

MPPT 효율향상을 위한 부스트컨버터의 전류계인 전향보상기법

이승구, 김영록, 차한주
충남대학교 전기공학과

New current gain feedforward compensation for improving MPPT efficiency

Seunggoo Lee, Youngroc Kim, Hanju Cha
Chungnam National University

ABSTRACT

단방향 DC-DC컨버터는 불연속 전도모드(Discontinuous Conduction Mode:DCM)구간에서 전류기준치와 실제 흐르는 평균전류와의 오차가 존재하여 MPPT추종이 어렵거나 불가능하다. 따라서 본 논문은 전류제어를 하는데 전류오차를 2%까지 최소화할 수 있는 전류계인 전향보상기법을 이용하여 DCM 구간에서도 98%이상의 MPPT효율로 MPPT수행이 가능함을 실험으로 증명하였다.

1. 서론

태양광발전은 태양광어레이로부터 얻은 낮은 출력전압의 승압이 요구되기에 부스트컨버터의 연계가 불가피하다. 또한 컨버터는 발전효율 향상을 위해 MPPT(Maximum Power Point Tracking)알고리즘을 수행해야 한다. 이 과정에서 일사량과 온도에 따라 변화하는 최대전력점을 추종하기 위해서는 CCM(Continuous Conduction Mode:CCM)과 DCM 모든 구간에서 정확히 동작해야 한다. CCM과 달리 DCM은 영전류 구간이 존재함으로 인해 평균전류는 전류기준치와 일치하지 않기 때문에 최대전력점의 추종이 부정확해진다. 하지만 전류계인 전향보상기법이 적용되면 DCM 구간에서도 98%이상의 효율로 최대전력점 추종이 가능함을 실험으로 확인하였다.

2. 3상 인터리브드 부스트 컨버터

2.1 3상 부스트 컨버터 구조 및 동작

그림 1은 3상 부스트 컨버터의 기본 토폴로지를 나타낸다. 3상 구성을 위해 각 상의 스위치로 개별적인 온 오프컨트롤 하게 되는데, 이때 각 상은 동일한 ON/OFF 주기, 즉 같은 듀티비로 스위칭이 되며 각 상의 $1/3(120^\circ)$ 만큼 서로의 주기가 겹치도록 되어있다. 따라서 각 상의 전류는 120° 만큼($2\pi/N$, N: 상의 수)의 위상차가 발생됨으로 입력전류의 리플 주파수는 인덕터 전류의 3배 크기로 증가한다. 그 결과 입력전류와 출력전압의 리플감소 효과로 LC필터 용량 및 체적감소의 이점을 얻을 수 있다.

2.2 전류계인 전향보상기법

전류계인 전향보상기법은 DCM구간에서 전류기준치와 평균전류와의 오차를 최소화할 수 있는 DCM전류제어 기법으로써

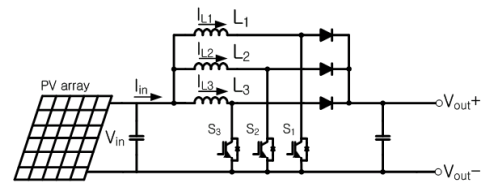


그림 1 3상 인터리브드 부스트 컨버터 토폴로지
Fig. 1 3-phase interleaved boost converter topology

우선 입력전압, 출력전압, 스위칭 주기, 인덕턴스는 일정한 상수로 가정한다. 정상상태, DCM구간에는 최소전류 I_{min} 은 0이 되고, 부스트컨버터 인덕터 전류의 상승과 하강구간에서 최대전류 I_{max} 는 동일하므로

$$\frac{V_i}{L}DT_s = \frac{V_o - V_i}{L}(1-D)T_s \quad (1)$$

이 된다. $(1-D)$ 를 Δ 로 정의하면

$$\frac{V_i}{L}DT_s = \frac{V_o - V_i}{L}\Delta T_s \quad (2)$$

로 다시 표현이 가능하며 다시 정리하면 아래와 같은 수식을 유도할 수 있다.

$$V_i(D + \Delta) = V_o \Delta \quad (3)$$

$$\Delta = \frac{V_i}{V_o - V_i}D \quad (4)$$

식(4)로부터 전향보상기법에 쓰일 $Gain = D + \Delta$ 을 구할 수 있다. 이 Gain을 A/D 샘플링된 전류 피드백에 곱을 한 보상값을 PI제어기에 적용하면 DCM에서의 입력전류기준치와 평균전류의 불일치현상을 제거할 수 있다.

