

DSC를 활용한 상용전력변환 시스템에 관한 연구

김 진영¹⁾, 박 성준²⁾, 박 해영³⁾, 김 우성⁴⁾, 김 휘영⁵⁾, 김 희제⁶⁾

A study on the power conversion system using Dye-Sensitized Solar cell

Jinyoung Kim, Sungjune Park, Haeyoung Park, Woosung Kim, Hwiyoung Kim, Heeje Kim

Key words : DSP, Power conversion system(전력변환장치), PWM, DSC(염료감응형 태양전지)

Abstract : The technology of Solar Power conversion System is defined as a solar cell that changes the solar energy into the direct electric energy, power conversion and control technology that convert the dc power into ac power. The solar cell module , power conversion, and a control part in component parts consisting a solar power conversion system have influence on its performance. The roles of power conversion and a control part supply the direct current generated by solar cell module for a load with high efficiency as conveniently as possible.

In this study, the power conversion system that can generate solar power using DSC module was developed and its characteristics was experimented. The characteristics of the DSC power conversion system including MOSFET and DSP micro processor, high speed devices, was simulated using Psim. According to the results, converter and inverter was manufactured in detail and the performance characteristics were studied.

1. 서 론

태양광 발전시스템 기술은 태양광 에너지를 직류 전기에너지로 변환하는 태양전지와 태양전지로 부터의 직류 전력을 교류전력으로 변환하는 전력 변환 및 제어기술이라고 정의할 수 있다. 이러한 태양광발전시스템을 구성하는 구성요소 중에서 성능을 크게 좌우하는 것은 태양전지 모듈과 인버터를 포함한 전력변환 및 제어장치이다. 전력변환 및 제어장치의 역할은 태양전지 모듈이 발전한 직류전기를 가능한 편리하면서 고효율로 안전하게 부하에 전력을 공급하는 것이다.

본 연구에서는 이러한 배경으로 DCS 모듈을 이용하여 태양광 발전이 가능한 전력변환 시스템을 구상하고 특성을 실험하고자 한다. 고속 스위칭 소자인 MOSFET과 DSP 마이크로프로세서를 사용한

염료 감응형 태양광 발전 시스템의 특성을 Psim을 활용하여 시뮬레이션 하고, 그 결과에 따라 직접 컨버터와 인버터를 제작하여, 동작 특성에 대하여 연구하였다.

2. 본론

본 연구에서 제안하는 전력변환 시스템은 DSC 모듈에서 생성되는 전류를 축전지에 저장하여 필요시에 converter와 inverter를 통해 교류전력으로 변환하여 부하에 전력을 공급하게 된다.

-
- 1) 부산대학교 전기공학과
E-mail : jinminerva@naver.com
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)123-9876
 - 2) 부산대학교 전기공학과
E-mail : joonni7@empal.com
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)123-9876
 - 3) 부산대학교 전기공학과
E-mail : ehaeyo@nate.com
Tel : (051)510-2770 Fax : (051)123-9876

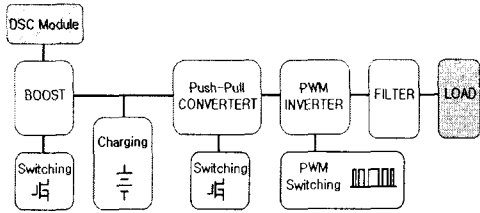


Fig. 1 전력변환 시스템의 블록도

그림 1은 본 연구에서 제안 하는 전력변환 시스템의 블록도이다. DSC모듈에서는 DC 5.14V 출력 전압을 가진다. 이 출력 전압은 다시 boost를 통해 약 DC 13V로 승압이 되어 Charging회로를 통해 충전된다. Push-pull converter에서는 DC 12V를 이용하여 DC 310V 출력을 얻을 수 있다. 인버터에서는 DC 310V를 PWM 스위칭을 통해 AC 220V로 변환이 된다. 이때 inverter의 스위칭은 DSP를 통해 제어된다. 인버터의 출력은 필터를 통해 고조파가 제거되고 부하에 공급이 된다.

