서 론

최근 세계적으로 에너지 자원의 고갈문제가 대두되고, 더불어 환경문제가 부각됨에 따라 재생 에너지원으로써의 태양전지의 중요성이 시간이 따라 그 중요성을 더해가고 있다.

기존의 태양전지 중 실리콘을 이용한 태양전지는 높은 효율성과 제조공정의 확보 등으로 널리 이용되고 있으나, 고가의 장비가 동원되어야 하고, 원료의 높은 가격한계치로 인하여, 이에 대응한 새로운 방식의 태양전지로서 염료감응형 태양전지(dye-sensitized solar cell)가 많은 주목을 받고 있다. 다시 말해, 기존에서 널리 이용되고 있는 실리콘계의 약 25% 효율에 비하여, 염료감응형 태양전지는 다소 낮은 10%의 광전효율을 가지지만, 가격 면에 있어 그 단가를 기존보다 약 5분의 1선까지 낮출 수 있고, 또한 20년가량의 긴 수명을 가진다는 장점을 가지고 있어 많은 연구원 및 기업들 사이에서 활발하게 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 이러한 염료감응형 태양전지를 이동 가능한(portable) 전자기기, 즉 MP3 플레이어 혹은 디지털 카메라 등과 같은 소형 전자기기에 부착시켜 DC 전원을 공급하였고, 태양광으로부터 받은 전력을 소형전자기기의 구동에 적합한 설계한 DC-DC 컨버터를 소개하고자 한다.

- 1) 부산대학교 전자전기통신공학부
E-mail : canon79@hanmail.net
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)513-0212
- 2) 부산대학교 전자전기통신공학부
E-mail : co2laser@chol.com
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)513-0212
- 3) 부산대학교 전자전기통신공학부
E-mail : jinminerva@hanmail.net
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)513-0212
- 4) 부산대학교 전자전기통신공학부
E-mail : ehaeyo@nate.com
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)513-0212
- 5) 한국전기연구원 산업전기연구단
E-mail : heeje@pusan.ac.kr
Tel : (055)280-1430 Fax : (055)280-1436
- 6) 부산대학교 전자전기통신공학부
E-mail : dwyoo@keri.re.kr
Tel : (051)510-2364 Fax : (051)513-0212

또한, 2상의 충전전 회로를 설계하여, 한쪽상의 배터리에서 소형전기기기를 구동하고 있는 중 또 다른 한쪽의 배터리에서는 태양광을 통하여 전력을 충전시키는 회로를 설계하였고, 동시에 한쪽 배터리의 충전완료시, 자동적으로 또 다른 한쪽의 배터리를 충전시키기 위한 인터로킹 스위치(interlocking switch)를 부차시킨 회로를 제안하고자 한다.

2. 염료감응형 태양전지 셀

2.1 셀 제작 및 준비

Fig. 1에서 보는 것과 같이 염료감응형 태양전지 셀의 구조는 다음과 같다. 샌드위치 구조 속의 투명유리 위에 코팅된 투명 전극, 그리고 나노입자로 구성된 다공질 TiO_2 , 그 위에 단분자층으로 코팅된 염료 고분자, 그리고 두 전극 사이의 나머지 공간을 채우고 있는 산화환원용 전해질 용액으로 구성된다.

