

DSP를 이용한 액티브 필터 기능 추가형 태양광발전시스템의 운전특성에 관한 연구

서효룡*, 박영길*, 김중현*, 박민원*, 유인근*
 창원대학교*

A Study on PV Power Generation System Adding the Function of Shunt Active Filter Using DSP

Hyo-Ryong Seo*, Young-Gil Park*, Jong-Hyun Kim*, Minwon Park*, In-Keun Yu*
 Changwon National University*

Abstract - Grid connected PV(Photovoltaic) generation systems are becoming and actual and general. The power output of PV system is directly affected by the weather conditions. And when AC power supply is needed, power conversion by an inverter and a MPPT control are necessary. The PV power generation system can be treated to a harmonics source for the power distribution system. So, the PV system combined the function of active filter system can be useful applied in power distribution system. AF(Active Filters) intended for harmonic solutions are expanding their functions from harmonic compensation of nonlinear loads into harmonic isolation between utilities and consumer. With the test analysis of the proposed control strategy of PV-AF system, the outcome of the test shows the stability and effectiveness of the proposed PV-AF system. The various capability of AF has been proved in previous research and usage. In this paper, authors present a DSP controlled PV-AF system for power conditioning in three-phase industrial or commercial power systems and verify it through experimental results.

1. 서 론

계통연계형 태양광발전시스템은 날이 갈수록 많이 보급되어지고 있다. 이 태양광발전시스템의 출력은 날씨의 조건에 직접적인 연관이 있어 출력전압이 가변되어지기 때문에 최대출력추정제어가 필요하다. 이 제어와 태양광 셀의 직류출력을 계통에 연계하기 위해서는 인버터가 필요하다. 그러므로 이 시스템은 비선형 전력소자를 사용하고 있기 때문에 전력 계통으로부터 고조파소스로 취급된다. 상용 전원에 고주파 전류가 주입되면 같은 전원에 연결되어 있는 다른 민감한 부하에 문제점들을 야기하게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 태양광발전시스템에 액티브 필터 기능을 추가하였다. 액티브 필터는 비선형 부하로부터 발생하는 고조파전류를 제거하여서 상용전력의 품질을 개선하는 기능을 가지고 있다. 진보된 전력전자 기술과 끊임없는 연구와 적용으로 액티브 필터의 효율성은 매우 높다. 액티브 필터 기능 추가형 태양광발전시스템은 출력을 내는 동시에 고조파 전류 보상도 해준다[2-7]. 본 논문에서는 DSP를 이용하여서 액티브 필터 기능 추가형 태양광발전시스템의 운전특성을 연구하고 적용 가능성과 효율성을 증명한다.

2. 본 론

2.1 태양광 발전 및 액티브 필터 시스템

최근 들어가는 부하와 환경문제에 따른 대체에너지의 필요성은 날로 높아져가고 있으며, 분산형 전원에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 높아져가는 부하에 따른 부족분의 전력 공급과 오늘날 중요시되는 환경문제를 동시에 만족시키기 위해, 태양광발전 시스템은 오래 전부터 많은 연구가 진행되어 왔었고, 여러 분야에서 태양광 발전시스템이 사용되고 있다. 그러나 전력계통의 규모가 날로 커지고 있고, 부하의 종류도 매우 다양해져가고 있기 때문에 태양광발전시스템을 계통에 연계시키기 위해서는 여러 가지 해결해야 할 문제점들이 있다. 태양광발전시스템에 있어서 전력의 품질과 안정성을 개선시키는 것은 반드시 해결되어야 할 문제이다[1-3]. 과거와 비교해 들어가는 비선형 부하들과 빌딩과 같은 다량의 저용량 전력 변환기 등은 전력 품질에 무시할 수 없을 영향을 미치는 문제점들이다. 전력 계통에서 전력을 공급하는 공급자와 전력을 소비하는 소비자의 두 입장에서 생각해보면 전력 공급자는 왜곡이나 기타 잡음이 없는 깨끗한 정현파 전압을 소비자에게 공급하여야 하며 전력 소비자는 가능한 한 정현파 전류를 발생시켜내야만 한다. 전력 소비자의 전력 변환장치들에서 발생하는 고조파 성분은 계통의 전압을 왜곡시켜 결과적으로 계통의 전력 품질을 저하시킨다. Active Filter는 비선형 부하에서 발생하는 고조파, 무효 전력, 전압 전류 불평형 등을 보상하기 위한 시스템이다. Active Filter의 주된 사용 목적은 개별 수요자들이 갖고 있는 고조파 발생 부하의 고조파 전류와 전류 불평형을 상쇄시켜 계통에 야기되는 전력 품질 저하를 막는 것

