

PV-AF 시스템의 개념설계 및 시제작 시스템에 관한 연구

박영길*, 김종현*, 박민원*, 유인근*

*창원대학교

A Study on the Conceptual Design & Test System of PV-AF System

Young-Gil Park*, Jong-Hyun Kim*, Minwon Park*, In-Keon Yu*

*Changwon National University

Abstract - In this paper, novel concept of a photovoltaic(PV) power generation system adding the function of active filter(AF) is proposed. Even PV power generation system can be treated to a harmonics source for the power distribution system, it is necessary that the function of AF system in grid connected PV power generation system. Active Filters intended for harmonic solutions are expending their functions from harmonic compensation of nonlinear loads into harmonic isolation between utilities and consumer, and harmonic damping throughout power distribution system. So, the PV system combined the function of AF system can be usefully applied in power distribution system.

Here, the control strategy of PV-AF system is introduced.

1. 서 론

전력 계통에 있어서 전력 품질에 대한 문제는 갈수록 높아지고 있다. 과거와 비교해 늘어가는 비선형 부하들과 빌딩과 같은 다량의 저용량 전력 변환기들은 전력 품질에 무시할 수 없을 영향을 미치는 문제점들이다. 전력 계통에서 전력을 공급하는 공급자와 전력을 소비하는 소비자의 두 입장에서 생각해볼 때 전력 공급자는 왜곡이나 기타 잡음이 없는 깨끗한 정현파 전압을 소비자에게 공급하여야 하며 전력 소비자는 가능한 한 정현파 전류를 발생시켜야 한다. 전력 소비자의 전력 변환장치들에서 발생하는 고조파 성분은 계통의 전압을 왜곡시키 결과적으로 계통의 전력 품질을 저하시킨다.

1970년대부터 소개된 Active Filter는 현재까지 이러한 비선형 부하를 보상하고 고조파를 제거하는데 널리 사용되고 있다[1-5]. 진보된 전력전자 기술과 끊임없는 연구와 적용으로 Active Filter의 효용성은 매우 높다.

본 논문에서는, 기존의 태양광발전시스템에 Active Filter이론을 접목하는 새로운 개념의 PV-AF 시스템에서 그 출력제어방법을 소개한다.

2. Active Filter 및 태양광발전시스템

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 것이다.

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 적응된다. 점차 더 사용률이 늘어가고 있는 태양광 시스템은 과거와 달리 낮아진 샘 제작 비용과 전력전자기술의 발전, 그리고 부

공해 대체 전력 원원으로서의 이점 때문에 활발한 연구가 진행되고 있다. 하지만 태양광으로부터 얻어지는 출력은 직류이다. 그러므로 계통 연계형 태양광발전시스템의 경우 교류로 변환시킬 인버터가 필요하게 되며, 앞서 언급하였듯이 계통의 입장에서 계통 전력품질을 저하시키는 고조파 발생원으로 간주되어진다.

더욱이, 날씨조건에 직접적으로 영향을 받는 태양광의 출력전압은 매우 불안정하여 MPPT 제어가 사용된다.

분산형 전원장치로서 태양광발전시스템이 더욱 발전되고 상용화되기 위해선 꼭 필요하고 해결되어야 할 문제가 이와 같은 태양광발전시스템의 출력을 제어하는 일이며 Active Filter 기능과의 결합은 매우 타당하고 새롭게 제시되는 개념이라 할 수 있겠다.

3. PV-AF 시스템의 기본개념

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

그림 2의 제어흐름선도는 Active Filter의 보상원리이다. 부하로부터 피드백 받은 전류가 ndq 변환을 거쳐 Low Pass Filter를 통과하여 전류의 역상성분이 추출된다. 또한 피드백 전류는 dq변환을 거치고 역상성분을 뺀 신호가 High Pass Filter를 통과함으로써 고조파성분이 추출된다. 이 두 신호가 바로 보상전류성분 신호가 되며 태양광판넬의 출력과 더하여져 계통과 연결된다.