DSC의 제작을 위하여 먼저 TiO_2 paste를 패턴 설계가 된 스크린 프린팅 매쉬를 사용하여 기판위에 전극을 인쇄한 뒤 자연 건조된 $TiO_2/FTO/glass$ 를 열처리용 box에 넣고 $450\sim 500^\circ C$ 에서 30분~1시간 열처리하여 TiO_2 전극을 제조한다. 그리고 Sputtering 법 혹은 전기도금법을 이용하여 ITO/glass 기판위에 Pt 박막을 증착시켜 상대전극을 제조한다. 다음 TiO_2 전극 막의 표면에 염료를 착색, 세정하고 그 뒤 착색되지 않은 염료는 무수알코올을 이용하여 씻어낸다. 전극 내 회로 구성을 위해 TiO_2 후막에 사용되는 screen printing을 디자인 할 때 원하는 형상의 패턴을 스크린 천에 새긴 후 사용하여 TiO_2 활성층을 구성하고 활성면과 면사이의 절연은 레이저를 이용한 건식 식각으로 한다. 그리고 TiO_2 전극과 상대전극사이에 격벽은 고체 접합체를 사용하였다. 전극간의 고체 열경화성 및 전해질과 무반응성의 에폭시계 접착제를 사용하여 실링하고 상대전극의 기판에 전해질 주입을 위해 1mm 미만의 작은 구멍을 제작하여 이를 통해 전해질을 주입한 후 밀봉하였다.¹⁾⁻⁵⁾

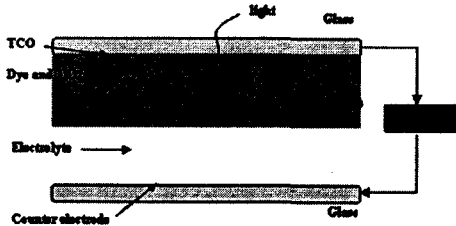
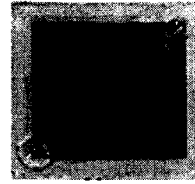


Fig.1 염료감응형 태양전지 셀의 구조



Picture. 1 제작된 염료 감응형 태양전지 셀

3. DSC를 이용한 소형기기 구동용 컨버터

3.1 소형기기용 DC-DC 컨버터

본 논문에서는 염료감응형 태양전지 셀을 이용하여 MP3, 디지털카메라, GPS 등과 같은 휴대 가능한 소형전기기기의 구동에 적합한 DC-DC 컨버터 모듈을 제안하고자 한다. 기존에 나와 있는 이러한 소형전기기기는 대략 3.3V ~ 3.8V의 전압 및 100mA ~ 600mA의 전류를 필요로 하는데, 제작된 염료감응형 태양전지 셀의 경우 단위셀당 나오는 전압이 0.8~1.5V의 전압 및 15mA 가량의 전류만을 공급하기 때문에 직접적으로 태양전지 셀을 통하여 소형기기를 구동하는 것이 불가능하다. 따라서 이와 같은 소형전기기기의 구동을 위하여 그에 적합한 DC-DC 컨버터의 개발이 필요하다.

Fig. 2에서는 태양전지 셀에서 1.5V의 전압을 공급받았다고 가정하였을 경우, 소형기기 구동에 요구되는 3.3V 가량의 전압을 얻는 모델을 개략적으로 도시하였다.

입력전압(V_{in})의 경우 하나의 AA 혹은 AAA 사이즈의 배터리 입력 전압이다. 만약 V_{out} 이 V_{in} 을 초과하게 되면 V_{out} 으로부터 바이어스가 되게 된다. 따라서 입력전압(V_{in})으로부터 start-up 바이어스가 되면 입력전압(V_{in})으로부터 독립적인 작동이 게시되고, 이 작동은 출력전력 레벨과 배터리 내부의 직렬성분의 저항에 의하여 제한되게 된다.