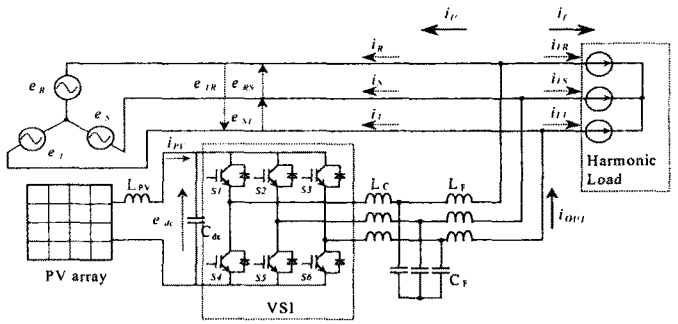
이다. 기존의 passive LC filter는 고조파 감소에 사용됨에 있어서 네트워크 임피던스의 병렬 공진을 야기하고, 상이한 주파수의 고조파 요소 보상에 유연하게 대처하지 못하는 단점이 있다. 이에 비해 Active Filter의 장점은 계통의 변화와 부하변동에 자동적으로 적용된다.

태양광발전시스템에 액티브 필터의 기능을 추가한 것은 분산형 전원장치로서 태양광발전시스템이 더욱 발전되고 상용화되기 위해서 꼭 필요하고 해결되어야 할 문제의 해결을 제시하는 개념이라 할 수 있겠다[4-7].

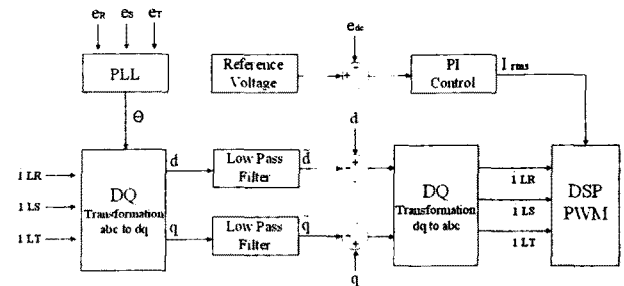
2.2 PV-AF 시스템의 기본개념

전체적인 시스템은 보통의 태양광발전시스템에 Active Filter기능을 추가한 것이므로 기본적인 회로도는 그림 1과 같이 계통에 연결된 평범한 3상 태양광발전시스템과 거의 같다.

그림 2의 제어흐름선도는 Active Filter의 보상원리이다. 부하로부터 피드백 받은 전류가 dq 변환을 거쳐 Low Pass Filter를 통과하여 전류의 정상성분이 추출된다. dq변환을 거쳐 Low Pass Filter를 통과하지 않은 성분에 정상성분을 뺀 신호를 역dq 변환을 하면 고조파성분이 추출된다. 이 추출된 고조파성분을 역으로 한다. 이 신호가 바로 보상전류성분 신호가 되며 태양광판넬의 출력과 더하여져 계통과 연결된다.



