

다양한 기상조건하에서의 AF기능을 갖는 태양광발전시스템의 출력제어 시뮬레이션

성낙권\*, 박민원\*\*, 유인근\*  
 \*창원대학교, \*\*차세대초전도응용기술개발사업단

Output Control Simulation of PV-AF Generation System under Various Weather Conditions

Nak-Gueon Seong\*, Minwon Park\*\*, In-Keun Yu\*  
 \*Changwon National University, \*\*CAST

**Abstract** - The Photovoltaic(PV) generation system is a promising source of energy for the future. Since the need for renewable energy has been increased, the research of PV generation system has also been progressed. Recently, cost down of PV generation system has been accomplished and practical technologies of the solar energy developed. Moreover, grid connected PV generation system are becoming actual and general. Operational technology of the grid connected PV generation system is being a hot issue. Power output of PV system is directly affected by wether conditions. When AC power supply is needed, power conversion by an inverter and a MPPT control are necessary. In this paper, for stability improvement of PV generation system, Active filter(AF) function is added to PV generation system, and simulations of PV-AF system under various weather conditions are performed.

1. 서 론

오늘날 늘어가는 부하와 환경 문제에 따른 대체 에너지의 필요성은 날로 높아져 가고 있으며, 분산형 전원에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 풍력발전시스템 등과 함께 무공해 에너지원으로 각광받고 있는 태양광발전시스템은 미래의 주요한 에너지원으로써 그 활용분야를 점차 넓혀가고 있으며, 전력에너지 연구자들의 지속적인 관심을 모으고 있다[1].

전력계통에 있어서 그 규모는 날로 커지고 있으며, 부하의 종류 또한 매우 다양해져 가고 있다. 늘어가는 부하에 따른 부족분의 전력 공급과 오늘날 중요시되는 환경문제를 동시에 만족시키기 위해, 태양광발전시스템은 오래전부터 많은 연구가 진행되어 왔었고, 태양광발전시스템이 처음 소개될 당시와는 달리 지금은 낮아진 셀 제작비용과 전력전자 기술의 발전에 의한 인버터의 발전으로 여러 분야에서 태양광시스템이 사용되고 있다[2].

그러나 이러한 태양광발전시스템을 계통에 연계시키기 위해서는 여러 가지 해결하여야 할 문제점들이 있다. 우선 태양광발전시스템의 출력은 기상 조건과 직접적인 연관이 있다. 다양하게 출력되는 태양광 셀의 출력은 온도와 일사량에 의해 결정되어지고, 일사량의 변화는 태양광 셀의 출력전류를, 그리고 온도의 변화는 태양광 셀의 전압을 가변시킨다. 또한 태양광 셀의 직류 출력을 계통에 연계하기 위해서는 반드시 인버터가 필요하다. 그러

므로 태양광발전시스템에 있어서 전력의 품질과 시스템의 안정성을 개선시키는 것이 해결되어야 할 문제이다 [3].

본 논문에서는 분산형 전원 시스템으로 사용되는 태양광발전시스템의 계통 연계를 위한 PV-AF 시스템을 제안하고, 다양한 기상 조건 하에서의 시뮬레이션을 통한 PV-AF 시스템의 효율성을 제시한다.

2. 액티브 필터 시스템

본 논문에서 액티브 필터의 역할은 중요하다. 계통연계될 태양광발전시스템의 경우, 부하로 전력을 공급해주는 역할과 더불어 계통의 전력 품질을 깨끗하게 유지시켜줘야 할 의무가 있다. 오늘날의 계통 시스템은 점차 거대화되어가고 있으며, 부하의 종류 또한 다양해지고 있다. 부하에서 발생하는 고조파는 이제는 심각한 문제에 이르고 있다. 전력 공급자는 깨끗한 정현파 전압을 전력 소비자에게 공급하여야 한다. 그러나 부하에서 발생하는 전류 고조파는 계통전류의 파형을 왜곡시키고, 전체 계통의 전력 품질을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. 계통의 입장에서 태양광발전시스템 또한 고조파 부하로 간주된다. 때문에 태양광발전시스템에서 액티브 필터의 기능이 추가되는 것이 필수적이다.