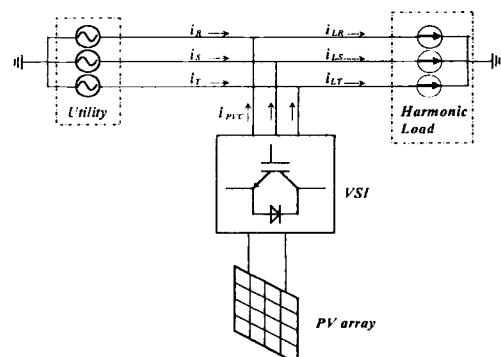


그림 1. PV-AF 시스템의 회로도

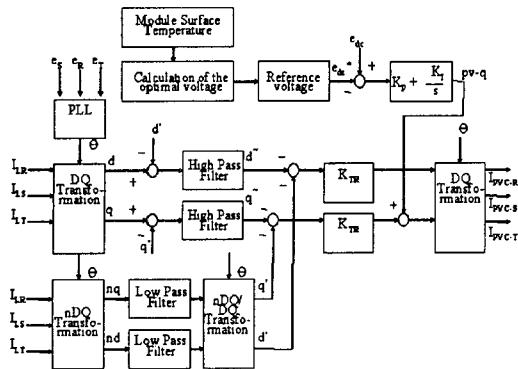


그림 2. PV-AF 시스템의 제어흐름도

4. PV-AF 시스템의 시제작 테스트 결과

Active Filter와 결합된 태양광발전시스템의 출력을 확인하고 효과를 검증하기 위한 시제작 테스트를 RTDS(Real Time Digital Simulator)를 사용하여 이루어졌다.

RTDS는 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 형태의 시뮬레이터로, 소프트웨어를 통하여 시스템을 구성하고, 여러 개의 계산 프로세서들이 실시간으로 시뮬레이션을 실행하며, 외부의 다른 기기들과 아날로그 또는 디지털 신호의 입출력이 가능하다.

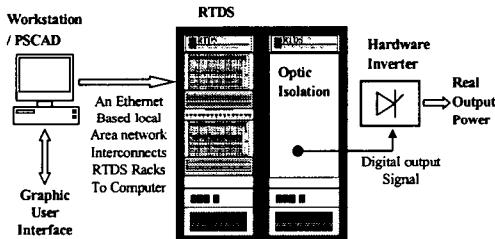


그림 3. 시뮬레이션의 시스템 구성

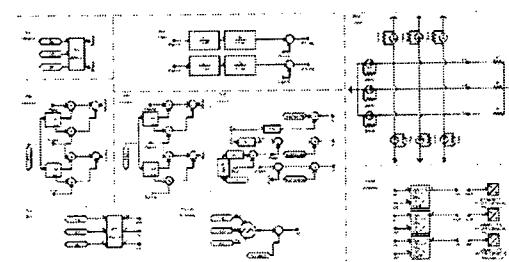


그림 4. RTDS에서의 Active Filter 시스템

엑티브 필터가 고조파 보상 전류를 발생시키기 위해서는 보상하고자 하는 전류의 피드백이 필요하다. 고조파 보상 효과를 확인하기 위하여 고조파 발생부하인 3상 풀브리치 다이오드를 연결하였다. 그림 5는 RTDS에서 피드백받은 전류 파형이다. 이것에 흐르는 전류를 FFT 변환한 결과 정상전류성분이 70%의 비율로 나타났고, 5,7,11 고조파 전류가 각각 16%, 9%, 5%의 비율로 나타났다.

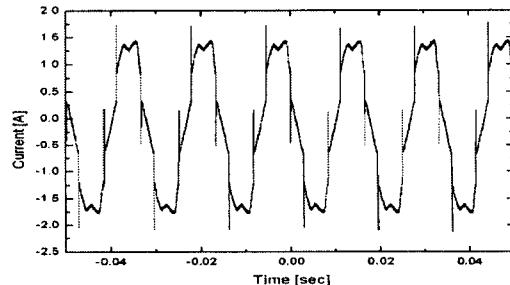


그림 5. RTDS에서의 피드백받은 전류 파형

피드백받은 부하전류를 그림 4의 RTDS에서 구현된 Active Filter 시스템 제어흐름도에 따라 dq변환시키면 전류의 정상성분, 역상성분, 그리고 고조파 성분은 각각 dc 성분과 2fHz 성분, 6fHz 성분으로 나타난다. 그러므로 High Pass Filter를 사용하여 고조파성분을 추출할 수 있다. 그림 6은 엑티브 필터를 통해 발생된 고조파 성분 전류 파형이다. 그림 6의 출력파형을 FFT한 결과 정상전류성분을 제외한 5,7,11 고조파 전류 성분만이 추출 된 것을 알 수 있었다.

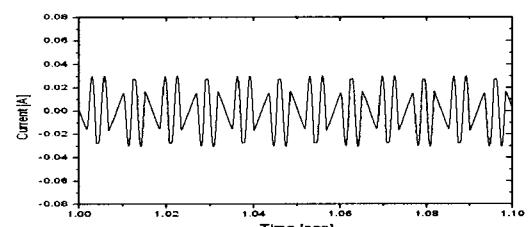


그림 6. 엑티브 필터 통해 발생된 고조파 성분 전류파형

그림 4에서 보듯이 오른쪽 하단에는 고조파 보상 전류신호로 PWM 파형을 만들어 RTDS 외부로 출력시키는 컴포넌트들이 있다.

