

직류배전 연계형 에너지 관리를 위한 태양광 제어 시스템 설계

정중윤, 송성근, 안정훈[†]
한국전자기술연구원

Design of PV Control System for DC Distribution-Linked Energy Management

Jong-Yun Jeong, Sung-Geun Song, and Jung-Hoon Ahn[†]
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

최근 환경오염을 막기 위하여 신재생에너지의 일환으로 태양광 발전이 매년 증가하고 있지만, 국내 한정된 설치 장소로 인해 산림을 훼손하며 무분별한 설치로 환경오염을 발생시키고 있는 실정이다^[1]. 따라서 부족한 설치 장소를 해결하고자 다양한 장소의 공간을 활용한 태양광 설치에 대한 연구가 진행되고 있으며 이와 연계하기 위한 직류배전에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^[2]. 본 논문에서는 직류배전이 연계된 태양광을 기반으로 계통에서 받는 전력을 최소화 하기 위한 제어 시스템 설계를 수행하였다. 해당 제어 시스템은 효율적인 에너지 관리를 위한 알고리즘을 추가하였고 축소 모의장치를 제작하여 그 성능을 검증하였다.

1. 서론

최근 탄소배출을 줄여 환경오염을 막기 위하여 신재생에너지의 설치가 증가하고 있다. 그 중 직류배전을 활용한 태양광 설치에 대한 관심이 증가하고 있다. 그로 인한 문제점으로 태양광의 설치는 급격히 증가하지만 발전되는 전력을 전송하는 배전선로의 선로 용량 증설이 불가한 경우가 발생하고 있다. 따라서 선로용량을 초과하는 발전량에 대한 문제점을 해결하기 위한 방안이 필요한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 태양광 발전량과 기존 및 신규 부하를 제어하는 제어 및 모니터링이 가능한 시스템의 설계를 제안하였다. 해당 시스템은 기존부하와 신규로 설치되는 부하 전력 사용량을 실시간으로 측정하고 태양광 발전량과 연계되어 신규부하를 제어하는 방식으로 동작하도록 하였다. 또한 축소 모의장치를 제작하여 그 성능을 검증하였다.

2. 기존 태양광 시스템 구성

그림 1과 같이 기존 태양광 시스템의 구성은 태양광 시스템이 설치되고 해당 발전원의 발전량과 인버터의 상태만 확인하는 용도로 사용되고 있다. 따라서, 발전량에 대한 제어가 없는 기존의 모니터링 시스템은 태양광 발전의 발전량과 인버터 동작 상태만 확인하는 용도로 사용되기 때문에 같은 선로에 있는 부하의 상태와는 무관하게 동작한다. 따라서, 기존 부하의 소모량을 초과하는 발전량은 계통으로 역송되어 무의미하게 버려지

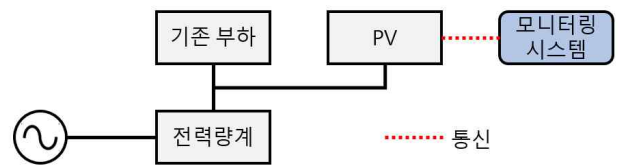


그림 1 기존 태양광 시스템 구성도
Fig. 1 Configuration diagram of the existing PV system

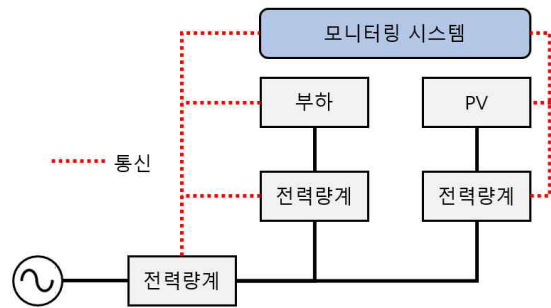


그림 2 제안하는 태양광 시스템 구성도
Fig. 2 Proposed PV System Configuration Diagram

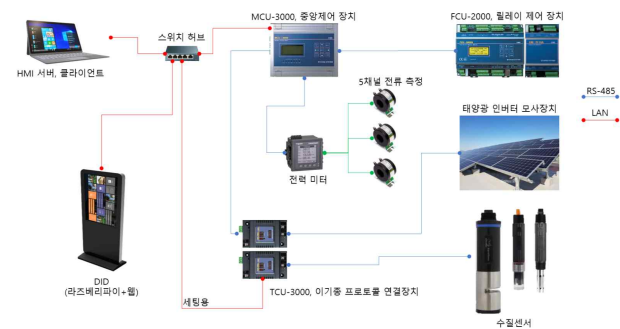


그림 3 태양광 시스템 전체 구성도
Fig. 3 Complete PV System Configuration Diagram

게 되거나 역송을 막기위해 인버터를 정지시키기도 한다. 따라서 본 논문에서는 신규 태양광 설치로 증가하는 발전량을 효율적으로 사용하기 위한 제어 시스템의 설계를 제안하였다. 위와 같은 제어 시스템은 태양광 발전량을 내부적으로 소모시키기 위한 에너지 관리를 가능하도록 그림 2와 같은 구성을 가진다.

