

태양광 발전시스템의 네가티브 컨덕턴스를 이용한 계통연계형 인버터

이창희, 박기락, 최재호
 충북대학교 전기공학과

Grid-Connected Inverter Using the Negative Conductance of Photovoltaic Power System

Changhee Lee, Kilack Park, and Jaeho Choi
 Dept. of Electrical Engineering, Chungbuk National University

ABSTRACT

This paper proposes a grid-connected inverter using the negative conductance of PV power system, which has four IGBTs and simple controller. Most of modern electric loads generate the current harmonics and the line voltage distortion. The new solar-to-ac converter(STAC) provides by emulating a negative conductance load to the line voltage, so the current harmonics from STAC is canceled the effect of the harmonics from other loads. As a result, the line voltage distortion is decreased. The proposed system have low cost, small size, and light weight compared to conventional photovoltaic converter.

1. 서 론

현재 급증하는 부하와 화석에너지의 고갈 그리고 지구환경문제를 위해서 최근에 태양광, 풍력 및 연료전지 등의 대체에너지를 이용한 발전시스템에 관한 연구와 개발이 진행되고 있다.

이러한 대체에너지 중에서 특히 계통연계형 태양광발전시스템은 설치가 간단하고, 유지보수가 용이, 수명이 길고(약20년), 무한정·청정한 자연에너지원 등으로 가정용 대체에너지로서 각광받고 있다. 뿐만 아니라 태양광발전이 최대전력을 발전하는 시간대가 여름철 냉방으로 인한 피크전력 소비 시간대와 비슷하기 때문에 전력수급의 불평형을 해소할 수 있다.^[1]

그러나 일반적인 계통연계형 태양광발전시스템은 제어가 복잡하고, 비용이 많이 들어서 상용화하기에는 아직까지 많은 어려움을 가지고 있다.

본 논문에서는 정류기 부하의 전류고조파에 의한 PCC라인에서의 전압왜곡을 태양광발전시스템의 네

가티브 컨덕턴스를 이용하여 감소시키고, 승압을 위한 별도의 초퍼가 사용되지 않고 제어가 간단하여 가격면에서 경쟁력을 갖추는 새로운 토폴로지를 제안하고, 이를 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 태양전지 어레이의 특성

태양전지에서 발생하는 전압과 전류는 매우 비선형적인 관계를 갖는다. 태양전지 어레이의 I-V 특성곡선을 얻기 위한 기본수식은 아래의 식같이 나타낼 수 있다.^{[2][3]}

$$I_p = [I_{sc} S_N + I_f (T_c - T_r)] N_p \quad (1)$$

$$I_D = [I_o (e^{\frac{qV_f}{AKTN_r}} - 1)] N_p \quad (2)$$

$$I_o = I_{or} \left[\frac{T_c}{T_r} \right]^3 e^{\frac{qE_{Bk}}{Bk} (\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_c})} \quad (3)$$

$$SN = SOLR/100 \quad (4)$$

이를 시뮬레이션으로 구현하기 위하여 psim을 사용하였고, 태양전지 어레이의 모델은 그림 1과 같다.

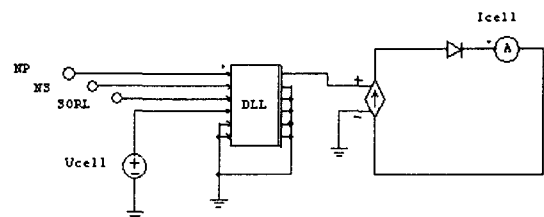


그림 1 태양전지 어레이의 Psim 모델

그림 2는 각각의 파라미터 값을 설정하여 3kW급의 태양전지 어레이의 전압(V_{cell})과 전류(I_{cell})의 특성곡선을 나타내고 있다.

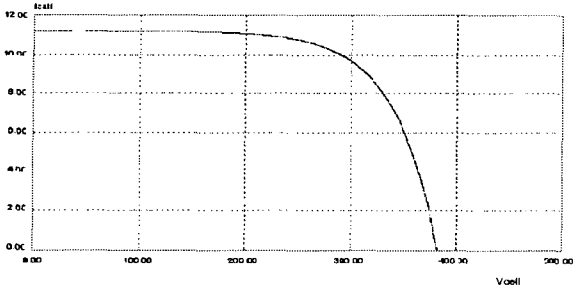


그림 2 전압(V_{cell})과 전류(I_{cell})의 특성곡선

2.2 계통연계형 태양광 시스템

본 절에서는 계통연계형 태양광발전 시스템의 토폴로지를 제시하고, 동작회로를 설명한다. 그리고 이 토폴로지를 시뮬레이션으로 그 타당성을 검증한다.

