

## 하이브리드발전시스템 설계 및 실증연구

문채주\*, **임정민\***, 정권성\*, 김태곤\*, 장영학\*, 김의선\*\*, 정남영\*\*\*  
 목포대학교\*, 신경대학교\*\*, 서울산업대학교\*\*\*

### A Study for Hybrid Generation System Design and Substantiation

Chae-Joo Moon\*, Jung-Min Lim\*, Kwen-Sung Jung\*, Tae-Gon Kim\*, Young-Hak Chang\*,  
 Eui-Seon Kim\*\*, Nam-Young Jeong\*\*\*  
 Mokpo National University\*, Shingyeong University\*\*, Seoul National University of Technology\*\*\*

**Abstract** - 전력 공급이 원활하지 않는 도서 해안 지역은 자체 발전을 통해 필요한 전력을 생산하고 있다. 유가의 급등으로 발전기의 발전 비용이 상승하고 있어 많은 문제점이 발생하고 있다. 이 문제의 해결책으로 주간에는 태양광으로 전력을 공급하고 야간에는 풍력발전으로 전력을 공급하는 태양광·풍력 하이브리드 발전 시스템을 설계하고 실증 시험을 하였다. 본 논문은 실증시험 결과를 통해 하이브리드 발전 시스템의 가능성과 문제점을 확인하고 결과에 대하여 논하고자 한다.

#### 1. 서 론

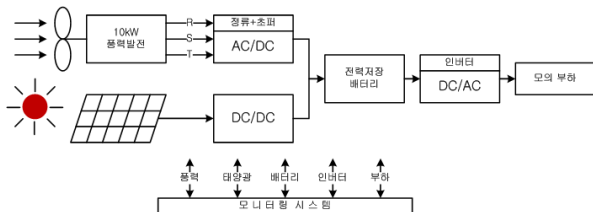
전력 공급이 원활하지 않는 도서 해안 지역은 자체 발전을 설치하여 필요한 전력을 생산하고 있다. 최근 유가의 급등으로 유류를 사용하는 발전기의 발전 비용이 상승하고 있어 대체에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 대체에너지 중 태양광 발전과 풍력발전은 무한정하며 청정 발전이라는 장점을 갖고 있다. 그러나 이러한 장점 갖는 반면에 일사량, 풍속 등의 기상조건의 변동에 따라 출력이 불안정하다는 단점 또한 상존하고 있다. 이와 같은 단점은 배터리 등의 에너지 저장 설비가 불가결한 독립형 시스템에 있어서는 저장설비의 용량을 거대화하고 시스템 고가화의 원인이 되고 있다. 이러한 문제의 해결책으로 주간에는 태양광으로 전력을 공급하고 야간에는 풍력발전으로 전력을 공급하여 태양에너지와 풍력에너지를 복합시켜 시스템 전체 출력의 상호보완 효과를 갖게 된다.

본 논문에서는 도서 해안 지역의 주택에 적용 가능한 태양광·풍력 하이브리드 발전 시스템을 설계하고 모니터링 시스템을 이용한 실증시험 운전결과를 통해 하이브리드 발전시스템의 가능성 및 문제점을 확인하고 결과에 대하여 논하고자 한다.

#### 2. 하이브리드 발전시스템

##### 2.1 시스템 구성

그림 1은 태양광·풍력 하이브리드 발전시스템의 구성도이다. 하이브리드 발전시스템의 구성은 태양광발전시스템, 풍력발전시스템과 실제 사용을 위한 전력변환시스템으로 구성하고 각 시스템의 상태를 확인하기 위한 모니터링 시스템으로 구성하였다.



