

PV-AF-SPE 복합시스템의 응용에 관한 연구

이동한\*, 이석주\*, 김종현\*, 박민원\*, 유인근\*  
국립창원대학교\*

A study on the application of PV-AF-SPE hybrid system

Dong-han Lee\*, Sukju-Lee\*, Jonghyun-Kim\*, Min-won 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.

1. 서 론

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[1-8]. 이러한 고조파 전류는 각종 전력장치들에 열 및 진동을 발생시켜서 절연과파 또는 수명 단축을 야기할 수 있으며, 계통 모든 기기나 전력용 소자들의 용량 증대의 주요한 원인이 된다. 이러한 고조파를 보상하기 위한 방법으로 Active Filter(AF)가 오래 전부터 대두되었고 전력전자 기술의 발전과 더불어 현재 AF에 대한 많은 연구와 발전이 이뤄졌다[9-13].

그리고 PV-SPE 시스템은 깨끗한 무공해 에너지, 무한 계성의 에너지원, 그리고 환경친화적인 에너지로 여러 가지 장점을 가진 태양광 발전시스템을 이용하여, 저장과 수송이 용이하며 충방 손실이 적은 새로운 에너지원으로 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·분석할 것이다.

2. PV-AF-SPE 시스템의 개념

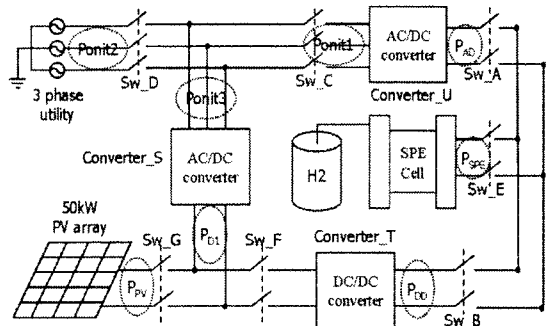


그림 1 PV-AF-SPE 시스템의 개념도

그림 1은 PV-AF-SPE 시스템의 개념도이다. 이 시스템의 주요한 목적은 안정적인 수소생산에 있다. 여기서 SPE 측 입력전류는 항상 일정한 수준으로 유지된다. 또 SPE cell에서 생산되는 수소량은 유입전류와 비례한다. 그러므로 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 위해서 그리고 SPE 셀이 동작하지 않을 때 잉여전력을 계통으로 보내기 위해 Active Filter 기능을 가진 DC-AC converter가 설치되었다. 그리고 DC-DC converter는 PV array의 MPPT 제어를 위해 설치되었다.

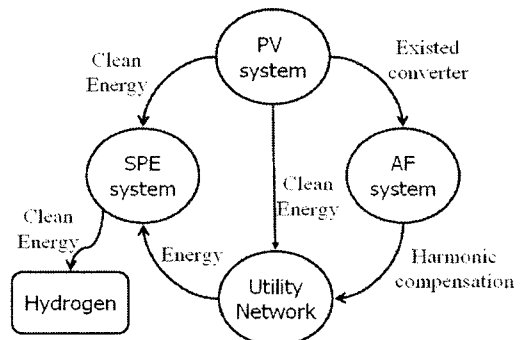


그림 2 PV-AF-SPE 시스템의 장점

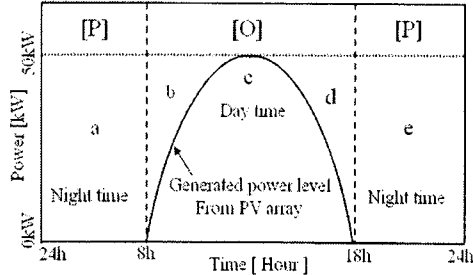


그림 3 PV-AF-SPE 시스템의 일일 운전 개념도

표 1과 2는 각각의 운전모드와 스위칭 동작을 설명한다. 본 논문에서는 설명을 간략하게 하기위해서 Mode  $\alpha$  만을 시뮬레이션에 적용하였다.

표 1 50kW급 PV-AF-SPE 시스템의 운전모드

Mode	Rated Power	Power				Converter		
		a,e	b,d	C <sub>solar</sub>	C <sub>utility</sub>	S	T	U
$\alpha$	all 50kW	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
$\beta$	Partial 50kW & solar	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF
$\xi$	Only solar	OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF
$\delta$	Only utility	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF
$\sigma$	All off	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

표 2 50kW급의 PV-AF-SPE 시스템의 스위치 모드

Mode	Switch						
	A	B	C	D	E	F	G
$\alpha$	A	B	C	D	E	F	G
$\beta$	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
$\xi$	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
$\delta$	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF
$\sigma$	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

### 3. 시뮬레이션 결과와 분석

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

표 3과 4는 PV array와 계통 시스템의 용량과 시뮬레이션 조건을 각각 나타낸다.