액티브 필터는 고조파를 보상하고 전압 전류 불평형을 상쇄시키는 기능을 갖는다. 액티브 필터의 기초 이론은 이미 널리 알려져 있으며, 다양한 환경에서 사용되어지고 있다[4-8]. 본 논문에서 사용되어진 액티브 필터는 Akagi 교수에 의해 제안된 3상 회로에서의 순시효전력이론에 기초한 제어방법을 따르며[9], 부하로부터 전류를 피드백 받아 고조파 보상 전류를 만들어낸다. 액티브 필터에서 만들어진 보상 전류는 인버터를 통하여 태양광발전시스템의 출력과 함께 계통으로 유입된다.

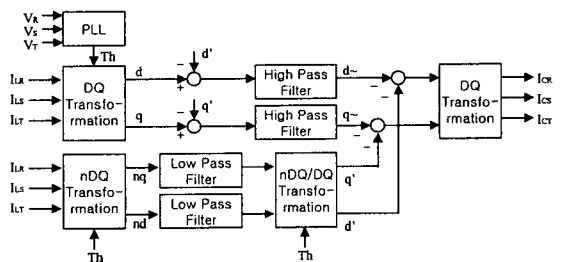


그림 1 액티브 필터의 보상 원리

그림 1은 액티브 필터의 보상 원리를 나타내고 있다.

### 3. 태양광발전시스템의 시뮬레이션 방법

태양광발전시스템의 특성을 살펴보고 문제점을 보완하기 위하여 실제 시스템을 구축하여 해석을 수행하기에는 많은 어려움이 따른다. 때문에 컴퓨터를 통한 시뮬레이션 해석이 유용하게 사용된다. 본 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고 시뮬레이션을 수행함에 있어서, 태양광 셀과 연결된 인버터로 인해 야기되는 전력 품질저하를 막기 위해 액티브 필터(Active Filter)의 기능을 추가하였다. 또한 태양광 셀의 출력을 안정시키기 위한 방법으로 기준전압 MPPT 제어가 사용되었다. 시뮬레이션 상에서 사용될 태양광 셀 컴포넌트는 이미 소개된 바 있으며[10], 시뮬레이션에서 실제 기상 조건을 사용하여 시뮬레이션 결과 값의 사실성을 높였다. 실제 기상 조건을 시뮬레이션 상에 적용하는 방법은 참고문헌[11]에 주어진다.

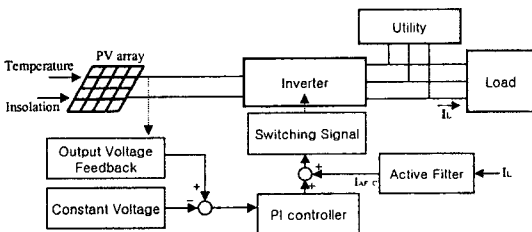


그림 2 PV-AF 시스템의 블록도

그림 2는 PV-AF 시스템의 간단한 블록도를 나타내고 있다. PV array로 부터 나오는 출력을 기준전압 MPPT 제어로 안정화시키고, 고조파의 영향을 보상하기 위한 액티브필터의 신호를 추가한다. 인버터는 이러한 신호로 스위칭 되어 출력을 만들어낸다.

### 4. 시뮬레이션 결과

PV-AF 시스템의 특성을 검증하기 위해 실제 기상 조건을 달리 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 사용된 기상 조건들은 다음과 같다.