2.1 전압 상승형 DSC

대면적 DSC에서 변환 효율의 저하의 제 1의 요소는 셀의 대면적화로 인한 표면저항의 증가이다. 셀의 표면저항 증가는 암전류(dark current)의 급격한 증가를 야기한다. 염료에서 발생한 광전자는 TiO_2 로 확산 혹은 trap-detrapping과정을 거치면서 TCO전극으로 이동하게 되고, TCO전극으로 전달된 전자는 빠르게 외부회로로 빠져나가게 된다. 이때 표면저항이 커질수록 염료에서 발생한 광전자는 표면저항으로 인해 포집이 잘 이루어지지 않게 되어 셀 내부에서 전자 흐름이 원활하지 못하게 된다. 따라서 표면저항의 증가는 셀 특성에 나쁜 영향을 미치게 됨을 알 수 있다. 즉 표면저항의 증가는 궁극적으로 셀의 에너지 변환 효율을 떨어뜨리는 원인이 되는 것이다.

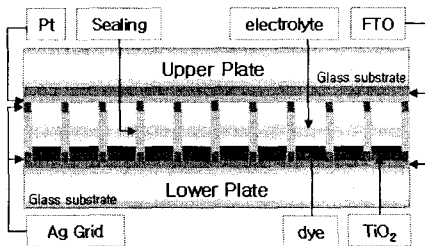


Fig. 2 출력 전압 상승형 DSC 단면도

그림 2는 출력 전압 상승형 DSC의 단면도를 보여준다. 그림 3의 상판 FTO의 크기는 10cm X 7cm, 하판 FTO의 크기는 10cm X 5.8cm, 상판과 하판의 접합 후 Active area는 70cm X 40cm이다. 셀의 전체의 폭은 광변환 효율을 좌우하는 중요 변수이다. 전극의 폭이 작을수록 광전극으로부터 외부 Load로의 전자 이동성이 우수해진다. 따라서 셀의 폭을 최대한 줄이면 된다. 즉 대면적 셀을 내부적으로 분할해서 적절하게 연결 할 수 있다면 셀의 변환 효율은 향상될 것이다.

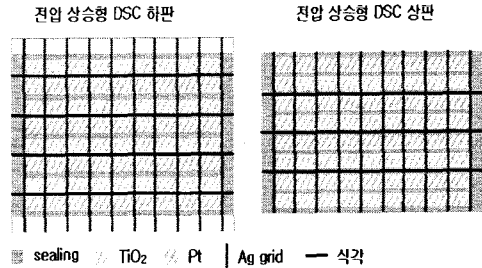


Fig. 3 출력 전압 상승형 DSC의 상판과 하판 단면도

그림 3은 본 논문에서 제안하는 내부적인 직렬 연결법이다. 부가적인 연결선 없이 매우 간단하게 연결할 수 있는 방법으로 그림 3과 같이 TiO_2 와 상대전극의 Pt를 교차해서 셀 구조를 형성한다. 내부적 직렬연결을 위해 광전극과 상대전극을 번갈아 연결하고 그림 3과 같이 식각을 하면 8개의 단위 셀의 집합형태가 된다. 식각은 CO2레이저를 이용했고 CO2레이저의 출력은 18W이고 식각의 두께는 0.5mm이하이다.

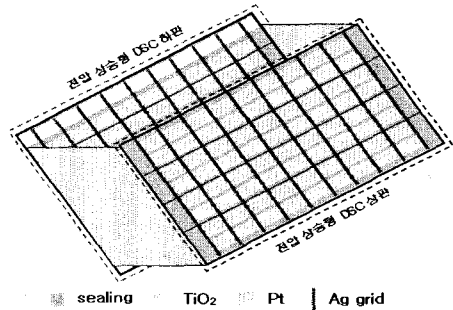


Fig. 4 출력 전압 상승형 DSC의 하판과 상판의 결합

그림 4는 출력 전압 상승형 태양전지의 상판과 하판의 결합 후의 모습이다.

