

PSCAD/EMTDC를 이용한 PV-AF-SPE 시스템의 특성분석

이동한*, 이석주*, 김종현*, 박민원*, 유인근*
국립창원대학교*

Characteristic analysis of PV-AF-SPE system using PSCAD/EMTDC

Donghan Lee*, Sukju Lee*, Jonghyun Kim*, Minwon Park*, In-Keun Yu*
Changwon National University*

Abstract - In this paper an integrated model of PV-AF (Photovoltaic-Active Filter) and PV-SPE (Photovoltaic Solid Polymer Electrolyte) system using PSCAD/EMTDC were explained in detail. The main concept of PV-AF system starts from the "harmonics". In order to deliver power to utility, PV system essentially needs a converter system. Here PV-AF system adds the function of active filter to the converter system installed in PV system, which was introduced already in several papers. PV-SPE system has been studied as a replacement of existing hydrogen production technology that emits large amount of carbon dioxide into atmosphere. Until now, these two systems, PV-AF and PV-SPE, have been considered separately. However, in this paper, characteristics and advantages of combined system are discussed in detail.

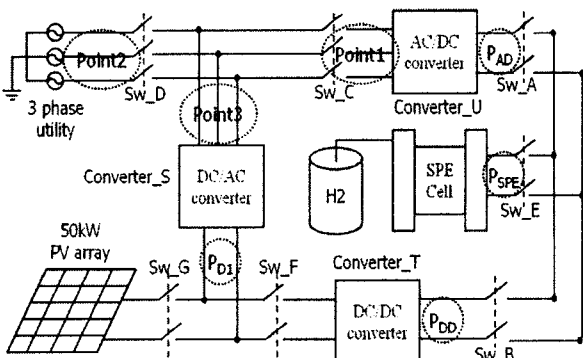
전류는 항상 일정한 수준으로 유지된다. 또 SPE 셀에서 생산되는 수소량은 유입전류와 비례하므로 항상 일정한 수준의 수소생산량이 유지되는 것이다. 계통과의 연계는 SPE 측 공급전력이 항상 일정하게 유지되기 위한 것이며 태양광 셀에서 생산된 잉여전력을 다시 계통에 공급하기 위한 역할을 겸임한다. 이러한 이유로 AC-DC converter가 설치되었으며, 계통전류를 보상하기 위해 Active Filter 기능을 가진 DC-AC converter가 설치되었다. 그리고 DC-DC converter는 PV array의 MPPT 제어 및 SPE cell의 전력공급을 위해 설치되었다. 그림 2는 전체 시스템의 일일 운전 개념도를 나타내고 있다. 표 1과 2는 PV-AF-SPE 시스템의 개별운전모드와 스위칭 동작을 보여준다. 본 논문에서는 설명을 간략하게 하기 위해서 Mode α 만을 시뮬레이션에 적용하였다. 표 3은 PV array와 계통 시스템의 용량과 시뮬레이션 조건을 각각 나타낸다.

1. 서론

전력계통의 규모는 날로 커지고 부하 조건 또한 매우 다양해지고 있다. 특히 오늘날의 부하는 다량의 전력변환 장치를 사용하고 있으며, 변환장치에 사용되는 비선형 전력반도체 소자의 사용은 고조파의 발생을 가져온다. 이와 같은 전력변환장치의 사용 증가로 회로소자의 스위칭 기능에 의해 발생한 고조파는 전력설비에 좋지 않은 영향을 미치고 있다. 특히 인버터와 같은 비선형 장치에서 발생하는 고조파가 전원 측 및 부하 측에 전달되어 기기 및 전원시스템의 신뢰성을 떨어뜨리는 전력품질 저하의 큰 요소로 작용하고 있다[1-3]. 이러한 고조파 전류는 각종 전력장치들에 열 및 진동을 발생시켜서 절연파괴 또는 수명 단축을 야기할 수 있으며, 계통의 모든 기기나 전력용 소자들의 용량 증대의 주요한 원인이 된다. 이러한 고조파를 보상하기 위한 방법으로 Active Filter가 오래 전부터 대두되었고 전력전자 기술의 발전과 더불어 현재 AF에 대한 많은 연구와 발전이 이뤄졌다[4-6].

