

단상 PV-배터리에너지저장시스템의 출력전류 오프셋 보상기법

주재연, 서현욱, 조영훈, 최규하
 건국대학교 전력전자연구소

Offset Compensation Method of Output Current in Single Phase PV-Battery Energy Storage System

Jae Yeon Ju, H.U. Seo, Y.H. Cho, G.H. Choe
 Power Electronic Lab. Konkuk. Univ.

ABSTRACT

In this paper, it suggests offset compensation method of output current in single phase PV BES system which is connected with grid. The algorithm applied removes grid's frequency ingredient using a notch filter and it extracts only DC offset current. It can reduce problems as saturation of power transformer cause by DC current when it is indoctrinated to grid.

1. 서론

전력수요의 지속적인 증가로 인한 지역적 정전사태의 발생으로 인해 예비전력의 확보는 더욱 중요시되고 있다. 특히 부하 사용량이 적은 시간대의 전력을 배터리에 저장하였다가 피크부하 시에 사용하는 배터리에너지저장시스템은 비상 시 전력수급을 통해 전력계통의 안정성을 높이는 방법으로 각광받고 있다. 이에 태양을 에너지원으로 사용하여 에너지 고갈의 우려가 없는 태양광발전을 접목시켜 계통과 연계하여 사용하면 기존의 배터리에너지저장시스템보다 더 효율적인 전력 사용을 기대할 수 있다.

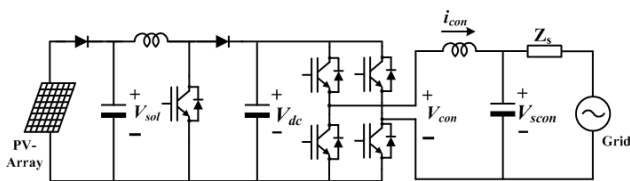


그림 1 태양광발전과 연계된 계통연계형 인버터
 Fig. 1 Grid Connected Inverter with PV System

태양광발전과 연계된 인버터의 구조를 간략화하면 그림 1과 같다. 이 때, 태양광발전의 출력전류와 배터리가 발전하는 전류는 직류이므로 이를 계통과 연계하기 위하여 인버터를 사용한다. 이 과정에서 인버터의 출력전압을 계통의 기본파 성분인 220V, 60Hz로 제어하기 위해 전류센서를 이용하게 되는데, 이 때 검출 회로와 전류 센서의 비이상적인 특성에 의하여 직류 오프셋 값이 제어기에 유입될 수 있고, 그로 인하여 직류 성분의 전류가 계통에 주입될 수 있다. 이러한 직류성분이 교류인 계통에 지속적으로 주입되면 전력용 변압기의 포화 등의 문제

가 발생한다.

본 논문에서는 전류센서로 인해 발생하는 출력전류의 오프셋을 보상하는 알고리즘을 제안하여 계통에 전류를 주입할 시 직류전류로 인해 발생하는 문제점을 보완하고자 한다.^[1]

2. 전류오프셋 보상 알고리즘 제안

2.1 기존 시스템의 제어 알고리즘^[2]

계통연계형 인버터의 제어를 위한 기존 제어기의 알고리즘은 그림 2와 같다. 인버터는 부스트컨버터를 통해 승압된 태양광발전의 출력전류를 계통과 연계시킨다. 동시에 DC link와 배터리를 연결시켜 잉여전력을 배터리에 저장하는 역할을 수행한다. 이들 직류성분을 교류인 계통과 연계하기 위해 PLL(Phase Locked Loop)제어를 이용하여 교류성분의 위상과 크기를 고려한 후, 출력전류의 지령치를 생성한다. 이 때 전류를 제어하기 위해 인버터의 출력단자에 전류센서를 사용하여 전류의 값 i_{con} 을 측정한다. 이 과정에서 측정된 전류에 직류성분인 출력전류 오프셋 i_{off} 가 더해지게 된다.

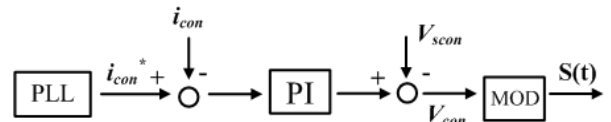


그림 2 계통연계형 인버터의 제어 알고리즘
 Fig.2 Control Algorithm of Grid Connected Inverter

2.2 출력전류 오프셋 보상 알고리즘

그림 3은 제안하는 출력전류 오프셋 보상 알고리즘의 제어 선도를 나타낸다.

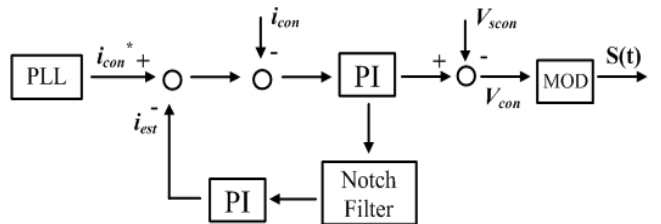


그림 3 전류오프셋 보상 알고리즘이 추가된 제어기
 Fig.3 Controller with Current Offset Compensation Algorithm

제안하는 알고리즘은 실제 출력전류에 오프셋 성분이 존재 하지만 제어기에서는 순수한 교류로만 검출될 경우 제어기의 출력전압 지령에 직류성분이 발생한다는 원리를 이용하여 전류의 오프셋 정보를 PI제어기를 거쳐서 나온 전류 출력단, 즉 듀티의 지령값에서 추정한다. 오프셋 성분을 제거하기 위하여 PI 제어기를 거쳐서 나온 값을 노치필터에 입력시킨다. 일반적으로 노치필터의 전달함수는 식 (1)과 같다.

