

# 태양광 발전용 다수대의 독립운전에서의 DC-link 제어특성 연구

서정원, 문솔, 장종호, 김석희, 박종후  
숭실대학교

## DC-link control study in stand-alone operation mode of multiple photovoltaic power conditioning systems

Jung Won Seo, Sol Moon, Jong Ho Jang, Seok Hee Kim, Joung Hu Park  
Soongsil University

### ABSTRACT

태양광 발전 시스템은 계통 전원을 공급받지 못하는 도서 지역이나 산간 지역 등에서 배터리 등의 에너지 저장장치를 연계하여 독립적으로 부하에 전력을 공급할 수 있다. 둘 이상의 태양광 패널을 이용해 독립 운전시에 에너지 발전률을 높이기 위해서는 전력 조절기 출력단의 DC 링크의 전압을 일정하게 유지시켜줄 태양광 패널과 MPPT 동작을 수행하는 패널 간의 상호 간섭에 대해서 고려하여야 한다. 본 논문에서는 두 개 이상의 태양광 모듈을 이용한 독립운전 시스템에서 안정된 DC 링크 전압동작을 보장하는 태양광 패널 및 전력 조절기의 설계 및 해석을 위해 태양전지 제어를 위한 태양전지 특성과 전력조절기의 제어 특성에 대해 알아보고자 한다.

### 1. 서론

최근 화석 에너지의 고갈로 인한 가격 급등과 지구 환경 문제로 인해 대체 에너지원인 풍력, 연료전지 및 태양광 발전 등이 각광받고 있다. 그 중 특히 태양광 에너지는 일반인들이 생활에서 쉽게 접하고, 지역의 제약을 받지 않으며 다루기 쉬운 편이다. 또한 각 나라의 전격적인 지원을 받으면서 성장하고 있다.

태양광 발전 시스템은 독립운전시 계통 전원을 공급받지 못하는 도서 지역이나 산간 지역 등에서 배터리 등의 에너지 저장장치와 복합적으로 운전하여 부하에 전력을 공급할 수 있다. 둘 이상의 태양광 패널을 이용해 독립 운전시에 에너지 발전률을 높이기 위해서는 전력 조절기 출력단의 DC 링크의 전압을 일정하게 유지시켜줄 태양광 패널과 MPPT 동작을 수행하는 패널을 설정 해 주어야 한다. 본 논문에서는 두 개 이상의 태양광 패널을 이용한 독립운전 시스템에서 안정된 동작을 보장하는 태양광 패널 및 전력 조절기의 설계 및 해석을 위해 태양전지 제어를 위한 태양전지 특성과 컨버터의 제어 특성에 대해 알아보고자 한다.

### 2. 본문

#### 2.1 다수대의 태양광 패널을 이용한 독립운전 모드 발전 시스템의 등가모델

다수대의 태양광 패널을 이용한 독립운전 모드 발전 시스템의 등가모델은 그림 1과 같다. 하나의 태양광 패널측의 전력변

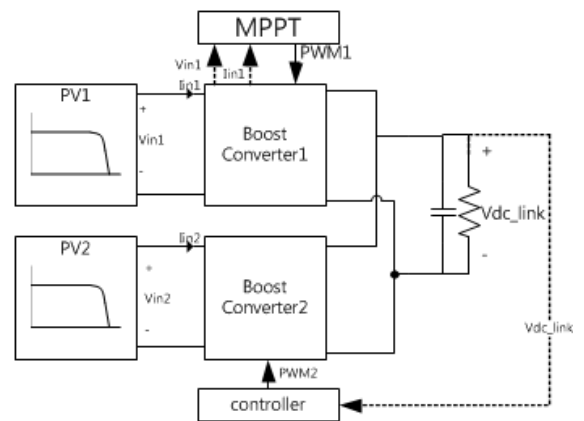


그림 1 다수대의 태양광 패널의 독립운전 등가모델  
Fig. 1 Equivalent circuit for stand-alone operation mode control of multiple PV panel

환기는 출력단의 전압을 제어하고 나머지 태양광 패널측의 전력변환기는 MPPT 동작을 수행하게 된다. 이를 위해서 PV1과 같이 MPPT를 수행하는 측에서는  $V_{in}$ 과  $I_{in}$ 을 센싱해 MPPT 연산 후 PWM을 전력변환기에 인가하며 전력변환기 출력단의 DC link 전압을 제어하는 PV2과 같은 모듈측의 전력변환기에서는 DC link의 전압을 센싱해 일정 전압을 추종할 수 있도록 PWM을 인가한다.