3. 전류형 최대전력점 추종제어기법

본 논문에서는 기존의 IncCond(incremental conductance)기법에 태양광 어레이의 선형적인 전류특성을 이용하여 좀 더 빠르고 정확한 최대전력점을 추종하는 전류형 최대전력점 추종기법을 사용하였다. 순서도는 그림 2와 같으며 V_{in} 과 I_{in} 는 태양광 전압과 전류를 측정된 값이다. $V_{in}(n-1)$ 과 $I_{in}(n-1)$ 는 이전 PV 어레이의 전압과 전류값이며 dV 와 dI 는 이전 값과 현재 값의 차이이다. $V/I + dV/dI < 0$ 의 조건에서는 전류 기준치를 감소시키고 $V/I + dV/dI > 0$ 에서는 전류기준치를 증가시켜 $V/I + dV/dI = 0$ 이 되는 최대전력점에 도달하게 된다. 그림 3은 I-V와 P-I 곡선에서의 변화를 보여주는 그림으로 앞선 설명의 제어알고리즘에 알맞도록 전류기준치의 변화가 동작하여 최대전력점에서 머무는 것을 보여주고 있다.

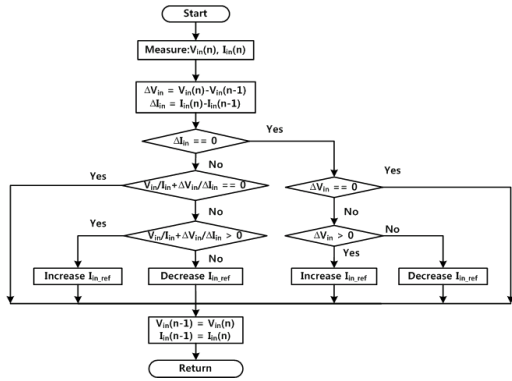


그림 2 전류형 최대전력점 추종제어의 플로우차트
Fig. 2 The flow chart of Current based MPPT

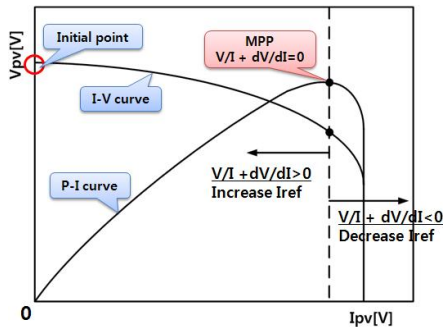


그림 3 전류형 최대전력점 추종용 P-I 곡선과 I-V 곡선
Fig. 3 P-I curve and I-V curve for current based MPPT

4. 실험 결과

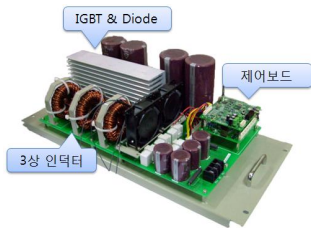


그림 4 10kW 3상 인터리브드 부스트 컨버터
Fig. 4 10kW 3-phase interleaved boost converter

실험에는 그림 4 부스트컨버터와 50kW태양광 PCS인버터, Magna Power Electronics사 PV시뮬레이터 XR200 10를 이용하였다. 표1은 그림5의 I-V곡선1,2를 그리는데 설정된 파라미터를 보여주고 있다. 전류 기준치의 증가 및 감소의 기준이 되는 평균전압, 평균전류는 A/D변환된 전압, 전류를 S/W Lowpass 필터링한 후 MPPT 수행주기 0.2s로 평균 낸 값으로 계산하였다..