그림 4에서 보여지는 회로를 동작시키면 RTDS는 실시간 시뮬레이션을 시작하게 되고 계산 결과는 RTDS 외부로 연속적으로 출력된다.

그림 7은 그림 3의 optic isolation에서 출력되는 디지털 신호를 실제 제작된 Gate Drive의 PWM 펄스신호이다. 이 신호는 인버터의 IGBT 게이트 단자로 직접 연결된다.

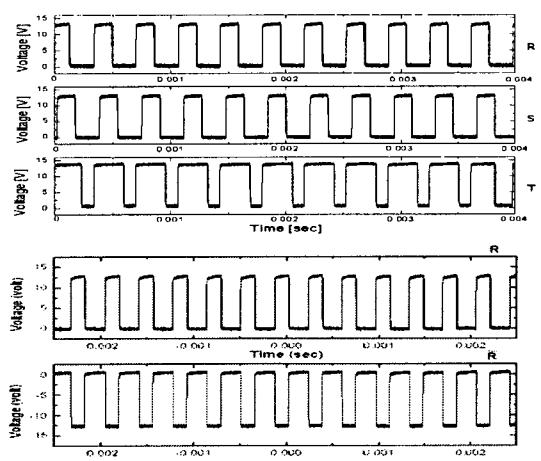


그림 7. 실제 제작된 Gate Drive의 PWM 펄스신호

그림 8은 실제 제작된 인버터의 출력파형이다. 그림에서와 같이 인버터의 출력 파형은 그림 6의 출력파형과 동일한 특성을 가지는 것을 확인할 수 있다. 향후, 입력 전원을 태양광 패널의 출력으로 설정하여 동작시킬 예정에 있다.

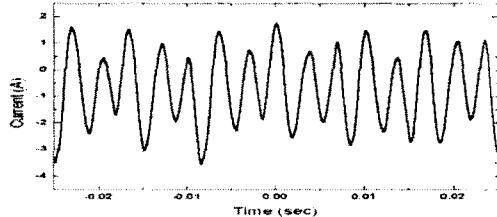


그림 8. 인버터 출력단의 파형

그림 9는 엑티브 필터의 보상전류에 의해 고조파 성분이 보상된 계통전류이다. 계통 내에 고조파 전류 발생부하가 있음에도 불구하고, 계통 전류는 고조파가 상쇄되어 깨끗한 정현파가 됨을 확인할 수 있다.

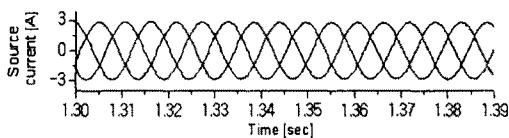


그림 9. PV-AF 시스템에 의한 계통전류 파형

5. 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 할 수 있었다. 이는 앞으로 태양광발전시스템이 사용되어지는 기회를 넓혀줄 것이고, 태양광발전시스템의 가격대비 기능상승효과도 충분히 예상되어짐을 확인함.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03)의 일부지원과, 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(02340-17)주관으로 수행된 것임.

[참 고 문 헌]

- [1] L. Gyugi & C. Strycula : "Active AC Power Filters", IEEE/IAS '76 Annual Meeting, p. 529 (1976).
- [2] 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, 1983, pp.41-48.
- [3] L. Gyugi : "Unified Power-Flow Control Concept for Flexible AC Transmission Systems", IEE-Proceedings-C, Vol. 139, pp.323-331, July 1992.
- [4] 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.
- [5] Mauricio Aredes, Edson H. Watanabe : "New Control Algorithms for Series and Shunt Three-phase four-wire Active Power Filters", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 10, No. 3, pp.1649-1656, July 1995.
- [6] W. M. Grady, M. J. Samotyj, and A. H. Noyola : "Survey of active power line conditioning methodologies", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 5, pp.1536-1542, 1990.
- [7] W. M. Grady, M. J. Samotyj, and A. H. Noyola : "The application of network objective functions for actively minimizing the impact of voltage harmonics in power systems", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 7, pp.1379-1386, 1992.
- [8] H. Akagi, Y. Kanazawa, A. Nabae : "Instantaneous reactive power compensators comprising switching devices without energy storage components", IEEE Trans. on Ind. Application, vol. IA-20, pp.625-630, 1984.
- [9] Minwon Park, Kenji Matsuura, Masakazu Michihira : "A Novel Simulation Method of PV cell using Field Data", Trans. IEE Japan, Vol. 121-B, No. 2, 2001, pp.262-263.