

계통 연계형 PV-AF-SPE 시스템에 관한 연구

이 동한¹⁾, 이 석주²⁾, 김 종현³⁾, 박 민원⁴⁾, 유 인근⁵⁾

A study on PV-AF-SPE system connected with utility

Donghan Lee, Sukju Lee, Jonghyun Kim, Minwon Park, In-keun Yu

Key words : PV-AF-SPE, SPE cell(고체 고분자 수전해 셀), Hydrogen(수소), AF(액티브 필터), Harmonics(고조파)

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.

subscript

PV : photovoltaic
AF : active filter
SPE : solid polymer electrolyte

1. 서론

전력계통의 규모는 날로 커지고 부하 조건 또한 매우 다양해지고 있다. 특히 오늘날의 부하는 다량의 전력변환 장치를 사용하고 있으며, 변환 장치에 사용되는 비선형 전력반도체 소자의 사용은 고조파의 발생을 가져온다. 이와 같은 전력변환 장치의 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.

다. 이러한 고조파를 보상하기 위한 방법으로 Active Filter가 오래 전부터 대두되었고 전력전자 기술의 발전과 더불어 현재 AF에 대한 많은 연구와 발전이 이뤄졌다[9-13].

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·분석할 것이다.

- 1) 창원대학교 전기공학과 전력 및 대체에너지 실험실
E-mail : hany417@lycos.co.kr
Tel : (055)281-3150 Fax : (055)281-3150
- 2) 창원대학교 전기공학과 전력 및 대체에너지 실험실
E-mail : dltrwn79@changwon.ac.kr
- 3) 창원대학교 전기공학과 전력 및 대체에너지 실험실
E-mail : navyhyuns@naver.com
- 4) 창원대학교 전기공학과 전력 및 대체에너지 실험실
E-mail : paku@sarim.changwon.ac.kr
- 5) 창원대학교 전기공학과 전력 및 대체에너지 실험실
E-mail : yuik@sarim.changwon.ac.kr

2. PV-AF-SPE 시스템의 개념

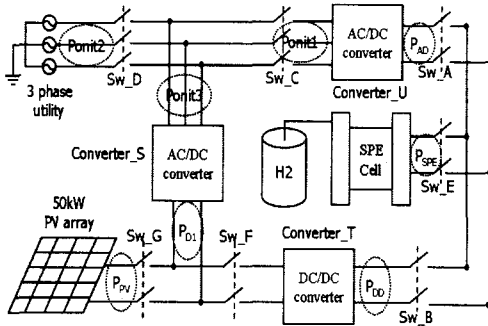


Fig. 1 Conceptual diagram of PV-AF-SPE

Figure 1은 PV-AF-SPE 시스템의 개념도이다. 이 시스템의 주요한 목적은 일정하고 안정적인 수소 생산에 있다. 이를 위해 여기서 SPE cell 즉 입력전류는 항상 일정한 수준으로 유지되어야 한다. SPE cell에서 생산되는 수소 발생량은 유입전류와 비례하므로 위의 조건이 만족된다면 항상 일정한 수준의 수소 생산량이 유지되는 것이다. 태양광 셀에서의 생산된 전력은 24시간, 항상 일정할 수 없기 때문에 계통과의 연계는 SPE cell 즉 공급전력이 항상 일정하게 유지되기 위한 것이며 혹시 있을지 모를 부하측(SPE cell)에서 사용하고 남은 태양광 셀의 잉여전력을 다시 계통에 공급하기 위한 역할을 겸임한다. 이러한 이유로 AC-DC converter가 설치되었다. 계통전류를 보상하기 위한 목적으로 그리고 SPE cell이 동작하지 않을 때 잉여전력을 계통으로 보내기 위해 Active Filter 기능을 가진 DC-AC converter가 설치되었다. 마지막으로 DC-DC converter는 PV array의 MPPT 출력제어를 위해 설치되었다.

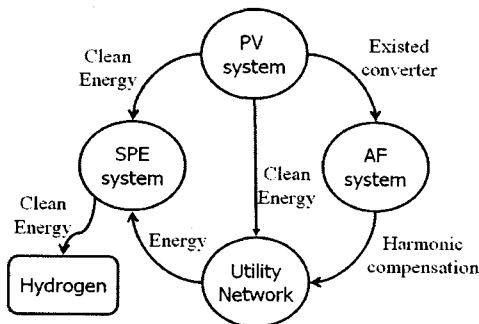


Fig. 2 Advantages of PV-AF-SPE system

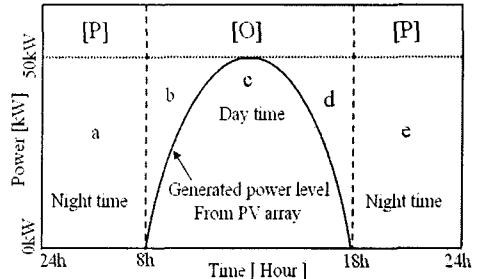


Fig. 3 Operational diagram of PV-AF-SPE during a day

Table 1과 2는 각각의 운전모드와 스위칭 동작을 설명한다. 본 논문에서는 설명을 간략하게 하기 위해서 Mode α 만을 시뮬레이션에 적용하였다.