해당 시스템은 태양광 인버터와 부하에 실시간 모니터링이 가능한 전력량계를 추가하고 실시간 부하의 전력량 계측을 통해 태양광 발전량을 조절하는 제어 역할을 수행한다. 해당 기능 통해서 태양광 발전량의 실시간 제어가 가능해지고, 추가되는 부하를 제어하여 계통에서 오는 전력을 최소화하는 기능을 수행하게 된다.

3. 초과 태양광 발전량 관리 제어 시스템

태양광 전원 추가 되더라도 인버터 정지 없이 효율적인 에너지 사용을 위한 종합 관리 제어 시스템을 그림 3과 같이 설계하였다. 구성으로는 HMI 서버, 중앙제어장치, 태양광 인버터 모사장치, 수집센서 등으로 이루어진다. HMI 서버는 PC를 통해 사용자가 쉽게 확인이 가능하고 수동 지령을 내릴 수 있도록 하였으며, 웹을 통해 원격으로도 현재 상태를 실시간으로 확인 가능하도록 하였다. 중앙제어장치는 태양광 인버터 모사장치, 전력량계, 수집센서 등 전체 시스템의 통신을 받아 HMI 서버로 전송하도록 하였다.

또한 부하 관리를 수행하기 위한 알고리즘을 적용하여 태양광 발전량과 부하 사용량을 비교하여 계통으로부터 받는 전력을 최소화하고 효율적인 에너지 사용을 가능하게 하는 기능을 수행한다. 축소 모의 장치의 상세 하드웨어 구성은 메인 컨트롤러 MCU-3000으로 연계되는 모든 기기와 RS-485, TCP/IP 통신을 통해 데이터를 받아 자체 프로그램을 활용하여 주변기기를 제어하는 역할을 수행한다.

FCU-2000은 DIO 포트를 활용하여 부하를 ON/OFF하는 역할을 수행한다. 부하는 전동 부하를 대신할 할로겐 램프, 일반 전열 부하를 모사하기 위한 저항 그리고, 모터 부하를 모의하는 펌프로 구성하였다. 모든 부하는 전력량계와 연동되어 있으며, 해당 데이터는 MCU-3000에서 통신으로 받도록 구성하였다. 해당 시스템에서는 기존부하와 신규부하 사이의 사용량을 전력량계를 확인하고 태양광 발전량에 맞추어 부하를 조정하는 알고리즘을 적용하였다.

알고리즘은 그림 5와 같이 제어블럭 형태로 구성되어 있으며, 하드웨어에서 제공하는 소프트웨어를 활용하여 제작하였다. MCU-3000으로부터 제어되는 데이터는 그림 6과 같이 모니터링 프로그램에 통신으로 데이터를 전송하고 모니터링 화면에서 태양광 발전량에 따른 부하의 제어 상태를 확인 할 수 있다. 위와 같은 구성을 통해 그림 7과 같이 직류배전과 연계 가능한 태양광 기반 축소 모의 제어시스템을 제작하였고, 제어블럭을 통해 발전량과 부하 소비량 제어가 정상적으로 이루어짐을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 신규 태양광 설치로 증가하는 발전량을 효율적으로 사용하기 위한 제어 시스템의 설계를 제안하였다. 직류 배전 연계 태양광 기반 축소 모의 제어시스템을 제작하였고, 실제 시스템과 유사한 구성을 통해 태양광 발전량과 부하의 소비량을 제어하여 효율적인 부하 컨트롤이 가능함을 확인하였다.

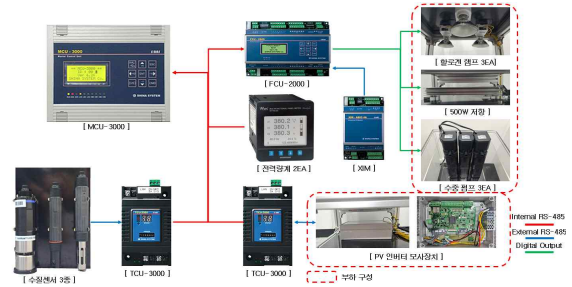


그림 4 태양광 시스템 하드웨어 및 통신 구성도
Fig. 4 PV System Hardware and Communication Configuration Diagram

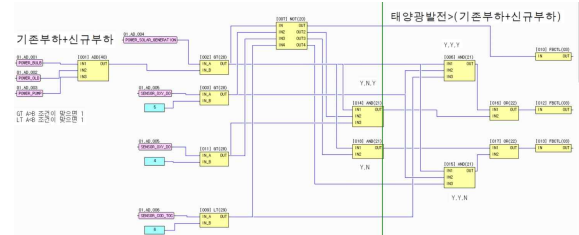


그림 5 제어블럭
Fig. 5 Function Block



그림 6 모니터링 화면 구성
Fig. 6 Monitoring System Configuration



그림 7 직류배전 연계 태양광 기반 축소 모의 제어시스템
Fig. 7 Reduced-scale simulation control system based on DC distribution-linked PV

이 논문은 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2022550000120)

- [1] 산업통상자원부, “재생에너지 3020 이행계획(안)”
- [2] 박철우, 백종복, 서갑수, 배현수, 조보형, (2010). 가정용 직류배전 시스템의 전력사용 시나리오 구성에 대한 연구. 전력전자학회 학술대회 논문집