표 3 PV-AF-SPE

PV array	Rated power	50kW
	Rated voltage	400A
	Rated current	125V
Utility	Rated voltage	380V, 3 $\phi$
	Frequency	60Hz

표 4 시뮬레이션 조건

Simulation Time	10 sec	
Simulation Sampling Time	10 $\mu$ s	
PI control	Time constant	0.01 sec
	Proportional gain	1

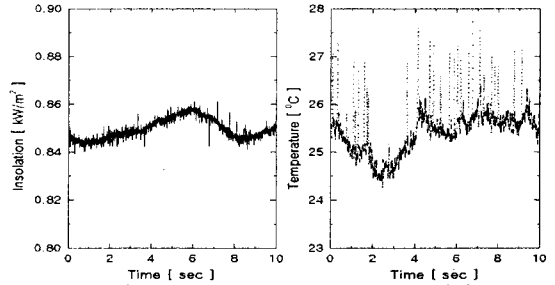


그림 4 시뮬레이션에 적용된 실제 기상조건

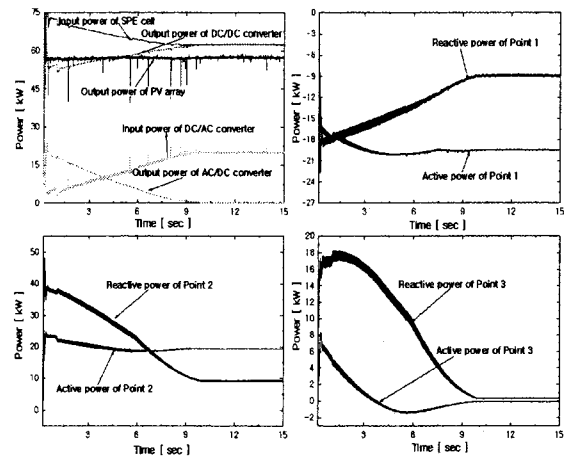


그림 5 PV-AF-SPE 시스템에서 전력비교

제한된 PV-AF-SPE 시스템은 그림 5에서와 같이 50kW급으로 잘 동작하고 있다. 여기서 SPE cell의 입력전류는 약 400[A]로 제어 되었다. 그림 4에서와 같이 일사량이 변화함에 따라 DC/DC 컨버터의 출력이 변화함을 알수있고, 그에따라 AC/DC 컨버터의 제어신호인 알파각 역시 SPE 셀의 입력전력인 50kW를 충족시키기 위해 증감을 해서 AC/DC 컨버터의 출력이 변해 감을 알 수 있다.

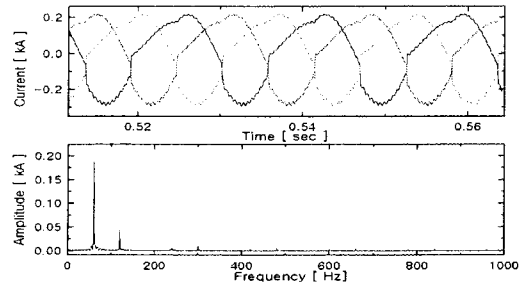


그림 6 Active Filter를 적용하기 전 계통전류

[참 고 문 헌]

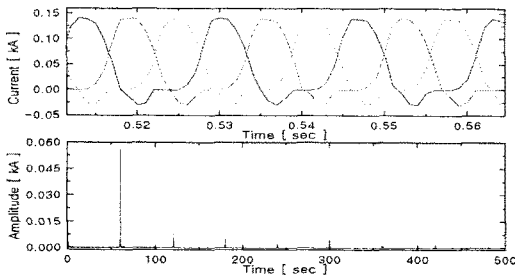


그림 7 Active Filter 기능을 적용한후 D/A 컨버터의 출력전류

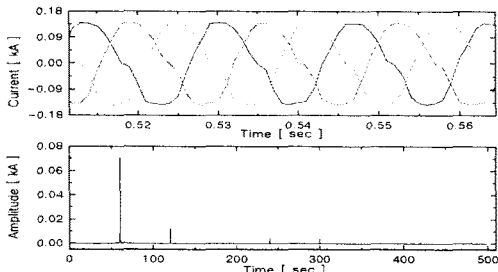


그림 8 Active Filter 적용 후 계통전류

그림 6과 8을 비교해보면 시스템에 AF 기능을 적용한 후 보다 깨끗한 정현파가 얻어짐을 알 수 있다. 그림 7은 부족분의 전류가 소스 전류 측으로부터 공급될 때 DC/AC 컨버터 측의 AF 보상 전류가 소스 전류를 정현파 형태로 보상해주기 위한 출력전류 파형을 나타낸다.

4. 결 론

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 이용해 분석된 계통 연계형 PV-AF-SPE 시스템이 제안되었다.

본 시뮬레이션 기술을 활용함으로써 태양광 발전의 가능 응용 분야가 크게 증가할 것으로 기대된다. 좋은 예로 심야전기를 활용한 수소생산을 들 수 있겠다. 일반적으로 심야전기의 가격은 낮 시간대의 가격보다 훨씬 싸다. 경제적인 관점에서 보면 이러한 심야전기를 활용하는 것이 수소생산을 하는데 좋은 수단일 수 있는 것이다.

끝으로 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

[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] 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] A. F. Boehringer : "Self-Adapting dc Converter for Solar Spacecraft Power Supply", *T. IEEE on Aerospace & Electron. System*, AES-4, 102, 1968.

[7] A. F. Boehringer : "Struktur und Regelung von Energieversorgungs systemen in Satelliten", *Electrotech. Z. (ET Z)-Z*, 92, H.2, 114, 1971.

[8] T. Kawamura et al. : "Analysis of MPPT Characteristics in Photovoltaic Power System", *Journal, Solar Energy Materials and Solar Cells* Vol.47 pp.155-165, 1997.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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

[13] 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