$$G_{nf}(s) = \frac{s^2 + 2\frac{d}{c}\omega_0 s - \omega_r}{s^2 + 2\frac{1}{c}\omega_0 s + \omega_r}$$

$$(0 < \frac{d}{c}, \frac{1}{c} < 1, \frac{d}{c} < \frac{1}{c}) \quad (1)$$

위 식에서 c 와 d 는 감쇠 계수이며, ω_0 는 노치필터의 차단 주파수를 의미하므로 계통 주파수와 동일하게 60Hz로 설정한다. 이후 출력된 값은 노치필터의 비선형적 요소를 보완하기 위하여 추가적으로 PI제어기를 통과한 후 추정된 전류 오프셋 보상값인 i_{est} 로 출력된다. 이 값을 PLL제어기를 통과하여 출력되는 전류 레퍼런스 값인 i_{con}^* 의 입력단 뒤에서 제거하는 과정을 기존의 제어기에 추가함으로써 전류의 오프셋 성분을 보상하게 된다.

3. 실험결과

그림 4는 기존의 알고리즘을 사용하여 출력전류에 오프셋이 발생했음에도 이를 보상하지 않았을 때의 출력전류 i_{con} 의 파형을 나타낸다. 1A의 오프셋 성분이 발생했음에도 불구하고, 기존의 제어기가 이를 검출하지 못해, 오프셋 성분이 그대로 출력되는 것을 확인할 수 있다.

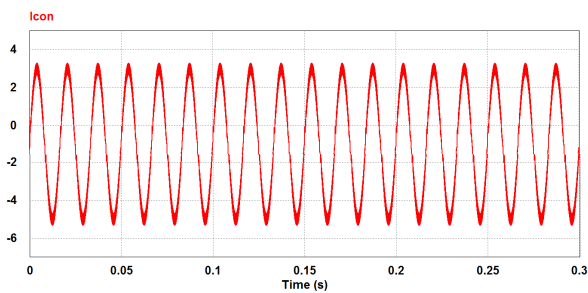


그림 4 오프셋 전류가 제거되지 않은 출력전류 파형
Fig.4 Waveform of Output Current with Offset Current

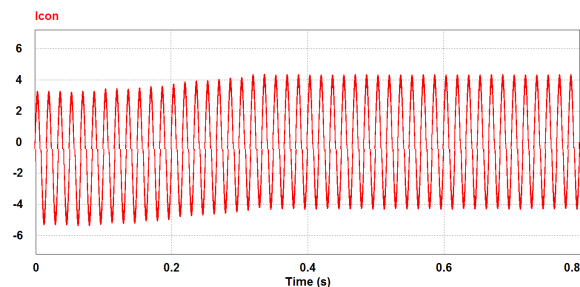


그림 5 출력전류 오프셋 보상 알고리즘이 적용된 출력전류 파형
Fig.5 Output Current Applied Output Current Compensation Algorithm

그림 5는 제안한 알고리즘을 적용하여 출력전류에 1A의 오프셋 성분이 인가되었을 때, 이를 보상하여 출력된 출력전류 i_{con} 의 파형을 나타낸다. 출력전류 오프셋 보상 알고리즘은 0.05초에서 동작하였으며, 이를 통해 오프셋 성분이 보상되는 과정을 관찰할 수 있다. 이 때, 노치필터를 거치면서 60Hz 성분이 제거되어 출력되는 출력전류의 오프셋 성분인 i_{est} 는 그림 6와 같이 나타난다. 이를 통해 인가된 1A의 오프셋 성분이 추정되는 것을 확인할 수 있다.

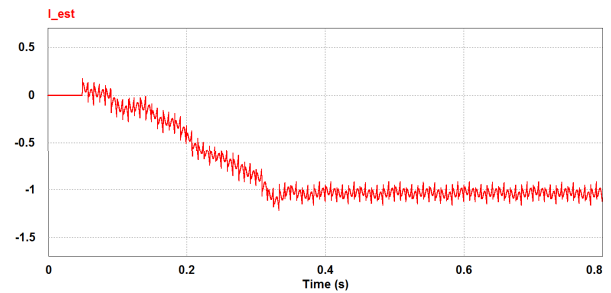


그림 6 출력전류 오프셋 보상 알고리즘을 통해 제거된 오프셋 전류
Fig.6 Offset Current Eliminated by Output Current Compensation Algorithm

4. 결론

본 논문은 기존의 아날로그 제어기에서 출력전류에 오프셋 성분이 추가되었을 때, 노치필터를 이용하여 출력전류의 오프셋 성분을 보상하는 알고리즘을 제안하였다. 실험결과 출력전류에 추가되는 오프셋 성분이 제안된 알고리즘을 통해 추출되어 제거되는 것을 확인할 수 있었다.

그러나 전류의 리플 성분이 출력된 전류의 오프셋 성분에도 그대로 반영되어 추정된 출력전류의 오프셋 성분에도 동일하게 리플이 반영되는 것을 확인할 수 있었다. 추후 디지털 제어기나 다른 필터를 이용하여 전류의 리플 성분을 제거할 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 추가로 진행될 것이다. 또한 단상 계통뿐만 아니라 다상 부하에 인가되는 전류의 오프셋 성분 보상에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다.

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공동 기술개발사업(No.C0041237)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- [1] Younghoon Cho, Thomas LaBella, and Jih Sheng Lai. "A three phase current reconstruction strategy with online current offset compensation using a single current sensor." IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol 59(7) (2012): p.2924-2933.
- [2] 한동화 외, "피크컷 기능을 가지는 태양광 시스템의 동작 및 모니터링", 전력전자학회 2012년도 전력전자학술대회논문집, 2012, 7, p.120-121