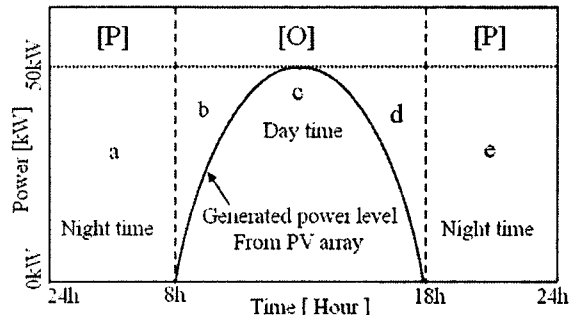
PV-SPE 시스템은 깨끗한 무공해 에너지, 무한계성의 에너지원 그리고 친환경적 에너지로 여러 가지 장점을 가진 태양광 발전시스템을 이용하여, 저장과 수송이 용이하며 중방 손실이 적은 새로운 에너지원으로서 각광을 받고 있는 수소에너지를 생성하는 메카니즘이다. 지금까지 PV-AF 시스템과 PV-SPE 시스템은 각기 따로 생각되어져 왔다. 하지만 본 논문에서는 두 시스템의 장점을 합친 계통 연계형 PV-AF-SPE 시스템을 PSCAD/EMTDC를 이용 모의 분석 하였다.

2. PV-AF-SPE 시스템의 개념



<그림 1> PV-AF-SPE 시스템의 개념도

그림 1은 PV-AF-SPE 시스템의 개념도이다. 이 시스템의 주요한 목적은 안정적인 수소생산에 있다. 본 시스템에서 SPE 셀 측 입력



<그림 2> PV-AF-SPE 시스템의 일일 운전 개념도

<표 1> 50kW급 PV-AF-SPE 시스템의 운전모드

Mode	Rated Power	Power				Converter		
		a,e	b,d	Csolar	Cutility	S	T	U
α	all 50kW	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
β	Partial 50kW & solar	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF/ON
ξ	Only solar	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF
δ	Only utility	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
σ	All off	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

<표 2> 50kW급 PV-AF-SPE 시스템의 스위치 모드

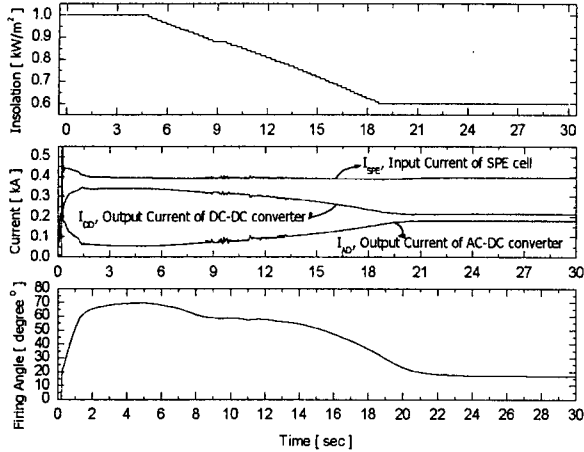
Mode	Switch						
	A	B	C	D	E	F	G
α	A	B	C	D	E	F	G
β	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ξ	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
δ	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF
σ	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

<표 3> PV-AF-SPE의 사양 및 시뮬레이션 조건

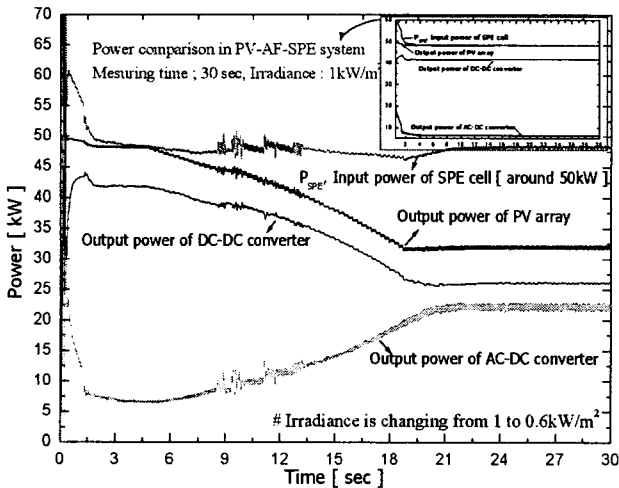
PV array	Rated power	50kW
	Rated voltage	400V
	Rated current	125A
Utility	Rated voltage	380V, 3 ϕ
	Frequency	60Hz
Simulation Time		30 sec
Simulation Sampling Time		10 μ s
PI control	Time constant	0.001 sec
	Proportional gain	1

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

계통 연계형 PV-AF-SPE 시스템의 유용성을 검증하기 위해서, PSCAD/EMTDC를 이용한 가상 모의실험을 실시했으며, 시스템의 기본적인 회로도도는 그림 1과 동일하다.