2.2 전력변환장치

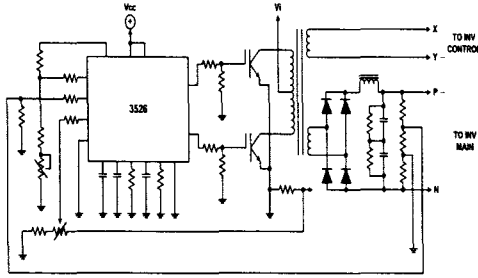


Fig. 5 Push-pull converter 회로도

그림 5는 Push-pull converter의 회로도이다. Converter에서는 DSC cell의 출력을 입력 받아 DC 310V의 전압으로 승압하게 된다. 본 연구에서는 리플제거 및 고효율을 위해 MOSFET을 이용한 고주파 스위칭을 구상하였다. 제안하는 Push-pull converter의 스위칭은 25us의 주기를 가지며 2개의 MOSFET을 교대로 on, off하게 된다. MOSFET의 제어는 SG3526 소자를 사용하였다.

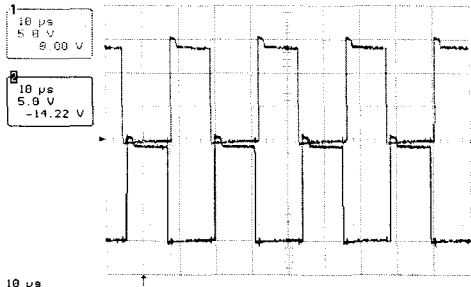


Fig. 6 Push-pull converter의 스위칭 파형

그림 6은 Push-pull converter의 스위칭 신호를 보여주고 있다.

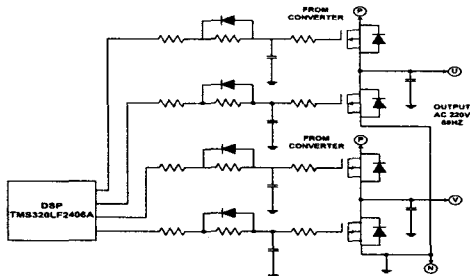


Fig. 7 PWM inverter의 회로도

그림 7은 PWM inverter의 회로도이다. 본 연구에서는 DSP(Digital Signal Processor)를 사용한 PWM 인버터를 구상하였다. DSP에서는 20kHz의 duty가변형 Pulse가 출력이 되어 인버터의 Full

Bridge를 제어하게 된다. Full Bridge의 스위칭에 의해 Push-pull converter의 출력전압이 AC전압으로 변환이 된다.

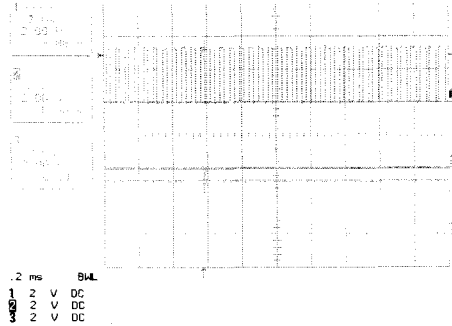


Fig. 8 PWM 신호의 파형

그림 8은 DSP에 통해 제어되는 PWM 신호의 파형이다. 점차적으로 duty가 가변되는 것을 볼 수 있다. 그림 9는 인버터의 스위치 Q1과 Q2를 제어하는 PWM gate 신호이다. 각 스위치에 입력되어지는 PWM 신호는 그림 7의 회로를 통해 Q1, Q2를 제어하게 되고 Q1과 Q2는 180°의 위상 지연을 갖는다. Q3과 Q4는 pwm 신호가 아닌 duty=50%를 가지는 펄스이다. Q3의 on time은 Q2이 pwm 신호가 발생하는 주기와 같으며 Q4의 on time은 Q1이 pwm 신호가 발생하는 주기가 같다.

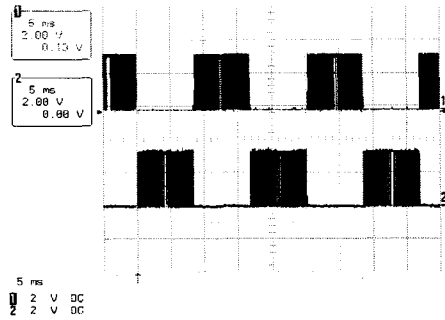


Fig. 9 PWM inverter의 스위칭 파형

3. 실험 결과

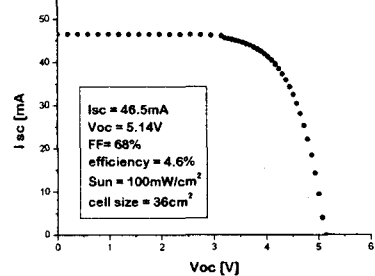


Fig. 10 전압상승형 DSC cell의 특성곡선

그림 10은 전압 상승형 DSC module의 I_{sc} , V_{oc} , FF, 효율을 보여주고 있다. 출력전압 5.14V, 출력 전류 46.5mA의 결과를 얻었다. 전압 상승형 DSC module의 변환 효율은 4.6%이다.

