

태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치의 운용 알고리즘에 관한 연구

박동명*, 이수용*, 진진택*, 황소연*, 노대석*

*한국기술교육대학교

e-mail:pdos@chol.com

A Study on the Operation Algorithm of Energy Harvesting Device in PV Array system

Dong-Myoung Park*, Soo-Yong Lee*, Jin-Teak Jeon*, So-Yeon Hwang*, Dae-Seok Rho*

*Korea University of Technology and Education

요약

최근, 정부의 석탄발전소 감축 및 탄소 중립 정책에 따라 전력수급 문제를 해결하고자 그린 에너지원로의 전환정책이 지속적으로 추진되고 있다. 이에 따라 태양광 모듈 설치 시 주변의 일조량 및 운용 환경을 고려하여 설치하고 있지만, 식목의 위치 및 운용 환경의 변화로 특정 시간대의 음영이 발생할 수 있다. 이러한 운용 조건으로 인하여, 인버터 운전개시 전압보다 태양광 스트링의 전압이 낮을 경우 인버터는 대기 모드로 전환되며, 운전개시 전압을 만족하면 정상적인 운전을 수행한다. 따라서, 본 논문에서는 30kW급 태양광전원의 1일 전압 및 전류, 일사량 데이터를 바탕으로, 인버터 운전개시 전압보다 낮은 경우, 태양광 어레이의 에너지를 배터리에 저장하는 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치의 운용 알고리즘을 제시하고, DC/DC 컨버터와 컨트롤러, 배터리로 구성된 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치를 제안한다. 상기의 알고리즘을 바탕으로 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치를 도입하면, 데이터로거 및 PLC와 같은 별도의 설비를 추가하지 않으므로 운용비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근, 정부의 석탄발전소 감축 및 탈 원전 정책에 따라 전력수급 문제를 해결하고자 그린 에너지원로의 전환정책이 지속적으로 추진하고 있다. 이에 따라 태양광 모듈 설치 시 주변의 일조량 및 주변에서 발생할 수 있는 음영을 고려하여 설치하고 있지만, 식목의 변화 및 환경의 변화로 특정 시간대 음영이 발생할 수 있다. 이러한 음영으로 인하여 인버터 운전개시 전압보다 발전 전압이 낮을 경우, 인버터는 발전을 정지하고 대기 모드를 유지하며, 운전개시 전압을 만족하면 발전을 수행한다. 이에, 3.5kW 태양광 인버터의 운전개시 전압인 160[V]를 기준으로, STC(standard test condition) 조건에서 4장 이상이 필요하고, NMOP(nominal module operating temperature) 조건에서 5장 이상이어야 함을 알 수 있다. 또한, 30kW 태양광 인버터의 운전개시 전압인 450[V]를 기준으로, STC 조건에서 11장 이상이 필요하고, NMOP 조건에서 12장 이상이어야 함을 알 수 있다. 이는, 태양광 인버터의 운전개시 전압보다 낮을 경우 모듈 스트링의 전체 에너지를 손실하게 되므로, 손실을 줄이기 위하여 다양한 방안이 연구되어 지고 있으며, 회로변경 및 배터리를 이용하여 에너지 손실

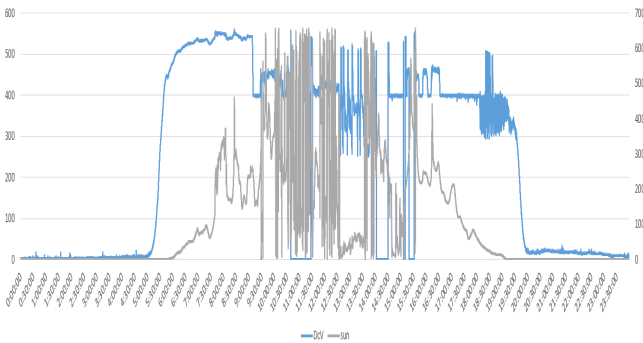
을 최소화 하는 장치가 개발되었다[1]. 그러나, 회로변경을 위하여 데이터로거, PLC, 릴레이등의 계측 및 제어장치가 필요하고, 이러한 장치는 선로의 저항을 증가시켜, 발전량을 손실을 야기하고 있는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 30kW급 태양광전원의 1일 전압 및 전류, 일사량 데이터를 바탕으로, 인버터 운전개시 전압보다 낮은 경우, 태양광 어레이의 에너지를 배터리에 저장하는 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치의 운용 알고리즘을 제안한다. 또한, 본 논문에서 제안한 DC/DC converter 와 컨트롤러로 구성된 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치는 태양광 인버터의 기본 데이터를 사용하여, 데이터로거 및 PLC와 같은 별도의 설비를 추가하지 않고, 최소의 설비로 운용할 수 있어, 유지보수 비용을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