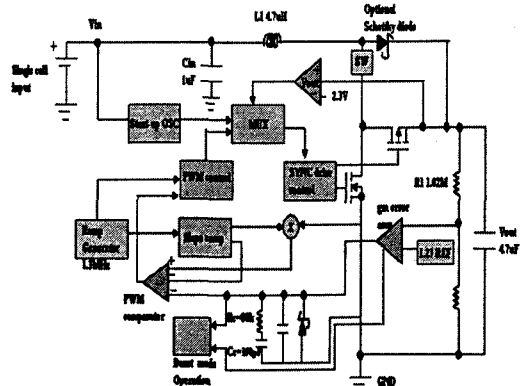


Fig. 2 dc-dc 컨버터의 블록 다이어그램

입력전압(Vin)과 스위치(SW) 사이에 연결된 인덕터(L1)를 연결하였고, 스위치(SW)와 Vout 사이에 schottky diode(모델명:1N5817)를 연결하였다. 왜냐하면, 만약 이 경우 보통의 정류기 다이오드를 연결한다면, 느린 회복 시간(slow recovery time)으로 인하여 효율 면에 있어 손상을 줄 수 있기 때문이다. 다만, 이 schottky diode의 경우 4.5V 이하의 출력전압에 대하여는 선택가능하나, 컨버터의 효율을 2~3% 가량 올릴 수 있기 때문에, 이 schottky diode를 사용하여 설계하였고 EMI와 voltage overshoot를 가능한 줄이기 위하여 스위치(SW)와 출력전압(Vout)의 패스를 짧고 넓은 면적의 GND를 주었다.⁶⁾

표시된 피드백(Feedback)는 gm 에러 증폭기(gm error amplifier) 로의 입력이고, 이곳에 연결되어 있는 저항 분배 탭(resistor divider tap)으로써 출력전압이 다음 식(1)에 의하여 2.5V에서 5V 까지 조절이 되어질 수 있다.

$$V_{out} = 1.23 \text{ V} \times \left[1 + \left(\frac{R1}{R2} \right) \right] \quad (1)$$

Fig. 2에서 보는 것처럼, 스위칭 주파수는 1.2MHz로 세팅하였다 이 스위칭 주파수는 낮은 프로파일 인덕터(low profile inductor)와 세라믹 커패시터를 이용하여 solution footprint를 최소화 시킨다. 또한 Anti-ringing 제어 회로를 채용하여 불연속 모드(discontinuous mode)에서 인덕터를 댐핑(damping)하는 것에 의해서 EMI를 줄이고자 하였다.⁷⁾⁻⁸⁾

Fig.3에서는 스위치(SW)에서의 Anti-ringing 동작을 볼 수 있다.

Fig. 4에서는 온도에 따른 출력전압(Vout)을 조사하였다. 이때 출력 전류는 10mA를 보였고, Fig. 4에서 보는 바와 같이 온도가 상승함에 따라 출력전압(Vout)이 점진적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

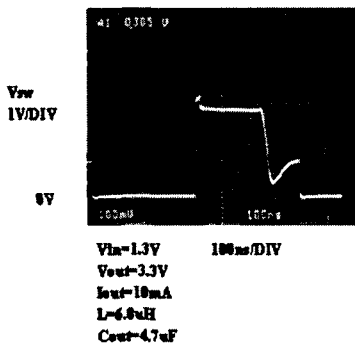


Fig. 3 스위치에서의 Anti-ringing 동작

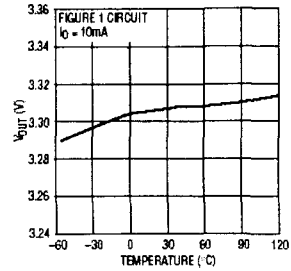


Fig. 4 온도에 따른 출력전압(Vout)

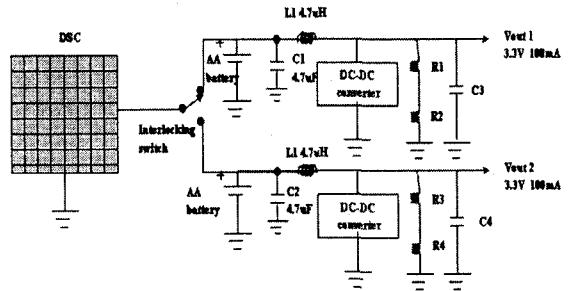


Fig. 5 Interlocking switch를 이용한 2상의 충전회로의 개략도

Fig. 6 과 Fig. 7에서는 본 논문에서 제안되는 dc-dc 컨버터 시스템이 다양한 소형전기기기에 응용될수 있도록 요구되는 출력전압 및 출력전류값을 가변하여 구성을 하여 보았다.