〈그림 1〉 태양광·풍력 하이브리드 발전시스템의 구성도

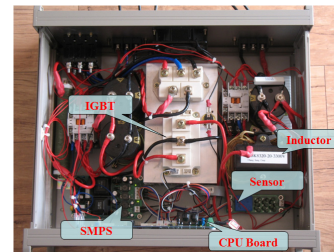
태양광발전시스템은 태양전지 3[kW]와 DC/DC 컨버터, 풍력발전시스템은 풍력발전기 10[kW]와 정류 역할을 하는 초퍼, 전력변환 시스템은 배터리의 전력을 사용하기 위해 인버터 [3kW]로 구성하고 풍력, 태양광, 배터리, 인버터, 부하의 상태를 실시간으로 감시할 수 있는 LabVIEW를 이용한 모니터링 시스템으로 설계되었다.

##### 2.1.1 태양광발전시스템

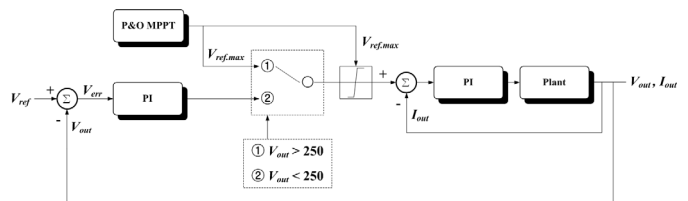
태양광발전시스템은 태양전지어레이와 전력변환장치로 구성된다. 태양전지어레이는 태양전지를 직렬이나 병렬로 연결하여 직접 DC 전력을 발생한다. 설치된 어레이의 개로전압은 31.7V, 단락전류는 6.25A이며 최대동작전압은 17.4V, 최대동작전류는 6.05A이며 모듈당 최대 전력출력

은 183W이다. 어레이는 태양전지 모듈 20개를 2병렬×10직렬로 연결하여 3[kW]급으로 설계하였다.

태양전지어레이에서 발생된 직류전기는 전압의 크기가 다른 직류 부하나 상용교류전기에 공급하기 위해 전력변환장치가 필요하다. 그림 2는 태양전지어레이에서 발생된 직류전기를 배터리에 저장하기 위한 DC/DC 컨버터의 내부 모습이다. DC/DC 컨버터는 IGBT를 이용하여 벡 컨버터로 설계하였다. 그림 3은 DC/DC 컨버터가 배터리를 충전하기 위한 충전 블럭도이다. 배터리 충전특성을 고려하여  $V_{out}$ 이 250[V] 이하의 경우에는 정전류제어를 통해 배터리를 충전하고  $V_{out}$ 이 250[V] 이상의 경우에는 P&O MPPT를 통해 정전압제어를 통해 배터리를 충전하였다.



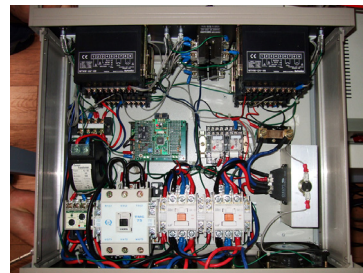
〈그림 2〉 DC/DC 컨버터의 내부 사진



〈그림 3〉 Converter의 충전블럭도

##### 2.1.2 풍력발전시스템

풍력발전기는 설치 및 관리가 편리한 수평축 방식이며 바람의 세기에 따라 꼬리 날개의 각도가 조정 되도록 설계하였다. 가변속 운전 동기형(또는 영구자석형) 발전기를 사용하는 풍력발전시스템이며 다극형 동기 발전기를 사용하여 증속 기어장치가 없이 회전자와 발전기가 직결되는 직결식 형태이다.