2. 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치의 설계

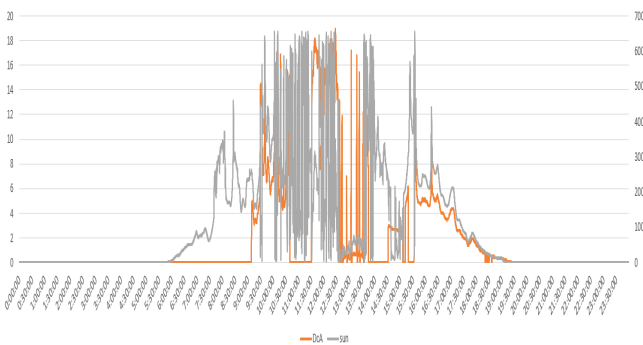
2.1 태양광 모듈 특성 분석

일반적으로 태양광 모듈 설치 시 주변의 일조량 및 주변에서 발생할 수 있는 음영을 고려하여 설치하고 있다. 하지만,

식목의 변화 및 환경의 변화로 특정 시간대 음영이 발생할 수 있으며, 이러한 음영으로 인하여 인버터 운전시작 전압보다 발전 전압이 낮을 경우 인버터는 발전을 정지하고 대기 모드를 유지하며, 운전개시 전압을 만족하였을 경우 발전을 수행한다. 그림 1은 24시간 태양광 인버터의 전압과 전류, 일사량을 측정된 데이터이다. 그림 1의 (a)와 같이 11시부터 12시까지 발생한 음영에 의하여 전압이 감소하였으며, 그림 1의 (b)에서도 동일 시간에 전류가 감소함을 확인할 수 있다. 또한, 동일 시간의 일사량이 측정되었음에도, 인버터의 운전개시 전압보다 낮아 인버터의 발전이 정지됨을 확인하였다. 따라서, 인버터의 운전개시 전압보다 낮은 전압에서 배터리를 사용하여 운전개시 전압보다 높게 유지하면, 손실되는 에너지를 줄일 수 있으며, 배터리를 투입하고도 운전개시 전압보다 낮을 경우, 정상 모듈의 에너지를 배터리에 저장하는 에너지 하베스팅 장치를 구성할 수 있다.



(a) 음영에 의한 전압/일사량 특성



(b) 음영에 의한 전류/일사량 특성
[그림 1] 일사량 변화에 의한 모듈 특성

2.2 에너지 하베스팅 장치의 동작 설계

3.5kW 태양광 인버터는 V_{mp} 기준 160[V] 임으로, STC 기준으로 4장 이상이고, NMOP 기준으로 5장 이상이어야 한다. 또한, 30kW 태양광 인버터는 V_{mp} 기준 450[V] 임으로, STC 기준으로 11장 이상이고, NMOP 기준으로 12장 이상이어야 한다.

[표 1] "L"사 400W급 모듈의 전기적 특성

	STC	MMOT
Maximim Power	415[W]	311[W]
MPP Voltage(V_{mp})	41.80[V]	39.20[V]
MPP Current(I_{mp})	9.94[A]	7.95[A]
Open Circuit Voltage(V_{oc})	49.60[V]	46.8[V]
Short Circuit Current(I_{sc})	10.59[A]	8.50[A]

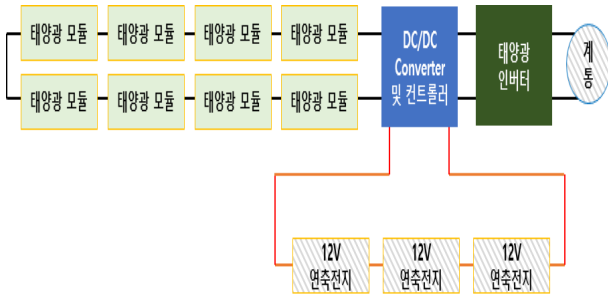
[표 2] "D"사 태양광 인버터의 전기적 특성

	30kW	3.5kW
동작범위[V]	280 - 980	100 - 500
운전개시 전압[V]	450	160
Full MPPT 범위[V]	480 - 800	200 - 400
정격전압[V]	630	370
개방전압[V]	1,000	500
최대전류[A]	30	18
입력단	9	2
MPPT 제어	3	1

따라서, 전력 유지용 배터리가 스트링별 1개일 경우, 3.5kW 용은 배터리를 투입한 상태에서 160[V] 미만에서 동작하여야 하므로, STC 기준 125.4[V] 미만이고, NMOP 기준 156.8[V] 미만에서 충전되어야 한다. 또한, 전력 유지용 배터리가 스트링별 2개일 경우, STC 기준 83.6[V] 미만이고, NMOP 기준 117.6[V] 미만에서 충전되어야 한다.