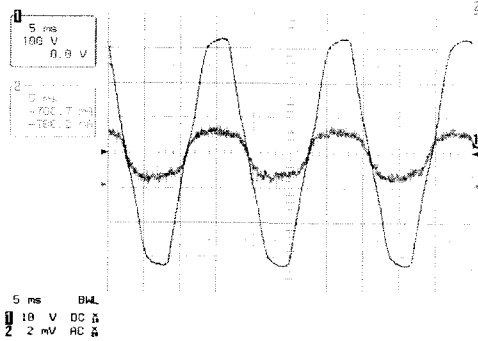


Fig. 11 전력변환 장치의 출력 파형

그림 11은 전력변환 시스템의 출력 파형이다. 출력 전류가 출력 전압에 대하여 위상 지연이 없는 역률 1의 출력 특성을 보여 주고 있다. 그림 5-12에서 보는 바와 같이 안정된 출력이 나오고 있는 것을 알 수 있다.

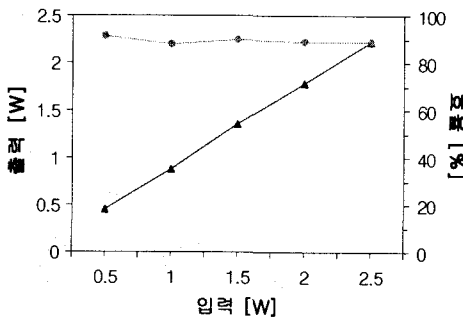


Fig. 12 전력변환 장치의 효율

그림 12는 전력변환 시스템의 효율을 측정한 그래프이다. DSC module의 입력에 따른 전력변환 시스템의 출력을 측정하였다. 그림 12 그래프에 나타난 것처럼 입력 전압이 증가할수록 출력은 선형적으로 증가하며, 효율은 90% 이내의 변화를 보였다.

4. 결론

본 연구에서는 DSC module과 DSP 마이크로프로세서를 활용하여 전력변환 장치인 Push-pull converter 및 PWM inverter를 구성하고, 동작 특성을 확인하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 단위 DSC cell을 이용하여 전압 상승형 DSC module을 제작하였다. 그 결과, 출력전압 5.14V, 출력 전류 46.5mA의 특성을 얻었고 4.6%의 변환 효율을 얻었다.

2. DSP를 이용한 20[kHz]의 PWM 신호를 이용하여 안정된 인버터의 스위칭 동작 특성 확인하였다.

3. DSC module의 입력에 따른 전력변환 시스템의 출력을 조사하여 90%의 효율을 얻었다.

후기

본 연구는 한국과학재단 과제 연구비에 의하여 수행된 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

과제번호: R01-2004-000-10318-0

References

- [1] Osman Kukrer, MARCH 1996, "Discrete-Time Current Control of Voltage-Fed Three-Phase PWM Inverters" in IEEE Trans, vol. 11, NO. 2.
- [2] M.Gratzel, 1997, "Photoelectrochemical Solar Energy Conversion by Dye Sensitization" in Darmstadt" in The American Institute of Physics Sep.
- [3] "TMS320LF/LC240xA DSP Controllers Reference Guide" Literature Number: SPRU3578B Revised December 2001
- [4] R.Wu,S.B Dewan, and G.R.Slemon, 1988, "A PWM ac to dc converter with fixed switching frequency," in Conf.Rec.IEEE-IAS, pp.706-711.
- [5] J. M. D. Murphy and M. G. Egan, 1982, " A Comparison of PWM strages for Inverter Fed Induction Motors," IEEE IAS Annual Meeting Conference Record, pp. 569-573.
- [6] K.H Liu and F.C.Lee, 1987, "Resonant Switches-a Unified Approach to Improved Performances of Switching Converters",IEEE International Telecommunications Energy Conference, pp. 344-351