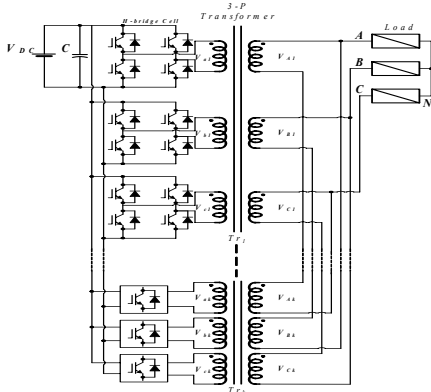
〈그림 4〉 AC/DC 컨버터의 내부 사진

풍력발전기에서 발생된 교류전기를 직류전기를 사용하는 배터리에 충전하기 위해서는 AC/DC 변환기가 필요하다. 그림 4는 풍력발전기에서 발생된 전기를 배터리에 저장하기 위한 AC/DC 컨버터의 모습이다. AC/DC 변환기는 풍력 발전기에서 발생된 교류전력을 배터리에 충전하

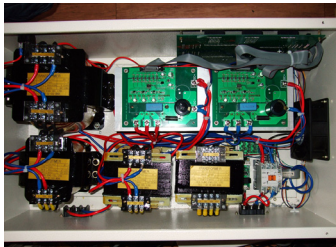
기 위해 DC 전력으로 변환하며, 일정전류(10A)이상 전류가 유입되면 배터리 및 시스템 보호를 위해 이상전류를 차단하여 덤프 로드(Dump Load)로 전송하며, 현재 발전기로부터 발전되어 입력되는 전압 및 전류를 표시하도록 설계하였다. 덤프 로드는 풍력발전기에서 충전가능 용량 이상의 전류가 입력되거나 배터리 충전용량이 초과되면 기기들의 보호를 위해 열로서 초과 및 과전류를 소비한다. AC/DC 컨버터의 출력전압은 220~280[V]이고 출력전류를 0~10[A]로 작동한다.

### 2.1.3 전력변환시스템

본 논문에서 제안한 3상 IHCML 인버터의 구조는 그림 5와 같이 단일 직류 전원으로 사용하며 적압 적응을 위해 3상 저주파 변압기를 사용하는 구조로 되어 있다. 제안된 인버터는 3상 변압기를 이용하므로 단상 변압기를 이용한 경우보다 변압기 수를 줄일 수 있으며, 변압기 이용률이 증가함으로 부피도 줄일 수 있어 저렴한 인버터 구현이 가능하다. IHCML 인버터의 변압기 1차측은 상별로 H-Bridge 인버터에 연결되어 있어 Vdc, 0, -Vdc의 전압 레벨을 갖게 되며, 변압기 2차측은 전압을 적응하기 위해 각 상별로 직렬 연결되어 있다. 또한 각 상별 변압기 출력은 3상 변압기의 3고조파 성분을 제어하기 위해 Δ결선을 하였다. 그림 6은 IHCML 인버터의 내부 모습이다.



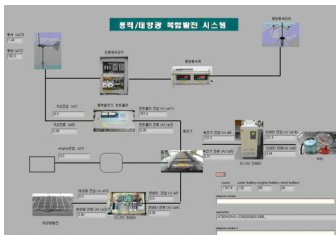
<그림 5> 3상 IHCML 인버터 구조



<그림 6> IHCML 인버터의 내부 사진

### 2.1.4 모니터링 시스템

모니터링 프로그램은 발전 시스템이 설치된 곳에서 사용하는 서버프로그램과 원격지에서 사용할 수 있는 클라이언트 프로그램으로 구분하여 제작하였다. 그림 7는 모니터링 프로그램의 화면이다. 각 시스템에서 발생된 전력과 배터리의 전압은 프로그램에 의해 모니터링 되고 배터리의 전압이 설정 전압보다 크거나 작으면 이벤트가 발생되어 MC를 작동시키고 충·방전을 제어하도록 하였다.