#### 2.2 다수대의 태양광 패널을 이용한 독립운전 모드 발전 시스템에서의 커패시터 선정

다수대의 태양광 패널을 이용한 독립운전 모드 발전 시스템에서의 DC link 전압 제어에서의 안정도는 정상상태에서의 동작 지점이 그림2에서의 동작점 A, B, C 중 어느 지점에 있느냐에 따라 달라진다. 동작점 A는 출력전압의 제어가 불가능하지만 안정화 된 동작점이며 동작점 B는 출력제어가 불가능한 불안정 동작점이고, 동작점 C는 출력전압 제어가 가능하고 안정화 된 동작점이다.<sup>[1]</sup> 다수대의 태양광 패널을 이용한 독립운전 모드 발전 시스템에서는 초기 태양광 발전시 DC link단의 커패시터와 전력 변환기 입력단의 커패시터에 전압이 충전되어 있지 않기 때문에 태양광 패널의 부하 특성 곡선은 DC link의 전압의 상승에 비례해 그림 2와 같이 화살표를 따라 상승 하게 되고 DC link측의 전압을 제어하는 전력변환기의 동작점은 오른쪽으로 이동하게 된다. 이때의 부하 특성 곡선과 동작점이 이동하는 시간은 DC link를 제어하는 전력변환기의 입력단 커

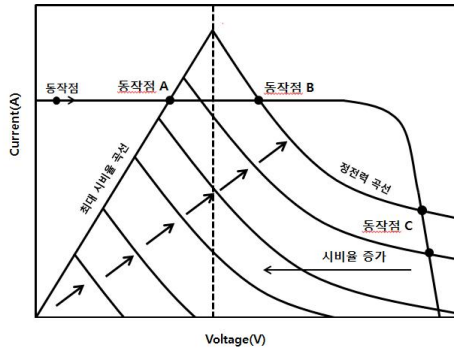


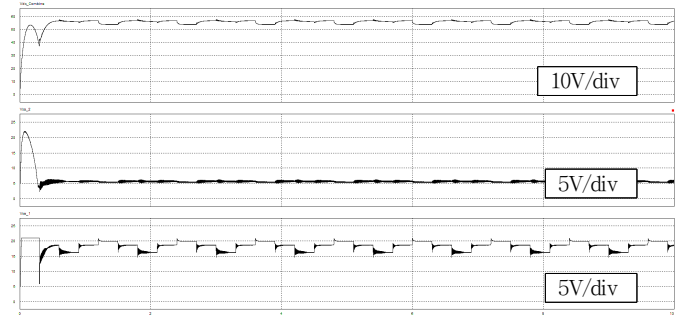
그림 2 다수대의 독립운전에서의 부하 특성 곡선  
 Fig. 2 Impedance characteristic for stand-alone mode operation multiple photovoltaic power conditioner

