

저비용 및 고신뢰성이 가능한 순차전압제어 태양광 ESS 시스템에 관한 연구

오지용¹⁾, 이종현¹⁾, 김구용¹⁾, 김해준²⁾, 박동한³⁾, 원재선⁴⁾, 김종해¹⁾

¹⁾대구가톨릭대학교, ²⁾SL, ³⁾영남대학교, ⁴⁾삼성전기

A Study on PV-ESS System with sequential voltage control capable of low cost and high reliability

Ji-Yong Oh¹⁾, Jong-Hyeon Lee¹⁾, Ku-Yong Kim¹⁾, Hae-Jun Kim²⁾, Dong-Han Park³⁾,

Jae-Sun Won⁴⁾, Jong-Hae Kim¹⁾

¹⁾Daegu Catholic University, ²⁾SL Corporation, ³⁾Yeungnam University, ⁴⁾Samsung Electro-Mechanics

ABSTRACT

본 논문에서는 OR게이트를 적용한 순차전압제어방식의 24V 태양광 단위 모듈 확장형 태양광-ESS 시스템을 나타내고 있다. 저압연계방식으로 용량확대에 따른 문제점을 가지고 있었던 기존 태양광 시스템에 고압의 아날로그 방식의 순차전압제어 방식을 적용함으로써 고효율, 저가격이 가능하다. 본 논문은 기존 24V 태양광 단위 모듈의 직렬연결 확장형 고압 배터리의 출력전압 384V를 DC-AC 인버터의 입력 전압으로 하여 인버터의 출력 전압과 출력 전력을 AC380[V]@60[Hz]과 10kW로 구성하여 실험을 통해 OR게이트를 적용한 순차전압제어시스템의 동작 특성을 확인하였다.

근 전기관련 산업 및 다양한 제품군의 발달로 전력수요가 증가함에 따라 Off-Grid지역을 중심으로 ESS를 활용한 Off-Grid, Hybrid type에 대한 수요도 증가 하고 있다.^[1,2]

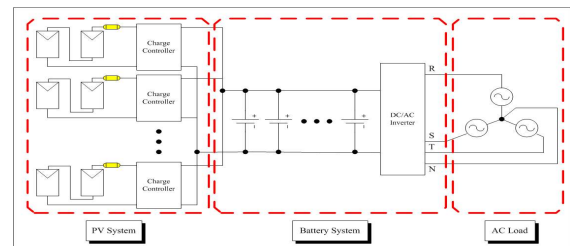
기존 Off-Grid와 Hybrid 태양광 시스템의 DC전압은 주로 24, 48V의 저압을 사용한다. 저압 방식을 채택하고 있는 기존 태양광 시스템의 경우, 고압 방식을 채택하고 있는 태양광 시스템에 비해 많은 입력 전류가 흐른다. 도선에 흐르는 전류량이 증가함에 따라, 인버터 전단에 연결되는 DC케이블의 굵기와 부스바의 단면적이 증가하고, 케이블의 곡률을 고려했을 때, 케이블이 차지하는 공간이 커지므로 공사비용과 자체비용이 증가하게 되어 가격적인 측면에 불리하다. 따라서 기존의 저압 입력 방식의 Off-Grid와 Hybrid 태양광 시스템으로는 시장진입에 한계가 있으며, 이를 해소하기 위해서는 다양한 부하에 응용할 수 있고, 시스템 비용을 축소할 수 있는 기존과는 다른 시스템의 구성이 필요하다.^[1]

본 논문에서는 기존의 태양광 발전시스템에의 저압연계병렬방식으로 용량확대에 따른 전류량 증가에 대한 문제점을 가지고 있었던 기존 방식으로부터, 고압의 아날로그 방식의 OR게이트를 적용한 순차전압제어시스템을 통해 고효율, 저가격이 가능한 고압연계방식의 태양광-ESS시스템을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 기존 off-grid 태양광 시스템

기존 Off-Grid와 Hybrid 태양광 시스템은 대부분 10kW 이내의 소규모 시스템을 주로 사용하기 때문에 주로 24, 48V의 저압 시스템방식이 사용된다. 그림 1은 기존 독립형 태양광 발전 시스템 구성도를 나타내고 있으며, 부하의 사용용량과 부조일수에 따라, 시스템을 병렬로 연결하여 사용한다. 저압을 병렬로 사용하여 용량을 확대하였으므로 전류량이 증가하며, 이에 따라 소자들의 사양이 커지고, 동판의 면적이 넓어지는 등 전반적으로 구성기기의 크기가 증가하므로, 사용 가능한 저압용 인버터의 출력에 한계가 있다.