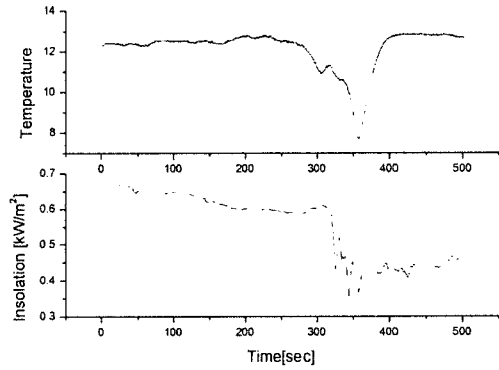
그림 3에서 (a)의 경우는 맑은 기상상태에서 구름의 영향으로 갑작스런 일사량의 변화가 생긴 경우이다. 일사량이 일정히 유지되다가 급격히 내려가는 모습을 볼 수 있다.

(b)의 경우는 구름이 많고 또한 구름의 변화가 빨라 일사량이 불규칙적인 경우이다.

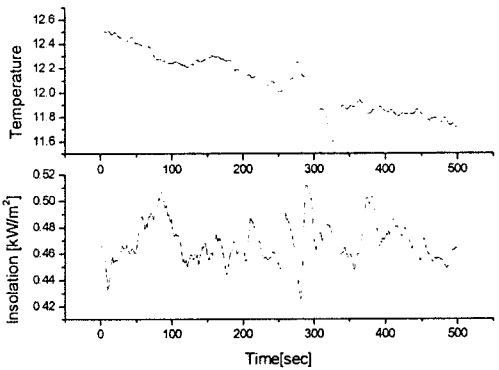
그리고 (c)의 경우는 일사량이 0.54-0.58 [kW/m<sup>2</sup>]으로 비교적 맑고 변화가 적은 경우이다.

이와 같은 세가지 서로 다른 기상 상태를 PV array의 입력값으로 하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션 상에서 사용된 조건은 표 1과 같다.

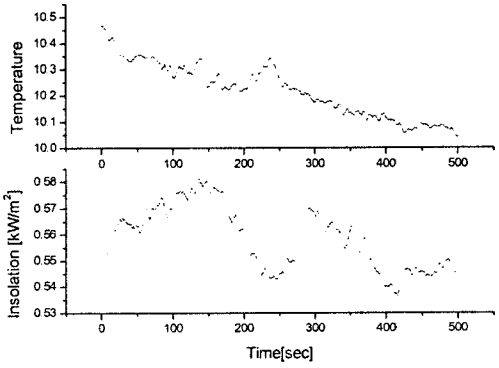
표 1에 나타난 Harmonic load는 시뮬레이션 상에 삽입된 고조파 전류원이다. 액티브필터의 기능을 확인하고



(a)



(b)



(c)

그림 3 시뮬레이션에 사용된 기상조건

표 1 시뮬레이션 조건

A PV module	Open circuit voltage	20[V]
	Short circuit current	3[A]
Simulated PV panel	Parallel	5 unit
	Series	26 unit
	Rated voltage	376[V]
Utility	Rated voltage	6.6[kV]
	Frequency	60[Hz]
Harmonic load	5th harmonic	5[A]
	7th harmonic	3[A]

자 삽입되었으며, 각각의 기상 조건과 고조파 부하를 포함하여 얻어진 시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다. 서로 다른 기상 조건임에도 불구하고 그 결과는 매우 유사하게 나타났으며, 각각에 대한 결과의 차이가 미미하여 하나의 결과만을 나타내었다.