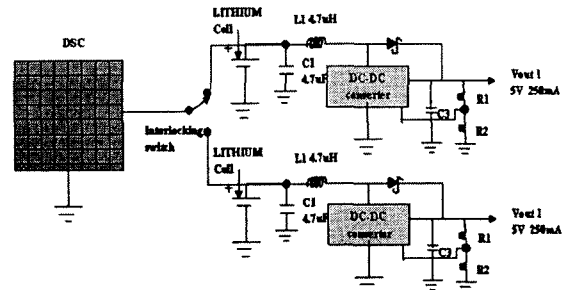


Fig. 6 Single Lithium Cell을 이용한 충전회로의 개략도

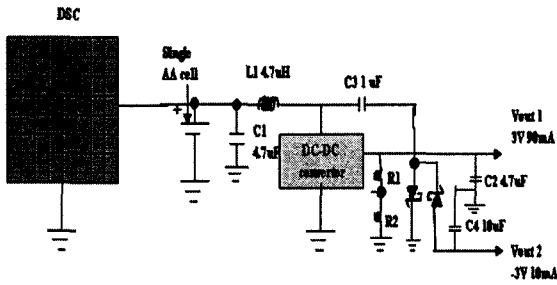


Fig. 7 Single AA cell을 통한 +3V, -3V의 출력 boost converter

4. 결론

본 논문에서는 염료감응형 태양전지 셀을 통하여 출력된 DC 전압을 휴대가능한 소형 전기기에 적합한 DC전압으로 전환시키는 DC-DC 컨버터 모듈들을 제안하였다. 또한 2상으로 구현된 한쪽의 배터리에서는 방전을 시켜 기기를 구동함과 동시에 다른 쪽의 배터리에서는 태양광을 통한 충전을 시켜 에너지를 저장하는 시스템을 제안하였다. 각 소형전기기에 따라 요구되는 출력전압 및 전류와 전원 배터리의 종류가 달라지는 것을 고려하여 그에 대한 응용 회로도 제안을 하였다.

다만, 날씨와 계절에 따라 변화하는 태양광 조건을 일정한 조건의 입력으로 주기 위한 시스템이 향후 연구되어질 필요가 있다고 생각되어 지고, 아울러 염료감응형 태양전지 셀 자체에서의 전압, 전류 그리고 셀 자체의 수명에서의 안정성과 신뢰성의 확보가 필요할 것이라고 생각되어 진다.

본 연구는 한국 과학재단 과제 연구비에 의하여 수행된 연구로써 관계부처에 감사드립니다
과제번호:R01-2004-000-10318-0

References

- [1] B. O' Regan, M. Gratzel, 1991, 737-739, nature.
- [2] M.K Nazeeruddin, A. Kay, R. Humphry-Baker, E. Muller, P. Liska, N. Vlachopoulos, M. Gratzel, J. Am., 1993, 115, 1993 8382-6390, Chem. Soc.
- [3] M. Gratzel, J. Photochem. Photobiol. 2004, 164, 3-14. A: Chem
- [4] S.D Burnside, V. Shklover, C. Barbe, P. Comte, F. Arendse, K. Brooks, M. Gratzel, 1998, 10, 2419-2425, Chem. Nature.
- [5] P. Wang, S.M. Zakeeruddin, J. Moser, M.K.

Nazeeruddin, T. Sekiguch, M. Gratzel, 2003, Nature Mater., advance online publication.

- [6] A. Hinsch, J.M. Kroon, R. Kern, I. Uhlendorf, J. Holzbock, A. Meyer, J. Ferber, 2001, Appl. 9, 425-438, Photovolt.: Res.
- [7] Haruo Watanabe Hirofumi Matsuo, 2001. PESO. 2001 IEEE 32nd Annual, Volume: 2, 17-21 June 2001, Power Electronics Specialists Conference,
- [8] Sergey Korotkov, Valery Meleshin, Rais Mittahutdinov, Simon Fraidlin, 1997, 97, Telecommunications Energy Special Conference