	DC cable current[A]			
	24V	48V	192V	384V
1kW	41.7	20.8	5.2	2.6
3kW	125	62.5	15.6	7.8
5kW	208.3	104.2	26	13
7kW	291.7	145.8	36.5	18.2
10kW	416.7	208.4	52.1	26

표 1은 기존 시스템의 용량과 배터리 사용전압에 따른 인버터 입력전류를 나타낸 것이다. 예를 들어 기존 출력 3kW의 태양광 시스템의 용량을 10kW로 확장 시, 기존의 방식대로 시스템을 병렬방식으로 연결하여 용량을 증가시킨다면, 3kW일 때 인버터에 공급되는 전류량보다 10kW일 때의 전류량이 약 3.3배 많으므로, 배터리 전선의 굵기도 증가할 수밖에 없다. 이러한 두꺼운 케이블은 비용을 증가시킬 뿐만 아니라 포설을 위한 많은 공간을 차지하며, 대전류를 컨트롤하기 위한 전력용 반도체 및 시스템 구성기기의 전체적인 크기를 증가시킨다. 그

리므로 모듈을 병렬이 아닌 직렬로 확장하여 고전압으로 확장 시, 배터리 사용전압이 증가하는 만큼 인버터에 인가되는 전류를 줄일 수 있다.

2.2 OR게이트를 적용한 순차전압제어방식

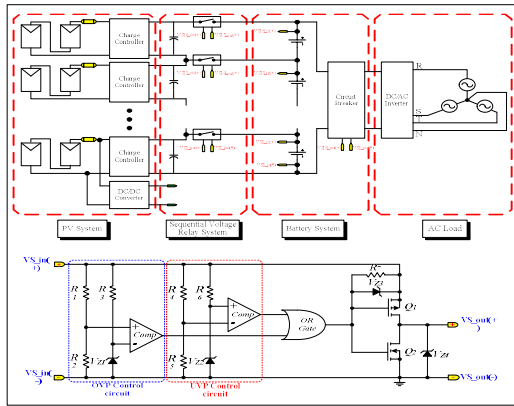
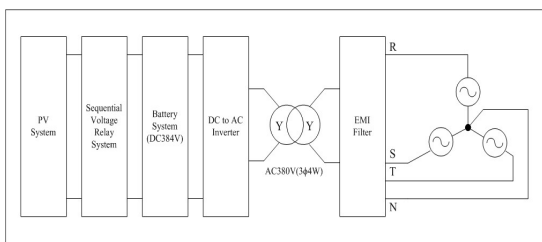


