

3Kw급 계통연계형 인버터의 MPPT적용

김기현, 유권종, 정영석, 김영석*
 한국에너지기술연구원, 인하대학교*

Applying MPPT of Grid-connected Inverter

Kim Ki-Hyun, Yu Gwon-Jong, Jung Young-Seok, Kim Young-Seok
 Korea Institute Energy Research, INHA University

ABSTRACT

Recently, according to developing industry and life style, power consumption have been increased year after year. Currently these much power demand from power consumer weakening the allowable power reverse margin in summer. As on of the remedies about this problem, the small scale grid-connected photovoltaic system is considered for auxiliary power source. Generally, grid-connected inverter have a isolation transformer for electrical isolation from utility. This paper proposed transformerless system topology an inquiry validity simulation.

1. 서 론

현대사회는 첨단과학의 발달과 경제규모의 팽창에 따라 급격한 에너지 수요의 증대를 초래하였으나, 현재 사용중인 에너지의 대부분이 화석연료이므로 언젠가는 고갈될 수밖에 없는 한계성을 가진다. 또한 연소과정에서 생성된 공해물질은 심각한 문제점을 야기시키고 있으므로 이러한 문제점을 해결하기 위하여 전세계적으로 대체에너지원으로 전환하기 위하여 노력하고 있다. 대체에너지기술 중에서도 무한정·청정한 자연에너지원으로서 각광을 받고 있는 태양광발전은 에너지원의 다양화·분산화가 추진되는 상황에서 지역 편중성 및 설치 규모의 선정에 자유로운 소규모 주택용 태양광발전시스템의 개발이 활발하게 추진되고 있으나, 태양에너지는 에너지 밀도가 저밀도이며, 출력특성이 일사량, 온도 등의 자연조건에 좌우되기 때문에 에너지 손실의 최소화와 태양전지 어레이로부터 최대 전력을 얻을 수 있는 최대출력제어가 필요하다.

본 논문에서는 일반적으로 사용되는 3Kw급 가

정용 인버터에 들어가는 절연변압기를 생략한 인버터에 들어가는 MPPT제어알고리즘에 대하여 기술하고, 그 효용성을 분석한다.

2. 시스템의 개요

그림 1은 변압기를 생략한 인버터의 토폴로지를 나타낸 것이다. 이 시스템에서는 태양전지 어레이, 부스트 컨버터, 2개의 단상 하프브리지 인버터, 2개의 연계 리액터 L1, L2 및 커패시터 C1, C2와 계통전원 Vs로 구성된다. 여기서 인버터측은 RL부하의 유효전력 및 고조파를 포함하는 무효전력을 공급하며, 부스트컨버터는 태양전지 어레이(3Kw)의 최대전력이 DC 커패시터측으로 전달되도록 전압을 제어하게 된다.

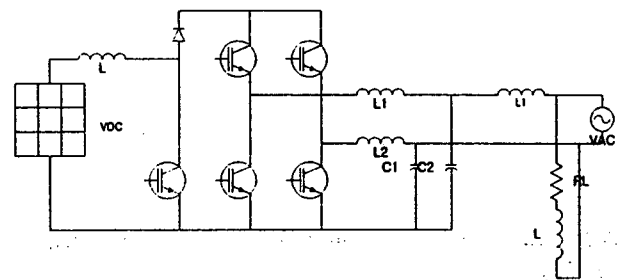


그림 1 절연변압기 없는 계통연계형 인버터
 Fig. 1 Transless Grid-connected Inverter

이 시스템은 변압기가 없으므로 2개의 하프브리지 인버터를 각각 제어하여 $I_{L1} = I_G + I_s$, $I_{L2} = I_G - I_s$ 가 되도록 제어하며, 전원전류는 $I_s = I_i - I_L$ 의 관계가 성립한다. 또한, 커패시터 C1, C2의 양단 전압 V_{c1} 과 V_{c2} 는 각각 $V_s/2$, $-V_s/2$ 의 AC성분을 갖는다. 그리하며, LC 필터를 거친 인버터 출력 전압차 $V_{c1} - V_{c2}$ 는 V_s 의 AC전압만이 나타나게 된다.

2.1 시스템 제어

그림 1의 전체 시스템으로부터 인버터부에 대한 시스템 방정식이 나오는 데, 다음 식은 스위치 S1과 S2로 구성된 하프브리지 인버터(이하 HB1)에 대한 상태 방정식이다.

$$L_1 \frac{dI_{L1}}{dt} = V_1 - V_{C1} = u_1 V_{dc} - V_{C1} \quad (1)$$

$$C_1 \frac{dV_{C1}}{dt} = I_{L1} - I_i \quad (2)$$

$$I_i = I_{L1} - I_{C1} \quad (3)$$

다음 식은 나머지 S3와 S4로 구성된 하프브리지 인버터(이하 HB2)의 상태 방정식으로서, HB1의 것과 동일하다.