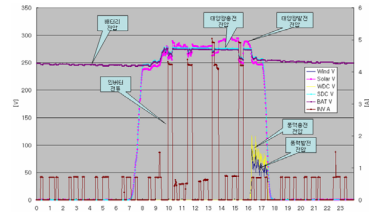
<그림 7> 태양광풍력 하이브리드 모니터링 시스템

### 3. 실험결과

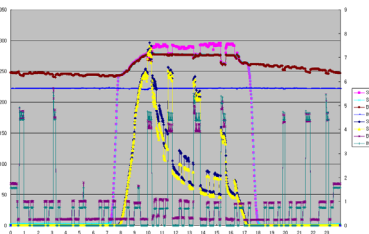
그림 8과 그림 9은 부하를 연결한 상태에서 시스템 각 부분의 전압

의 특성을 보여주고 있다. 0시~8시, 17시~24시까지는 발생전력이 없어 부하에 의해 배터리에 충전된 전력이 소모되고 있다. 직사각형 부분의 폭은 부하가 켜진 시간이고 높이는 사용된 양을 나타내고 있다. 오전 7 시경부터 태양광 발전시스템에서 전력이 발생되기 시작한 것을 볼 수 있고 배터리 전압보다 커지면서 DC/DC 컨버터에 의해 배터리에 충전이 되기 시작하는 것을 알 수 있다. 태양광 발전 시스템의 출력 전압이 일정 전압 이상이 되면 DC/DC 컨버터는 미리 설정된 전압으로 출력을 제한하여 배터리의 과 충전을 방지하여 배터리를 보호하게 된다.

풍력발전시스템의 경우 풍력 발전이 상당량 발생 했지만 대부분 충전되지 않음을 알 수 있는데 이는 배터리의 전압보다 높아지는 순간에만 일시적인 충전이 되는 것으로 우리나라 해안이 저 풍속에 맞는 풍력발전기 개발에 대한 검토와 적은 에너지를 충전할 수 있는 시스템에 대한 연구가 필요하다.



<그림 8> 부하 사용에 따른 각 시스템의 전압 특성



<그림 9> 부하 사용에 따른 각 시스템의 전압·전류 특성

### 4. 결 론

본 논문에서는 전라남도 무안군 망운면 해안 지역에 태양광·풍력 하이브리드 발전시스템을 설계 설치하고 하루 6[kW]의 전력을 소비하도록 부하를 가동하여 모니터링 시스템을 설치하고 에너지 발생과 소비 데이터를 분석하여 발전특성을 확인하였다.

태양광 발전 시스템은 날씨에 따라 최대 320[V]까지 발전이 됨을 확인하였고 태양광 충전 시스템을 통해 배터리에 발생 전력을 저장하였다. 태양광 충전 시스템은 배터리의 최대 충전 전압을 초과하지 않도록 충전 전압을 제어하였고 배터리의 상태에 따라 충전 전류가 제어됨을 확인하였다. 태양광 발전시스템과 풍력 발전시스템으로 구성된 하이브리드 발전시스템은 태양광이 없는 야간에 풍력에 의해 발전이 되는 경우 배터리 용량을 줄여 시스템의 비용을 낮추는데 기여 할 것으로 예상된다.

향후 우리나라 해안의 저풍속에 맞는 풍력 발전기의 개발에 대한 검토와 그에 따른 충전시스템의 개발이 추후 연구가 필요하다고 사료된다. 향후 태양광·풍력 하이브리드 발전시스템이 날씨의 영향을 받아 발전을 할 수 없을 경우를 대비해 엔진발전기가 포함된 하이브리드 발전시스템에 대해 비교 연구하고자 한다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원 사업에 의해 작성되었습니다.

### [참 고 문 헌]

[1] 김승기, 전진홍, 조창희, 안종보, “계통연계형 풍력, 태양광 및 축전기 하이브리드 시스템의 출력제어 및 동특성 해석”, 전기학회논문지, 제 56권 제2호, pp. 317-324, 2007년  
 [2] 이승철, 문운철, 권병국, 금종환, “태양광-풍력 복합발전시스템의 경제적 운용을 위한 최적 용량 산정에 관한 연구”, 조명·전기설비학회논문지, 제18권 제3호, pp. 156-162, 2004년  
 [3] 조동훈, 배철오, 박영산, “목포해안지역의 10kW급 풍력과 최적의 태양광 복합발전시스템에 관한 연구”, 해양환경안전학회지, 제13권 제1호, pp. 69-73, 2007