〈그림 1〉 PV-AF 시스템의 회로 및 개념도

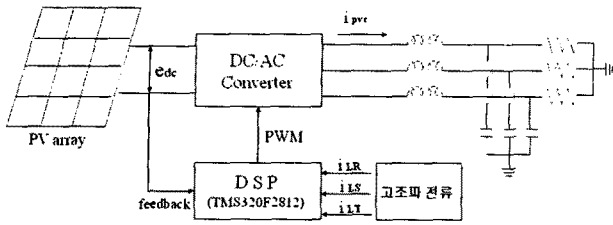


〈그림 2〉 PV-AF 시스템의 제어 흐름선도

2.3 PV-AF 시스템의 시제작 테스트 결과

액티브 필터의 기능이 결합된 태양광발전시스템의 출력을 확인하고 효과를 검증하기 위해서 DSP(TMS320F2812)를 사용하여서 그림 3과 그림 4와 같이 시스템을 구성하여서 시제작 테스트를 하였다.

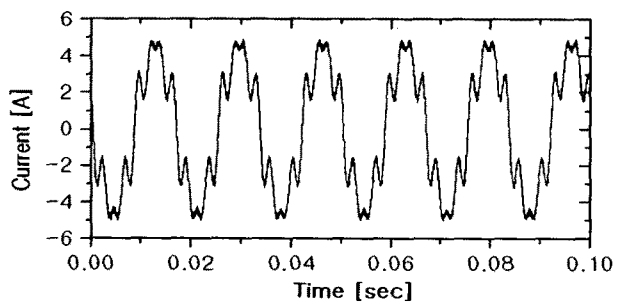
액티브 필터가 고조파 보상 전류를 발생시키기 위해서는 보상고조파 하는 전류의 피드백이 필요하다. 고조파 전류는 모의적으로 정상전류성분이 70%의 비율로 나타내고, 5,7고조파 전류를 각각 20%,20%의 비율로 그림 5와 같이 실제적으로 발생시켰다.



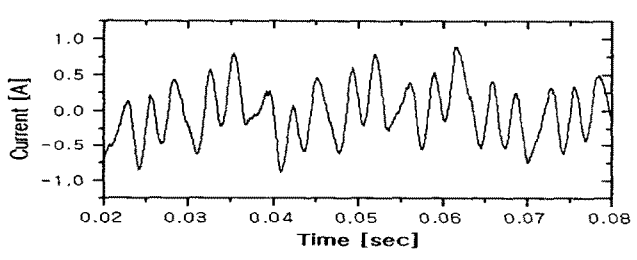
〈그림 3〉 PV-AF 시스템 동작특성 확인만을 위한 회로구성



〈그림 4〉 시제작한 PV-AF시스템

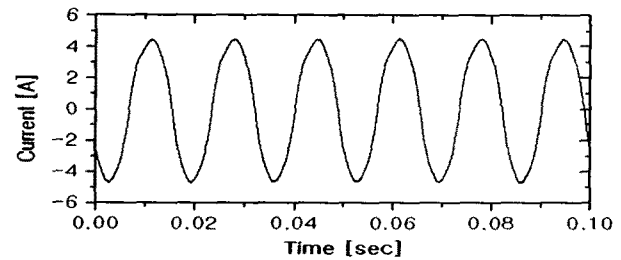


〈그림 5〉 모의적으로 발생시킨 실제 전류 파형



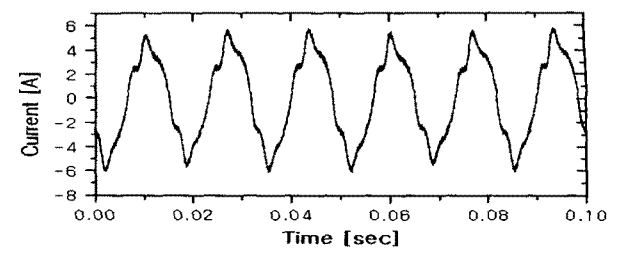
〈그림 6〉 액티브 필터기능만으로 발생된 고조파 성분 전류 파형

피드백받은 전류를 DSP로 구현된 액티브 필터 시스템 제어흐름도에 따라 dq변환을 하고 신호로 바꾸었다. 그 신호를 컨버터에 넣어서 태양광 전원으로 구동시킨 결과 그림 6과 같은 고조파 성분만의 전류 파형이 나타났다.