$$L_2 \frac{dI_{L2}}{dt} = V_2 - V_{C2} = u_2 V_{dc} - V_{C2} \quad (4)$$

$$C_2 \frac{dV_{C2}}{dt} = I_{L2} + I_i \quad (5)$$

$$I_i = -I_{L2} + I_{C2} \quad (6)$$

또한 DC 전압 V_{dc} 에 관한 식은 다음과 같다.

$$C_{dc} \frac{dV_{dc}}{dt} = I_B - I_{dc} = I_B - (u_1 I_{L1} - u_2 I_{L2}) \quad (7)$$

덧붙여 부하 전류 I_{Ld} 와 전원 전류 I_s 에 관한 식은 다음과 같이 얻어진다.

$$L_{Ld} \frac{dI_{Ld}}{dt} = V_s - R_{Ld} I_{Ld} \quad (8)$$

$$I_s = I_i - I_{Ld} \quad (9)$$

P_{cell} 은 DC 커패시터의 충전용 유효전력 P_{dc} 와 인버터가 공급하는 유효전력 P_{INV} 의 합이 된다.

$$P_{INV} = P_{cell} - P_{dc} = (I_B - I_{cdc}^*) V_{dc} \quad (10)$$

3. MPPT 제어 알고리즘

3.1 태양전지 어레이 고찰

태양전지 어레이의 시뮬레이션 파형을 그림 2에 나타내었다. 그림에서 보듯이 태양전지 어레이는 전기적으로 비선형적인 특성을 갖으며, 어레이의 최대전압은 일사량과 온도에 의해서 시시각각으로

변한다. 또한 부하상태에 의해서도 변하기 때문에 태양전지 특성이 변화하지 않아도 동작점이 변하게 되어 최대출력을 얻을 수 없다. 따라서, 태양전지를 효율적으로 동작시키기 위해서는 태양전지 어레이의 출력을 항상 최대전력점에서 동작시키는 제어가 필요하다.

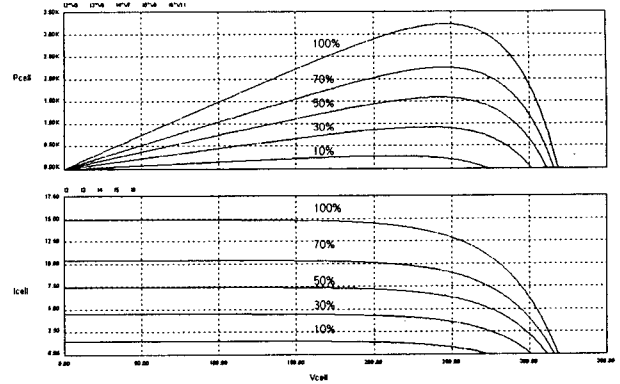


그림 2 일사량에 따른 PV 어레이 특성(3KW)

1) 전압-전력 곡선 2) 전압-전류 곡선

Fig. 2 PV array characteristics curve with insolation

1) Voltage-Power curve 2) Voltage-Current curve

3.2 계통연계형 인버터에서의 MPPT제어

현재까지 P&O, IncCond, Fuzzy MPPT 등 많은 MPPT제어 방법이 나와있으나 본 논문의 인버터에서는 전력비교를 하지 않고 최대전력점을 추종하는 방법을 적용하였다.

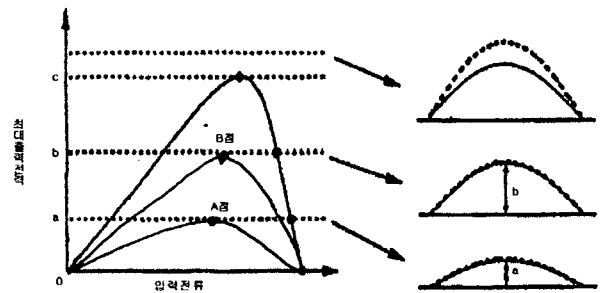


그림 3 최대출력점 제어

Fig. 3 Maximum power point tracking

인버터의 전류 피드백 제어는 그림 3과 같이 어레이 출력전류 기준신호와 인버터 출력전류 기준신호를 일치시키도록 제어한다. 그림 3에서 전류기준의 진폭치가 a일 때, 인버터의 출력전류는 전류기준에 일치하도록 제어되어 태양전지의 동작점은 어레이의 개방전압으로부터 진폭 a의 출력전류를 공급할 수 있는 A점까지 이동한다. 그 다음 전류기준의 진폭치가 b(a<b)까지 상승하였을 때는 같은

방법으로 하여 태양전지의 동작점은 A점으로부터 B점으로 이동한다. 이상과 같이 전류기준의 진폭치를 크게 함으로서 태양전지의 동작점은 개방전압으로부터 최대전력점으로 이동한다. 만약, 출력전류기준치가 최대출력점 이상을 요구하면 전류오차신호 $e(n) = I_c(n) - I_o(n)$ 는 +값을 취하며, 그 결과 IGBT의 게이트 ON폭은 단조증가하게 된다. 여기서, 전류기준을 상승시키는 기간과 전류기준을 상승시키는 기간을 교대로 설정하여 전류기준을 정지시킨 구간에서 게이트의 ON폭이 단조증가하고 있는지를 판단한다.