2.2.1 시스템의 구성 및 동작특성

그림 3은 새로운 계통연계형 시스템의 토폴로지를 나타낸다. 이 시스템은 태양전지 어레이, 단상 풀 브리지 방식의 인버터와 계통전원 V_s 로 구성된다.

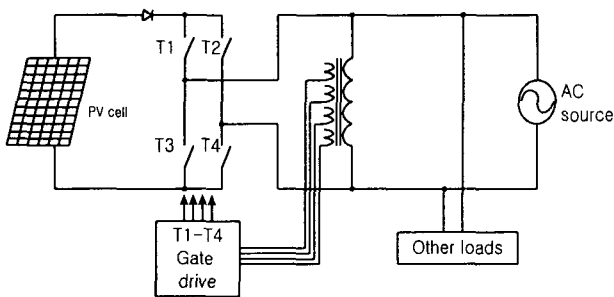


그림 3 제안한 계통연계형 시스템의 토폴로지

먼저 태양전지 어레이를 직병렬로 쌓아 상용전원 전압의 피크치 보다 5-20% 정도 높은 직류전압을 얻도록 한다. 상용 전원의 양의 반주기 구간 동안에 T1, T4를, 음의 반주기 구간동안에 T2, T4를 동시키면 태양전지 어레이의 두 단자에는 그림 4와 같이 전과정류 출력전압과 유사한 전압이 나타나게 된다.^[4] 스위치가 모두 꺼져있을 동안에는 태양전지 어레이의 특성상 전류는 0이 되고, 전압은 피크치에 있는 것을 볼 수 있다. 이때의 이 전압은 배터리를 연결하여 충전할 수 있다.^[5] 여기에서는 교류전원 측을 스위치의 ON, OFF 신호로 사용하기 때

문에 제어가 간단하고, 매우 저렴하게 시스템을 구성할 수가 있다. 그림 5는 계통에 유입되는 전류가 태양전지 어레이의 I-V 특성곡선에 따라 거의 구형파에 가까운 전류가 흐르는 것을 나타내고 있다.^{[4][5]}

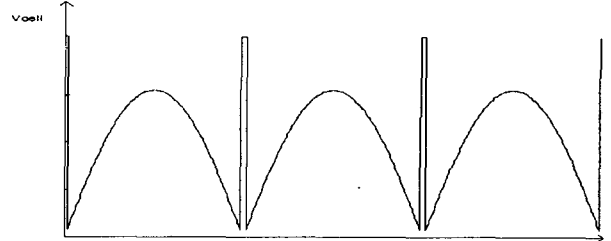


그림 4 태양전지 어레이의 전압(V_{cell})

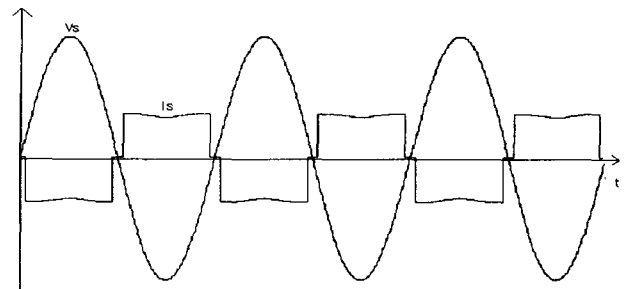


그림 5 계통전압(V_s)과 계통에 유입되는 전류(I_s)

대부분의 부하는 비선형 부하이므로 많은 전류 고조파 성분을 가지고 있다. 이러한 고조파 전류는 계통전압을 왜곡시키고 전압강하도 발생하게 한다. 이러한 상황에서 만약 또다른 부하가 병렬로 연결이 될 때 그 부하에도 영향을 받게된다. 따라서 태양광발전시스템의 네가티브 컨덕턴스 성질을 이용하여 나타난 구형파 전류는 비선형 부하의 기본파 전류 성분을 상쇄시켜서 PCC라인에서의 전압강하를 줄일 수 있다. 그림 6은 전원전압과 부하, 그리고 PV 시스템의 계통도를 나타낸다. 그림 7은 PV 시스템의 유무에 따른 V_{pcc} 에서의 전압강하의 양을 보여준다. 여기에서 태양광발전시스템이 연결될 때 네가티브 컨덕턴스의 영향으로 PCC라인에서의 전압강하가 확연히 줄어들음을 알 수 있다.