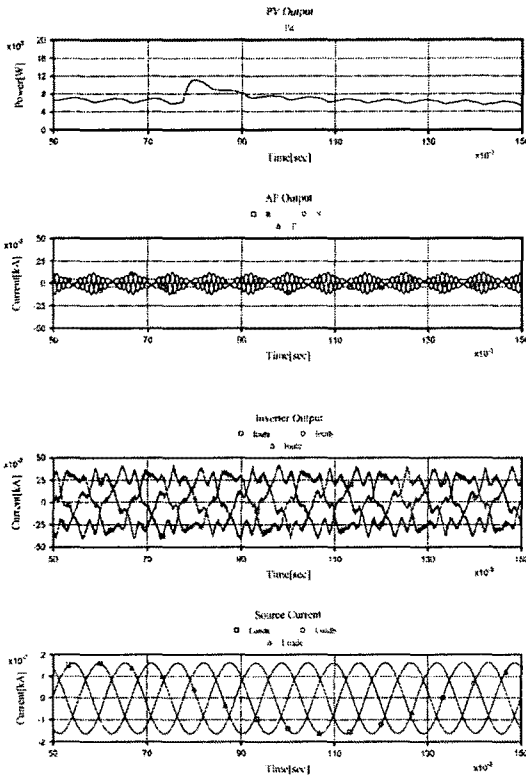


그림 4 각 기상조건 하에서의 출력 특성

그림 4의 그래프는 다음과 같은 사실을 입증한다. PV output 그래프는 PV array로부터의 출력을 나타내고 있다. MPPT 제어에 의해 대체로 일정한 출력이 유지되고 있음을 보여주고 있다. AF Output 그래프는 액티브필터가 출력시키는 보상전류를 나타내고 있다. 고조파가 포함된 계통의 전류를 피드백 받아 그림과 같이 고조파 보상 성분만을 추출하여 출력되고 있다. 태양광발전시스템의 인버터는 PV array의 출력과 AF의 출력을 함께 포함하는 전류를 발생시킨다. 그 파형은 Inverter Output 그래프에서 나타난다. 그리고 Source Current 그래프는 시뮬레이션 상의 계통과 연결된 임의 부하로 흐르는 전류를 나타내며, 보여지는 바와 같이 깨끗한 정현파가 흐름을 알 수 있다. 이는 액티브필터의 기능으로 태양광발전시스템이 계통에 아무런 고조파영향을 미치지 않았음을 보여준다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 Active Filter의 기능을 갖는 태양광발전 시스템의 시뮬레이션을 여러가지 기상 조건 하에서

수행하였다. 나타난 결과는 태양광발전시스템에 액티브필터의 기능을 추가함으로써 어떠한 효과가 있는지를 보여준다.

PV array의 출력 안정화와 발생하는 고조파문제 해소와 같이, 태양광발전시스템이 계통에 연계되기 위해 필요한 조건들을 PV-AF 시스템이 만족시켜줄 수 확인 할 수 있었다. 차후 태양광발전시스템을 실계통에 적용하기 위한 좀 더 많은 연구와 분석이 필요하다고 생각한다.

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터의 일부 지원에 의한 것입니다.

## (참 고 문 헌)

- [1] T. Fujisawa and T. Tani, "Consideration on Photovoltaic-Thermal Binary Utilization for Residential Building", Trans. IEEJ, Vol.119-B, No.3, pp.362-368, 1999
- [2] R. Messenger, J. Ventre, "Photovoltaic System Engineering", CRC Press, 2000
- [3] C. Hua, J. Lin and C. Shen, "Implementation of a DSP-controlled Photovoltaic System with Peak Power Tracking", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol.45, No.1, pp.99-107, 1998
- [4] L. Gyugi & C. Strycula : "Active AC Power Filters", IEEE/IAS '76 Annual Meeting, p. 529 (1976).
- [5] 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.
- [6] L. Gyugi : "Unified Power-Flow Control Concept for Flexible AC Transmission Systems", IEE-Proceedings-C, Vol. 139, pp.323-331, July 1992.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] M. Park, B.T. Kim, J.D. Lee, I.K. Yu and K.C. Sung : "A Novel Simulation model of Solar Cell using EMTDC", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2000
- [11] M. Park, B.T. Kim and I.K. Yu, "A novel simulation method for PV generation systems using real weather condition", 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Pusan, Korea, June 2001