3.3 계통연계형 인버터의 시뮬레이션

다음의 그림 5에서는 2장에서 제시한 시스템에 3장의 MPPT제어방법을 가지고 시뮬레이션한 그림이다. 이 시뮬레이션에서는 Psim의 DLL로 구성되어있으며 C로 프로그래밍하여 결과를 도출하였다.

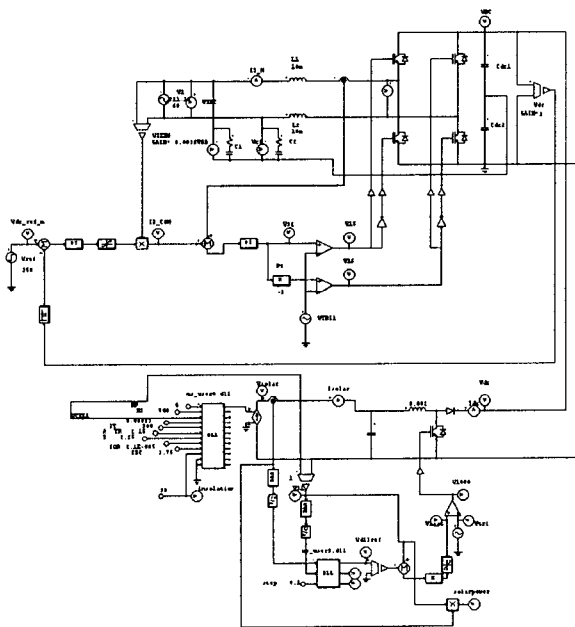


그림 4 계통연계형 인버터의 MPPT적용 시뮬레이션
Fig. 4 Simulation of MPPT to Grid-connected Inverter

4. 결과파형

다음에서는 3.3절에 나타난 시뮬레이션 회로도의 결과파형들을 나타낸다. 그림 5는 인버터의 각부 전압, 전류에 대한 시뮬레이션 결과 파형을 나타낸다. 그림 5에서 보이듯이 전원전압 vs에 대하여 동상의 정현파 전류 Is가 유입되고 있음을 알 수 있다. 그림에서 보이듯이 DC link전압 Vdc는 약 400V이상으로 승압되고 있음을 알 수 있다.

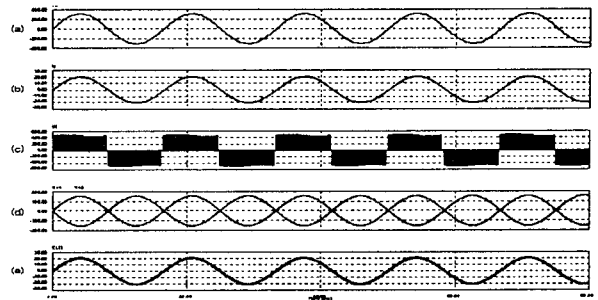


그림 5 인버터 시뮬레이션 결과파형
Fig. 5 Simulation result for inverter

그림 6에서는 일사량을 0.2ms에서 $100 W/m^2$ 에서 $80 W/m^2$ 으로 감소시켰을 경우의 MPPT 결과파형을 나타내는데 일사량 감소로 인한 계통공급전류의 감소를 알 수 있다. 이 파형은 계통에서 바라본 것이므로 전압과 역상이 되어있다.

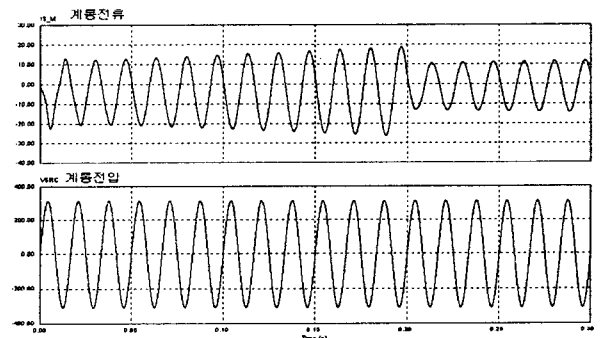


그림 6 일사량 감소시 MPPT 결과파형
Fig. 6 MPPT waveform for decreasing insolation

4. 결론

본 논문에서는 절연변압기 없는 계통연계형 인버터에서 새로운 MPPT를 적용시켜 그 시스템을 시뮬레이션하여 동작 특성을 확인해 보았다. 본 논문에서 제시한 MPPT 방법은 기존의 방식에 비해 전력비교 알고리즘이 없어 간단하지만 동작특성은 보다 양호함을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Charles. R.Sullivan, Matthew J.Powers, "A high-efficiency Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Array in a Solar-Powered Race Vehicle," Proceedings of the IEEE, 1993, pp. 574~580.
- [2] Hussein. K.H., Muta. I, "Modified Algorithms for Photovoltaic Maximum Power Tracking", Record of 1992 Joint Conference of Electrical and Electronics Engineers in Kyushu, Japan, pp. 301, 1992, October.