패시턴스와 DC link의 커패시턴스에 영향을 받는다. 만약 전력변환기 입력단의 커패시턴스가 충분히 작지 않으면 전력변환기의 동작점이 우측으로 이동하는 속도가 느려져 부하 특성 곡선과 V I 커브가 만나 동작점이 생성되는 때에 동작점 A의 좌측에 있게 되고 DC link측의 전압이 증가함에 따라 동작점 A로 이동해 동작하게 되는데 동작점 A에 도달했을 시에는 안정상태이지만 제어하고자 하는 DC link의 전압을 추종하지 못하게 된다. 만약 DC link를 제어하는 측의 전력변환기 입력단의 커패시턴스가 충분히 작으면 전력변환기의 동작점이 우측으로 이동하는 속도가 빨라져 부하 특성 곡선과 V I 커브가 만나 동작점이 생성되는 때에 동작점 A의 우측에 있게 되고 DC link측의 전압이 증가함에 따라 동작점 C로 이동하게 된다. 동작점 C는 안정화 된 동작점이고 또한 추종하고자 하는 DC link의 전압을 추종 할 수 있다.<sup>[1]</sup> 즉, DC link를 제어하는 측의 전력변환기 입력단의 커패시턴스가 충분히 작게 해야 전력변환기의 동작점의 이동속도가 빨라져 동작점 C에서 동작해야 출력 전압을 추종 할 수 있다.

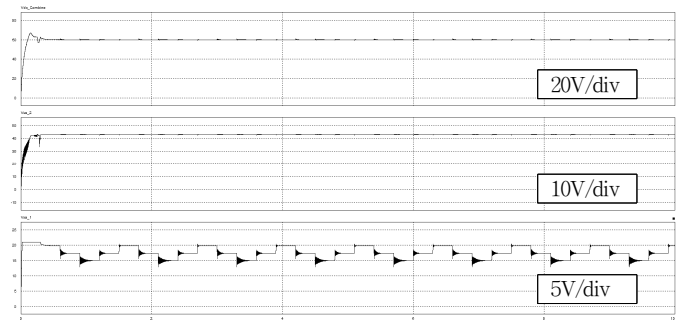
### 3. Simulation

위 분석을 검증하기 위한 시뮬레이션은 그림 1.과 같은 구성으로 MPPT 동작을 수행하기 위한 18V에서 50W의 Maximum Power Point(MPP) 전력을 가진 PV와 DC link 측의 전압을 제어하기 위한 39V에서 80W의 MPP 전력을 가진 PV, 같은 제어기를 사용해 입력단의 커패시턴스의 변화에 따라 제어 특성이 안정화 되어 DC link의 레퍼런스 전압인 60V를 추종하는지 확인하였다. DC link 전압을 60V로 추종하기 위한 PV1의 필요 전력은 22W이고 동작점 A와 C는 각각 3V, 42V이다.

아래 그림 3의 그림 (a)와 (b)에서의 그래프는 순서대로  $V_{DC-link}$ ,  $V_{sa1}$ ,  $V_{sa2}$ 의 전압 파형이다.



(a)



(b)

그림 3 PV2의 출력단 커패시턴스가 2200uF일 때의 다수대의 태양광 모듈 동작 파형

Fig. 3 Waveform for multiple PV module with 2200uF input capacitance and 220uF input capacitance

DC link를 제어하는 태양광 패널측의 커패시턴스가 2200uF 일 때에는 위의 그림 3의 (a)와 같이 Vsa2의 전압이 동작점 A의 좌측에 위치해 결국 동작점 A(3V)에 도달하게 되어 60V를 추종하지 못함을 볼 수 있다.

DC link를 제어하는 태양광 패널측의 커패시턴스를 220uF으로 변화 시킬 시에는 위의 그림 3의 (b)와 같이 PV2의 동작점이 동작점 A의 우측에 위치해 동작점 C(42V)로 이동해 가므로 DC link의 전압을 60V로 추종시킬 수 있음을 볼 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 태양광 발전용 다수대의 독립운전에서의 DC link 제어특성에 대한 내용을 다루었다. 다수대의 태양광 패널을 이용한 독립운전의 경우 기존의 계통연계형과는 달리 DC link를 제어하는 전력변환기의 입력 커패시턴스를 충분히 낮게 설계하지 않으면 추종하고자 하는 일정 전압을 추종하지 못하는 경우가 발생한다는 것을 확인할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

[1] 김정환, "에너지 저장장치를 포함하는 자립 운전형 태양광 전력조절기의 제어특성 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2010.7.14.~7.16