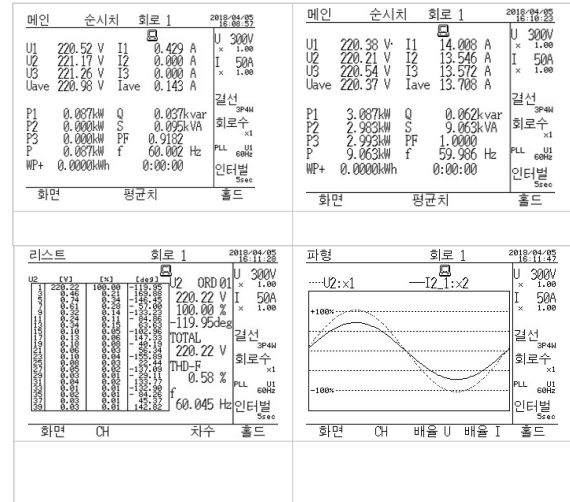
그림 2은 OR게이트를 적용한 OVP/UVP 제어와 순차전압 제어방식의 태양광 ESS 시스템의 전체 구성도를 나타내고 있다. 그림 2에서 직렬로 연결된 시스템 모듈을 컨트롤하기 위해 24V로 구성된 각 모듈에서 컨트롤러와 배터리 사이에 릴레이가 구성되어 있다. 그림 2의 OR게이트를 적용한 OVP/UVP회로는 배터리 전압상태에 따라 릴레이의 On/Off 를 통해 컨트롤러와 배터리를 물리적으로 분리하여 시스템을 보호하기 위함이다. 그러므로 각 모듈의 제어를 위한 비교기와 OR게이트가 해당 시스템에 포함되어 있으며, 배터리에 이상 전압이 검출되었을 때, 릴레이에 신호를 차단하여 시스템을 분리시킨다. 해당 시스템을 직렬로 확장 시, 직렬로 확장한 시스템 모듈의 개수만큼 제어 회로와 릴레이가 사용되며 배터리 이상 발생 시 인버터와 배터리를 분리하여 추가방전을 막기 위해 인버터와 배터리 사이에도 릴레이가 추가된다.

3. 실험결과



본 논문에서는 순차전압제어시스템을 적용한 고압 태양광 ESS시스템의 성능 평가를 위하여 24V 태양광 ESS 모듈을 직렬 확장시켜 384V의 전압을 가지는 태양광 ESS 시스템으로 그림 3과 같이 구성하였다. 총 시스템의 용량은 10kW로 구성하였으며, 384V 10kW 인버터 1대와 12V 250Ah 배터리 2개,

500W 컨트롤러 1개의 24V 시스템 모듈을 총 16개 직렬로 확장하여 인버터와 연결하였다. 또한, 전원과 부하에서 발생한 고장 전류가 전원 또는 부하에 영향을 가하지 않도록 절연 변압기를 사용하였다. 그림 4는 순차전압제어시스템을 적용한 10kW 고압 태양광 ESS시스템의 2차측 각 상 전압 출력단 부하가 경부하 및 전부하 시의 출력전력, 역률 및 출력 전압 특성, 전압 및 전류 파형을 나타내고 있다. 그림 4에서 알 수 있듯이, 무부하 시 220V@60Hz, 전부하 시 220V@59.9Hz이며, 왜형률은 0.58%로 나타났다.



4. 결론

본 논문에서는 OR게이트를 적용한 순차전압제어방식의 24V 저압 태양광 단위 모듈 직렬연결 확장형 고압 태양광-ESS 시스템을 나타내었다. 기존의 태양광 발전 시스템에 저압연계방식으로 용량확대에 따른 문제점을 가지고 있었던 기존 방식으로부터 고압의 아날로그 방식의 순차전압제어시스템을 통해 고효율, 저가격이 가능함을 알 수 있었다. 본 논문은 기존 24V 태양광 단위 모듈의 직렬연결 확장형 고압 배터리의 출력전압 384V를 DC-AC 인버터의 입력 전압으로 하여 인버터의 출력 전압과 출력 전력을 AC380[V]@60[Hz]과 10kW로 구성하여 실험을 통해 순차전압제어시스템의 동작 특성을 확인하였다.

본 연구는 2019년도 산업통상자원부의 재원으로 한국 에너지기술연구원(KETEP)의 에너지인력양성사업으로 지원받아 수행한 인력양성 성과입니다. (No.20194010201760)

참고 문헌

- [1] Hee-sang Shin, Jae-Sun Hue, Sang-Yun Yun "A Study on Sizing of Battery for Effective Operation of Stand-alone Renewable Generation System", The transaction of the Korean institute of electrical engineers p 67p(1), 15-20 (6 pages), 2018.3
- [2] Jongmin Jo, Hyunsung An, Jichan Kim, Hanju Cha "Control and Operating Modes of Battery Energy Storage System for a Stand-Alone Micro-grid with Diesel Generator", The transaction of the Korean institute of electrical engineers 23(2), 86-93 (8 Pages), 2018.4