태양전지어레이에서 나오는 구형파 전류는 3차 고조파성분을 많이 포함하고 있지만, 3상의 Δ 결선으로 이를 해결할 수 있고, 정류기부하에서 발생하는 5차 고조파 전류는 태양전지어레이에서의 5차 고조파 전류와 서로 반대방향의 성분을 가지게 되므로 상쇄되어 계통전원 측에 고조파성분을 억제하게 된다. 이것을 psim으로 시뮬레이션하여 그 타당성을 검증하였다.

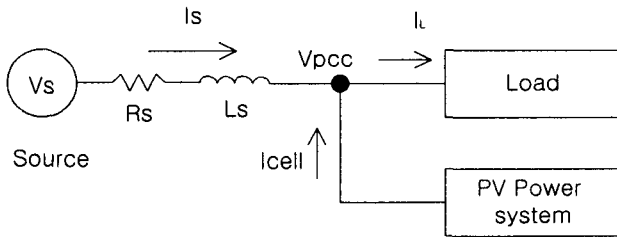


그림 6 전원전압(Vs), 부하, PV 시스템의 계통도

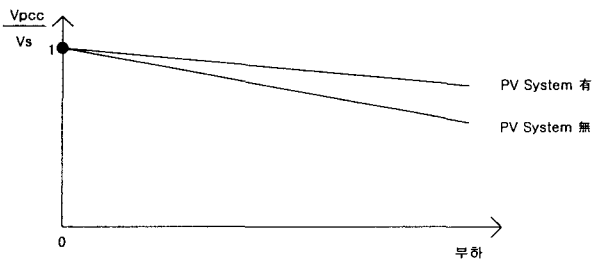


그림 7 부하의 증가에 따른 전압강하의 양

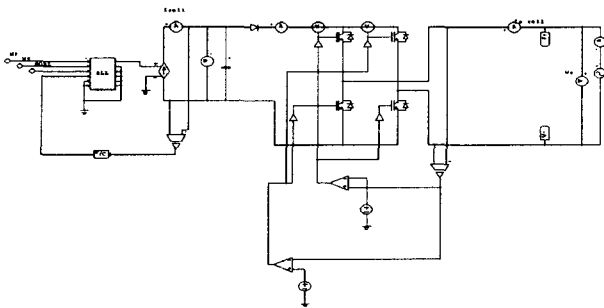


그림 8 계통연계형 인버터의 psim 모델

2.2.2 시뮬레이션

그림 8은 제안한 계통연계형 시스템의 psim 모델을 나타내었고 보는 바와 같이 시스템의 제어가 매우 간단함을 알 수가 있다. 그림 9는 부하가 연결되지 않았을 때의 태양전지 어레이의 전압, 계통 전압, 계통에 유입되는 전류를 나타낸다. 계통에 유입되는 전류가 그림 9에 보이듯이 거의 구형파가 나옴을 알 수 있다. 그림 10은 일반적인 정류기 부하 모델이고, 그림 11은 정류기 부하를 계통에 연결했을 때의 정류기 부하에 흐르는 전류와 계통에 흐르는 전류를 나타낸다. 그림 12에서는 태양전지 어레이에서 발생한 5차 고조파 전류와 정류기 부하에서 흐르는 5차 고조파 전류가 서로 반대 방향이므로 고조파 성분이 감소하는 것을 보여주고 있다. 그림 13은 각부의 전류파형을 스펙트럼으로 분석한 그림을 나타낸다. 계통전원 측의 기본파 전류성분이 현저하게 감소되었고, 5차 고조파 성분도 감소됨을 보여준다.