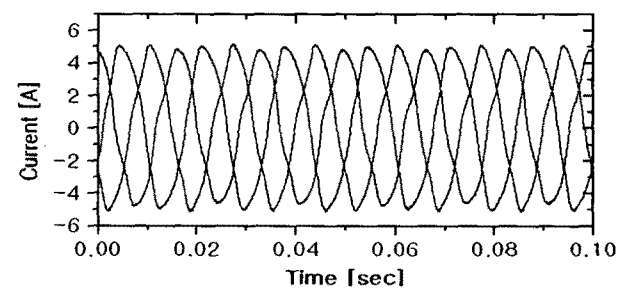
〈그림 7〉 기존의 태양광발전 시스템용 컨버터 기능만을 수행한 출력파형

DSP프로세서로 태양광 일정 전압제어를 한 다음 PWM신호를 발생해서 컨버터에 입력하여서 그림 7과 같은 태양광 출력 파형을 얻었다. 일정전압 제어에 의해서 일사량의 변화 등 기후변화에 따라 그 출력이 달라진다. 지금은 이런 기후영향에 따른 고조파 보상정도에 관해서 연구를 하고 있다.



〈그림 8〉 액티브 필터 기능이 포함된 태양광 발전 시스템용 컨버터의 출력파형

추출된 고조파 성분을 역으로 변환시켜서 DSP의 PWM신호로 만들고 태양광출력 신호와 함께 컨버터를 구동시켜서 그림 8과 같은 고조파 보상 전류파형이 포함된 출력파형을 만들 수 있다.



〈그림 9〉 PV-AF 시스템에 의한 계통전류 파형

그림 9은 액티브 필터의 보상전류에 의해 고조파 성분이 보상된 모의계통전류이다. 모의계통 내에 고조파 전류 발생부하가 있음에도 불구하고, 모의계통 전류는 고조파가 상쇄되어 정현파가 됨을 확인할 수 있었다. 향후에는 실제계통에 연계를 해서 운전할 예정에 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 Active Filter의 기능을 갖는 태양광발전시스템의 기본적인 특성을 설명하였고, 시제작 시스템 해석을 수행한 결과 Active Filter의 기능을 포함한 태양광발전시스템은 계통의 전력 품질을 향상시키는데 결정적인 역할을 함을 알 수 있었다. 이는 앞으로 태양광발전시스템이 사용되어지는 기회를 넓혀줄 것이고, 태양광발전시스템의 가격대비 기능상승효과도 충분히 예상되어지는 것을 확인하였다. 현재, 실적용 용량규모로 실제동 연계운전시연을 계획하고 있다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신 사업 (RTI 04-01-03)의 지원에 의해 수행된 것임

[참 고 문 헌]

- [1] R. Messenger, J. Ventre, : "Photovoltaic System Engineering", CRC Press, 2000
- [2] L. Gyugi & C. Strycula : "Active AC Power Filters", *IEEE/IAS '76 Annal Meeting*, p. 529 (1976).
- [3] H. Akagi, Y. Kanazawa, K. Fujita, A. Nabae : "Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power and its Application", *Trans. IEE Japan*, Vol. 103-B, No. 7, pp.41-48, 1983.
- [4] L. Gyugi : "Unified Power-Flow Control Concept for Flexible AC Transmission Systems", *IEE-Proceedings-C*, Vol. 139, pp.323-331, July 1992.
- [5] L. Gyugi, C. D. Schauder, S. L. Williams, T. R. Rietman, D. R. Torgerson and A. Edris : "The Unified Power Flow Controller: A New Approach to Power Transmission Control", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 10, No. 2, pp.1085-1097, April 1995.
- [6] Y.G. Park, M. Park and I.K. Yu: "A Study on the Utility Interactive PV Power Generation System Adding the Function of Shunt Active Filter", *ICEE 2005, China, July, 2005*
- [7] M. Park, N.G. Seong and I.K. Yu: "A Novel Photovoltaic Power Generation System including the Function of Shunt Active Filter", *KIEE International Transactions on EMECS*, Vol. 3B-2, pp. 103-110, June, 2003