2.3 에너지 하베스팅 장치의 구성

태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치는 그림 2와 같이 태양광 인버터의 통신 데이터는 계통전압(V_{ac})과 전류(I_{ac}), 주파수, 계통 공급전력(kW_{ac}), 태양광 전압(V_{dc}), 태양광 전류(I_{dc}), 태양광 전력(kW_{dc})를 제공함으로, 태양광 전압이 운전시작 전압보다 낮을 경우 배터리를 방전하고, 방전 모드에서 운전시작 전압보다 낮을 경우 충전 모드로 전환한다.



[그림 2] 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치 계통도

3. 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치의 운용 알고리즘

에너지 하베스팅 장치의 운용 알고리즘을 나타내면 다음과 같다.

[Step 1] 인버터의 운전개시 전압(SR_V), 인버터의 Full MPPT 전압(FM_V), 배터리 수(BS_No_max)를 입력한다.

[Step 2] 인버터의 DC 입력 전압을 측정(arr_MS_V)하여, 인버터의 운전개시 전압보다 작으면 [Step 3]로 이동하고, 투입 가능한 배터리가 없으면 [Step 4]로 이동하며, 인버터의 운전개시 전압보다 크면 [Step 5]로 이동한다.

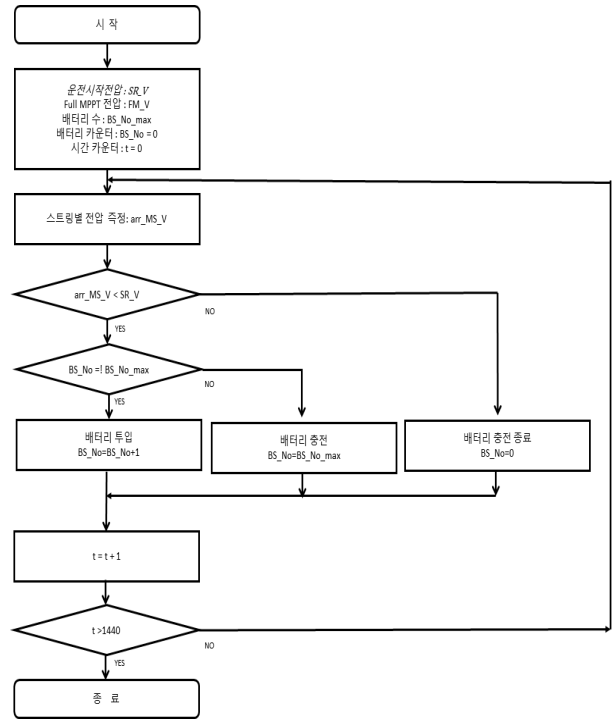
[Step 3] 배터리 카운터(BS_No)와 배터리 수(BS_No_max)가 같지 않으면 배터리를 투입하고, 배터리 카운트를 증가하고 [Step 6]으로 이동한다.

[Step 4] 배터리 카운터와 배터리 수가 같으면 배터리 충전 모드로 변경하고, 배터리 카운터를 배터리 수로 변경하고 [Step 6]으로 이동한다.

[Step 5] 배터리 충전 모드를 종료하고 배터리 카운터를 초기화하여 [Step 6]으로 이동한다.

[Step 6] 시간 카운터를 증가시키고, 시간 카운터가 max 보다 작으면 [Step 2]로 돌아가 반복하고, max 보다 크면 종료한다.

상기의 알고리즘을 플로우차트로 나타내면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.



[그림 3] 태양광 어레이용 에너지하베스팅 장치의 운용 알고리즘

4. 결 론

본 논문에서는 30kW급 태양광전원의 1일 전압 및 전류, 일사량 데이터를 바탕으로, 인버터 운전개시 전압보다 낮은 경우, 태양광 어레이의 에너지를 배터리에 저장하는 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치의 운용 알고리즘을 제시하고, DC/DC 컨버터와 컨트롤러, 배터리로 구성된 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치를 제안한다. 상기의 알고리즘을 바탕으로 태양광 어레이용 에너지 하베스팅 장치를 도입하면, 데이터로거 및 PLC와 같은 별도의 설비를 추가하지 않으므로 운용비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 박동명, “태양광 회로구성 및 리튬이온 전지를 이용한 태양광전원 효율향상장치 개발”, 중소기업기술혁신개발사업, 2020.07.15. ~ 2022.07.16..
- [2] 박동명, “회로 변경 및 배터리를 이용한 태양광 전원용 에너지 하베스팅 장치의 설계에 관한 연구”, 산학기술학회 논문지, pp. 580-589, 5월, 2022년.