Table 1. Operational mode of 50kW class PV-AF-SPE system

Mode	Rated Power	Power				Converter		
		a,e	b,d	C _{solar}	C _{utility}	S	T	U
α	all 50kW	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
β	Partial 50kW & solar	ON	OFF	ON	ON	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

Table 2. Switch mode of 50kW class PV-AF-SPE system

Mode	Switch						
	A	B	C	D	E	F	G
α	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
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

3. Results of simulation analysis

PV-AF-SPE 시스템의 유용성을 검증하기 위해, PSCAD/EMTDC를 이용한 가상 모의실험을 실시했으며, 시스템의 기본적인 회로도는 Fig. 1과 동일하다. Table 3과 4는 PV array와 계통 시스템의 용량과 시뮬레이션 조건을 각각 나타낸다.

Table 3. Specification of PV-AF-SPE system

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

Table 4. Simulation condition

Simulation Time		10 sec
Simulation Sampling Time		10 μ s
PI control	Time constant	0.01 sec
	Proportional gain	1

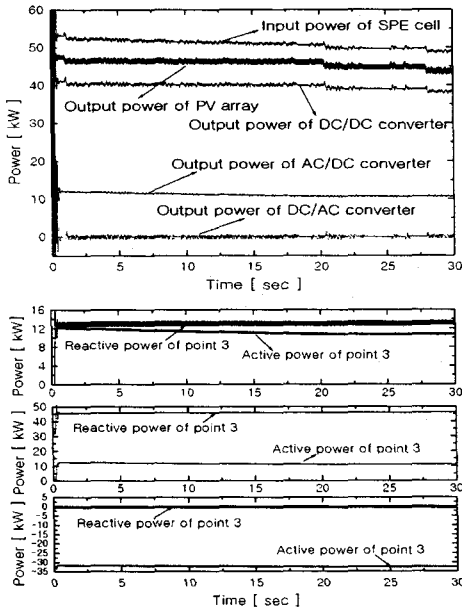


Fig. 4 Power flow of PV-AF-SPE system

제안된 PV-AF-SPE 시스템은 Fig. 4에서와 같이 50kW급으로 잘 동작하고 있다. 여기서 SPE cell의 입력 전류는 약 400[A]로 제어 되었다. Figure 4에서와 같이 일사량이 변화함에 따라 DC/DC 컨버터의 출력이 변화함을 알 수 있고, 그에 따라 AC/DC 컨버터의 제어신호인 알파각 역시 SPE 셀의 입력 전력인 50kW를 충족시키기 위해 증감을 해서 AC/DC 컨버터의 출력이 변해 감을 알 수 있다.

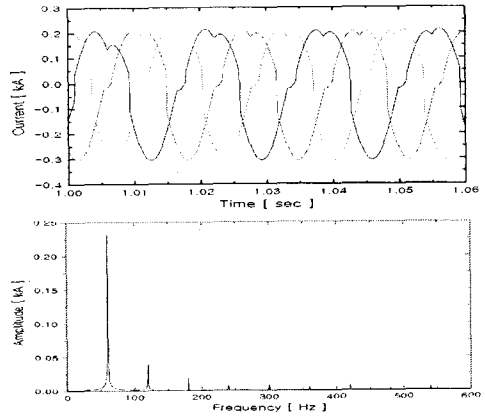


Fig. 5 Utility current and FFT result of phase A without AF function

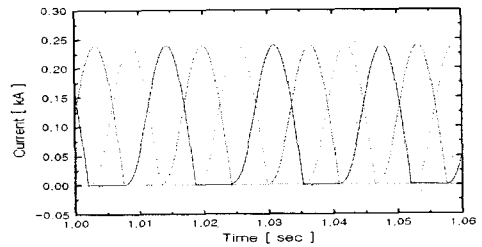


Fig. 6 Output current of D/A converter with AF function

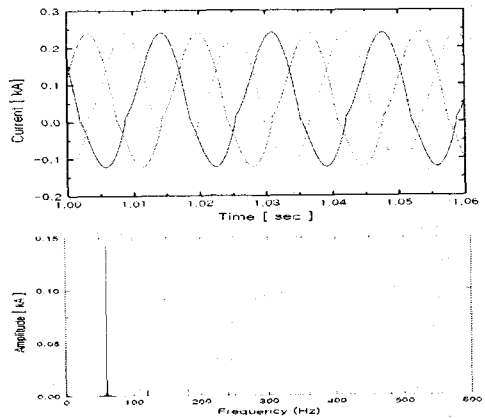


Fig. 7 Utility current and FFT result of phase A with AF function

Figure 5와 7을 비교해보면(FFT 결과) 시스템에 AF 기능을 적용한 후 보다 깨끗한 정현파가 얻어짐을 알 수 있다. Figure 6은 부족분의 전류가 소스 전류 측으로부터 공급될 때 DC/AC 컨버터 측의 AF 보상 전류가 소스 전류를 정현파형태로 보상해주기 위한출력전류 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. 다음에는 시뮬레이션의 동작여부의 확인에 그치지 않고 더욱 다양한 조건하에서 PV-AF-SPE 시스템의 운전 특성을 분석 할 예정이다.

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

후 기

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

References

- [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*