〈그림 3〉 일사량 변화시(0.6~1kW/m²) 시스템의 전류 및 알파각 변화



〈그림 4〉 일사량 변화시 PV-AF-SPE 시스템의 전력변화(0.6~1kW/m²)

제한된 PV-AF-SPE 시스템은 그림 3과 4에서 보는 것과 같이 50kW급으로 잘 동작하고 있다. 그림 4의 우측 상단의 그래프는 일사량이 1kW/m²로 일정 할 때 전력변화를 비교 한 것이다. 일사량이 일정하므로 각 부분의 출력역시 일정하게 제어되고 있음을 알 수 있다. 그림 3과 4는 일사량(0.6~1kW/m²)에 변화를 준 시뮬레이션 결과를 보여준다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 일사량이 감소함에 따라 태양광 출력은 감소하게 되고 따라서 DC/DC 컨버터(Buck형)로부터 출력 전력 역시 감소하게 된다. SPE 셀 측으로 일정한 전력(50kW)을 공급해야 하므로 그림 3을 보면 알파각이 감소하면서 AC/DC 컨버터의 출력이 상승하는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

이번 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 이용해 계통 연계형 PV-AF-SPE 시스템의 특성을 분석해 보았다. 일사량의 다양한 변화 아래에서도 시스템은 정상적인 동작특성을 보여주었다. 이러한 시뮬레이션 기술을 활용함으로써 각종 태양광 발전의 응용 분야가 크게 증가할 것으로 기대된다. 이후에는 좀더 다양한 운전모드를 시뮬레이션에 적용, 그 결과를 분석 할 예정이다.

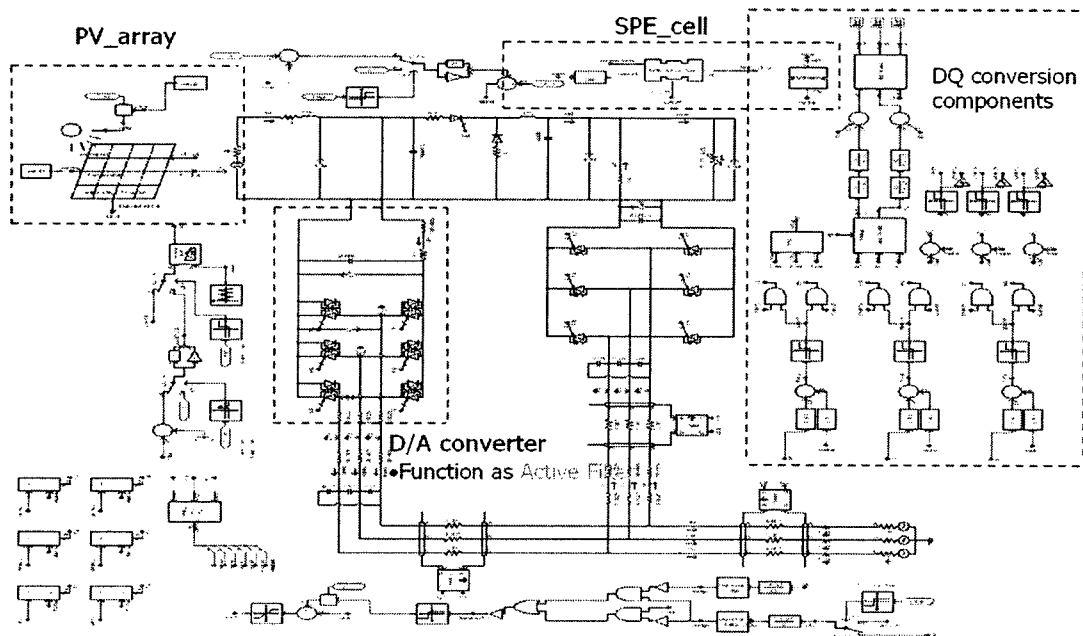
마지막으로 이 연구가 재생에너지 분야에 관심이 있는 연구자들에게 많은 도움이 되었으면 한다.

감사의 글

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

[참고 문헌]

- [1] L. Gyugyi & C. Strycula : "Active AC Power Filters", *IEEE/IAS '76 Annal 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] 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.
- [5] 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
- [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", *ICEE2005, China, July, 2005*



〈참조〉 PSCAD/EMTDC상에서 PV-AF-SPE 시스템의 구성도