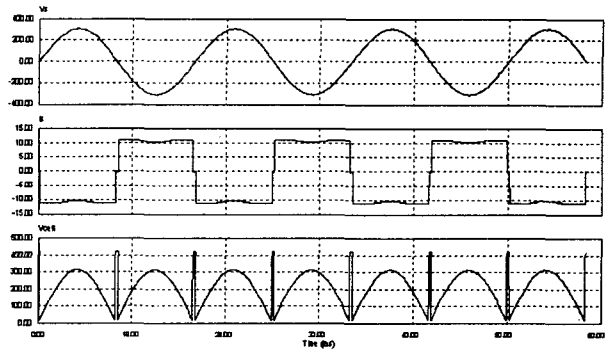


그림 9 계통 전압(Vs), 전류(Is)와 태양전지 어레이의 전압 (Vcell)

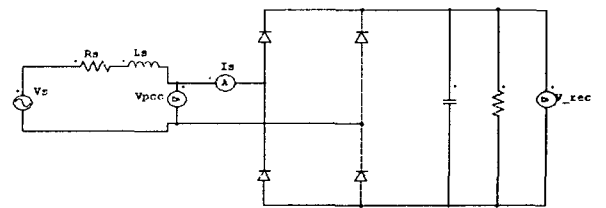


그림 10 정류기 부하



(a) Icell (b) Is_rec (c) Is

그림 11 각부의 전류 파형

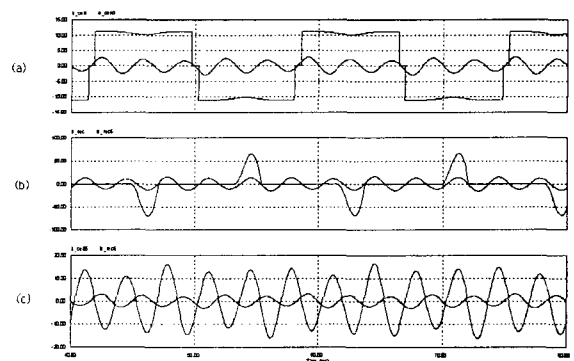
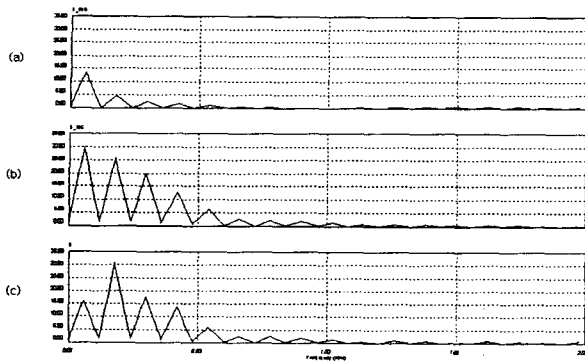


그림 12 5차 고조파 전류



(a) I_{cell} (b) I_{s_rec} (c) I_s

그림 13 주파수 스펙트럼

3. 결 론

본 논문에서는 태양광발전 시스템의 네가티브 컨덕턴스를 이용하여 계통전원 측의 기본파 전류 성분을 감소시켜 PCC라인에서의 전압강하를 현저하게 감소시킬 수 있었다. 또한 시스템이 간단하여 가격면에서 상당한 경쟁력을 갖출 수는 있지만, 태양광발전 시스템에서 발생한 전류가 구형파이기 때문에 전류고조파 성분이 아직도 많이 발생하므로 이에 대한 강구책이 필요하다. 태양전지 어레이의 모델링은 시뮬레이션을 통하여 입증하였고, 이를 전체적인 시스템에 적용하여 구현하였다. 차후에 실제 시스템에 적용하여 연구를 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 정영석, 유권중, "PV용 계통연계형 인버터의 새로운 Topology 고찰", 1999년 전력전자학회 하계학술대회, pp. 248-251, 1999.
- [2] V. John and N. Mohan, "Standby Power Supply with High Frequency Isolation", *APEC '95 Conference Proceedings*, pp. 990-994, 1995.
- [3] 정영석, 유권중, 이수홍, "고주파링크 방식을 이용한 계통연계형 태양광발전시스템", 2000년 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1050-1052.
- [4] Wirojana Tantraporn, *United States Patent*, Patent Number 5,576,533, 1996, November.
- [5] Wichit Sirichote, Wirojana Tantraporn, Narong Saengkaew, *United States Patent*, Patent Number 5,898,585, 1999, April.