

## 70. 원격 다중 제어가 가능한 독립형 태양광 발전 시스템제어기 개발에 관한 연구

기관시스템공학과 곽준호  
지도교수 오진석

최근 화석연료 고갈로 인한 문제가 크게 대두되고 있으며, 97% 이상의 에너지를 수입해 쓰는 한국으로서는 매우 심각하게 다루어야 할 문제이다. 유럽과 미국 등지에서는 이러한 에너지 고갈의 문제를 자연에너지로부터 해결하려고 노력하고 있다. 유럽에서는 덴마크, 독일, 스페인, 네덜란드를 중심으로 풍력발전이 급속히 증가하고 있고, 태양에너지, 바이오매스, 지열에 대한 관심과 이용도 크게 늘어나고 있다. 독일 정부에서는 '10만 태양지붕 프로그램'이라는 제도를 도입하여 태양광 에너지 발전을 지원하고 있으며 미국은 태양광 에너지 이용을 활성화하기 위하여 '100만 지붕 프로그램'을 세워 이를 추진하고 있다. 이러한 시대의 변화에 맞추어 우리나라에서도 자연에너지에 대한 연구가 요구되고 있으며, 우리나라의 환경 조건에도 가장 알맞은 태양광 발전 시스템에 관한 연구가 이루어지게 되었다.

최근 연구 개발이 활발히 이루어지고 있는 태양광 발전 시스템은 계통선과의 연결 유무에 따라 크게 계통연계형(Grid-Connected) 발전 시스템과 독립형(Stand-Alone) 발전 시스템으로 나눌 수 있다. 계통연계형 발전 시스템은 태양광 발전으로 생성된 전력을 인버터를 거쳐 직접적으로 계통선에 공급하는 시스템이고, 독립형 발전 시스템은 계통선과 연결되지 않은 채, 축적설비를 가지고 있는 시스템을 일컫는다. 독립형 발전 시스템은 전력 계통선으로부터 전력을 공급받기 힘든 낙도나 산간 도서 지역, 무인등대, 무인중계소, 인공위성, 휴대용 시스템 또는 환경 친화적인 테마 공원 등에 주 발전 시설이나 비상용 발전시설, 혹은 태양광 가로등 및 기타 조명시설 등으로 꾸준히 사용되고 있다. 본 논문에서는 이러한 독립형 태양광 시스템에 사용되는 충전제어기에 대해 연구하고 개발하였다.

독립형 시스템에 적용될 제어기는 기본적으로 태양전지판의 출력효율 및 전력이송효율이 우수하여야 하고, 가능한 소형이어야 하며, 동작 중이나 대기상태에서의 소비 전력이 적고, 부착된 제어기에 대한 신뢰성이 높아야 하며, 모니터링이 가능하기 위해서는 무선 통신도 포함되어야 한다. 본 논문에서는 '태양전지를 효율적으로 사용하기 위해서는 태양전지 모듈이 항상 최대 출력을 가지는 최대 전력점에서 동작하도록 하는 제어가 필요하다'는 것에 중점을 두고 이를 구현하는 MPPT 알고리즘에 대해 연구하였다. MPPT(Maximum Power Point Tracker)는 태양전지 모듈에 적절한 조치를 취하여 연결된 부하를 제어하여 임피던스 매칭을 최적화함으로써 최대 전력점 동작이 항상 가능하게 하는 것이다. 일반적으로 '일정전압 제어 방식 알고리즘', 'Perturb and Observe 알고리즘', 'Incremental Conductance 알고리즘' 등 여

러 알고리즘이 연구되고 있지만, 여기에서는 P&O 알고리즘의 단점을 보완하도록 P&O 알고리즘을 응용·수정하여 충전제어기에 탑재하였다.

독립형 태양광 발전 시스템 설비 시설의 수명은 반영구적으로 추정할 수 있으나 오직 축전지의 사용 수명은 그보다 짧으며 또한 충·방전과 전지상태에 따라 달라지기도 한다. 그러므로 축전지의 수명을 안정되게 유지하기 위해서는 주기적 점검 및 관리는 물론 축전지에 과방전이나 과충전이 되지 않도록 제어하여 축전지 시스템의 수명 연장을 기해야 하며, 충전제어기의 측면으로는 일사량이 충분하지 않을 때를 대비하여 태양전지의 출력 전력을 낭비하지 않고 모두 저장할 수 있는 우수한 충전효율을 갖추어야 한다. 소비전력을 줄이고 전력이송효율을 높이기 위하여 디지털 PWM(Pulse Width Modulation) 스위칭 기법을 Buck Converter 회로의 스위칭 회로에 사용하였으며, Buck Converter의 스위칭 부분에는 Floating 스위치 회로를 구성하여 스위치 뒷부분의 전위가 변화함에 따라 발생할 수 있는 문제점을 말끔히 해결하였다. 디지털 스위칭 및 제어기 소형화를 위해 마이크로칩사의 8bit 마이크로 프로세서인 16F877A를 기반으로 충전제어기를 설계하였으며, 스위칭을 위한 PWM 소자와 Buck Converter를 위한 MOSFET 소자 및 코일, 콘덴서 등을 효율적으로 배치하여 제어기의 소형화를 구현하였다.

마지막으로 최근 모니터링 시스템에 대한 요구가 많아지고 있는 추세를 감안하여 모니터링 및 제어가 가능하도록 저비용의 단거리 무선 통신 모듈을 이용하여 통신 체계를 구축하였다. 설계된 각각의 충전제어기는 중계기 역할을 함으로써 고비용의 원거리 무선통신을 가능하게 하였다. 중계기 역할의 핵심인 다중제어기법은 다수의 충전제어기 유닛이 존재할 때 근접 유닛검색 및 최단 거리 검색 루틴을 사용하여 각각의 제어기 상태를 하나의 호스트 모니터링 컴퓨터에서 알 수 있도록 하는 기법이다. 이는 Select and Poll Method 와 Bellman-Ford Algorithm 및 을 응용하여 각각의 프로토콜을 BSC(Binary Synchronous Control)으로 구현하였으며, 모든 유닛에 루틴을 삽입, 일정시간마다 동작하게 함으로써 유닛 사이의 연결을 항상 유지하고, 제어기의 상태도 항상 확인할 수 있도록 하여 독립형 태양광 발전 시스템의 모니터링에 매우 효율적임을 확인하였다.

또한 연구·개발한 충전제어기의 성능을 평가하기 위해 실험장치를 구성하여 본 논문에서 제안하는 MPPT 알고리즘과 디지털 PWM 스위칭, 중계기 역할을 통한 다중제어기법의 안정성과 효율성을 실험하였으며, 모두 만족할 만한 성능을 얻었다.

본 논문을 통하여 얻은 기술로서 태양광 가로등 모니터링 시스템, 해상부의 부표 제어 관리 시스템, 무인 등대 관리 시스템 등과 같은 독립형 태양광 발전 응용 시스템뿐만 아니라 선박의 냉동 컨테이너 모니터링 시스템, 컨테이너 부두의 야적 시스템 등 필드에서도 활용이 가능하다. 그러나 이를 위해서는 해양환경 변화에 따른 실험과, 시스템의 방염, 방습과 같은 연구가 병행되어야 하며 모니터링 측으로는 호스트 PC 측의 프로그램에 대한 비주얼적인 화면구성과 다수의 서브 유닛에 대한 DB 구축의 효율성 문제 등에 대한 연구가 추가로 이루어져야 할 것으로 사료된다.