표 1 I-V곡선의 파라미터

Table 1 the parameter of I-V curve

Parameter	Curve1	Curve2
V_{OC}	170[V]	170[V]
I_{SC}	4.5[A]	6.5[A]
I_{rad}	700[W/m ²]	1000[W/m ²]
T	25[°C]	25[°C]
Maximum Power	541[W]	775[W]
V_{MPP}	141[V]	141[V]
I_{MPP}	3.8[A]	5.5[A]

그림 6 (a)와 (b)는 I-V곡선1과 2의 전력, 전압, 전류의 파형으로써 각 곡선의 최대전력점을 기준으로 약 98%이상의 MPPT 효율로 동작하는 것을 볼 수 있다. 그림 6 (c)는 부스트컨버터가 I-V곡선 2의 최대전력점을 추종하는 PV시뮬레이터 화면을 보여주고 있다.

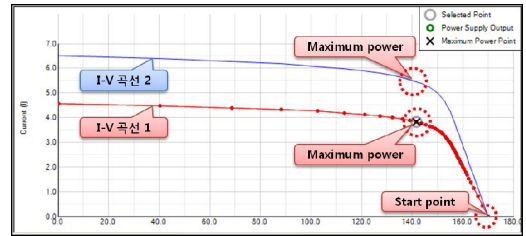


그림 5 시뮬레이터의 I-V곡선1과 2
Fig. 5 Simulator I-V curves 1 and 2

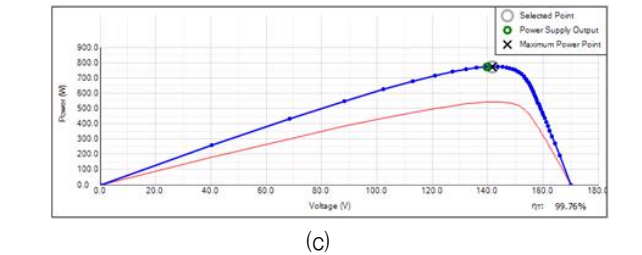
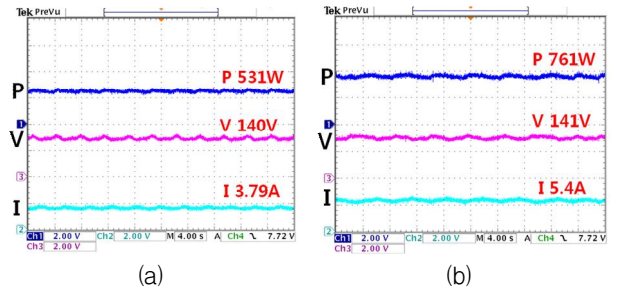


그림 6 (a) I-V곡선1의 정상상태 파형 (b) I-V곡선2의 정상상태 파형 (c) I-V곡선2의 시뮬레이터 추종화면
Fig. 6 (a) a steady state waveform of I-V curve 1 (b) a steady state waveform of I-V curve 2 (c) Simulator Tracking screen of I-V curve2 (P : 444W/div, V : 90V/div, I : 4.4A/div)

5. 결론

본 논문에서는 DCM구간에서도 MPPT의 정확한 추종이 가능함을 증명하기 위해 DCM에서 전류기준치와 실제 흐르는 평균 입력전류사이 전류오차를 2%까지 최소화하는 전류계인 전향보상기법을 채택하였으며 MPPT기법은 전류형 최대전력점 추종제이기법을 적용하여 실험하였다. 그 결과 DCM동작에도 부스트컨버터는 98%이상의 MPPT효율로 정확히 최대전력점을 추종할 수 있음을 실험을 통해 검증하였다.

참고 문헌

[1] 강영주, 차한주, “멀티스트링 태양광 인버터용 인터리브드 부스트 컨버터의 설계 및 제어”, 대한전기학회논문지, Trans. Vol. 60, No. 3, pp538-543, MAR, 2011.
[2] 차한주, 이상희, 김재연, “전류형 MPPT를 이용한 3kW 태양광 인버터 시스템 제어기 설계 및 구현”, 대한전기학회논문지, Trans. Vol 57, No. 10, pp538-543, pp1796-1801, OCT, 2008.