

풍력 및 파력발전으로 구성된 복합발전 시뮬레이션 모델 개발

김도현, 김재혁, 김교민, 한병문
명지대학교

Hybrid Generation Simulation Model Development Composed of Wave-Offshore and Wind

Do Hyun Kim, Jae Hyuk Kim, Kyo Min Kim, Byung Moon Han
Myongji University

ABSTRACT

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 3MVA 용량의 풍력발전기와 2.4MVA 용량의 파력발전기로 구성되어 있는 부유식 파력 해상풍력 연계형 발전시스템 모델을 모의 할 예정이다.

각각의 발전시스템은 발전기, 발전기 컨버터, 전력망 컨버터, 전력망으로 구성되어 있고 시뮬레이션 결과를 통해 각각의 풍력 및 파력발전기에서 전력망의 유효전력과 무효전력을 완전히 독립적으로 제어 할 수 있음에 대하여 살펴 볼 것이다.

1. 서론

산업사회의 급속한 발달로 인한 화석에너지의 고갈문제와 각종 환경오염문제를 해결하기 위해서 20세기 중반 이후 대체 에너지의 개발에 대한 관심이 집중되고 있다. 우리나라에서도 대체에너지에 의한 발전에 많은 관심이 집중되어 있으며, 풍력 발전은 대체에너지에 의한 발전 중 가장 경제성이 있는 것으로 알려져 있다.

현재 국내 풍력산업 전략은 풍력 시스템 공급사를 중심으로 육상풍력에서 해상풍력 등 고정식을 중심으로 현재 2~7MW급 까지 단계적인 개발이 진행 중이다. 하지만 최근 서남해 해상 풍력사업에 대한 국내기업들의 참여가 저조한 가운데 고정식 해상풍력보다 부유식 해상풍력이 국내에 더 적합하다는 주장이 제기되고 있다.^[1]

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 3MVA 용량의 풍력발전 4기와 100kVA 용량의 파력발전 24기로 구성되어 있는 부유식 파력 해상풍력 연계형 발전시스템 모델을 모의 할 예정이다.

2. 복합발전 시스템 구성

그림 1은 국내에서 진행 중인 부유식 복합발전 시스템의 구조를 나타내고 있다. 이 복합발전 시스템은 4기의 3MVA 용량 PMSG 풍력발전기와 24기의 100kVA 용량 PMSG 파력발전기가 모서리와 외곽에 위치하고 있다.

그림 2는 복합발전 시스템의 전체 구성을 나타내고 있으며, 풍력 및 파력발전기 시스템은 발전기, 발전기 컨버터, 전력망 컨버터 그리고 전력망으로 구성 되어있다.

발전기 컨버터는 주어진 풍속 및 파고에서 발전기의 출력이

최대가 되는 점을 연속적으로 추종하도록 최대전력 추종(MPPT) 제어가 수행되고 전력망 컨버터는 직류전압을 일정하게 유지하면서 전력망에 전력을 공급하는 기능을 한다.

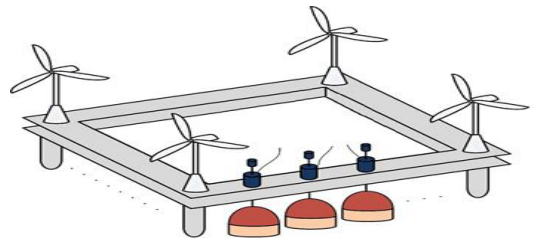


그림 1 복합발전 시스템의 구조
Fig. 1 Structure of Hybrid Generation System

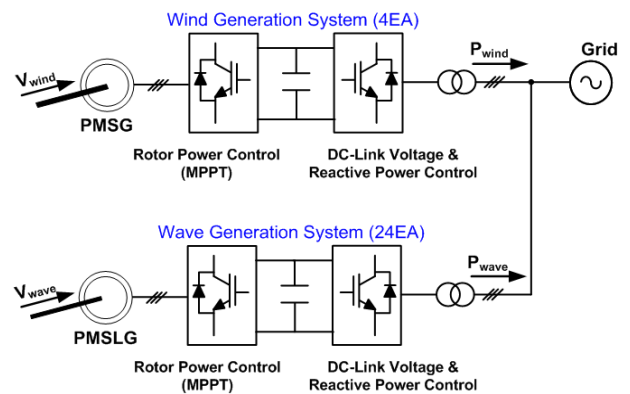
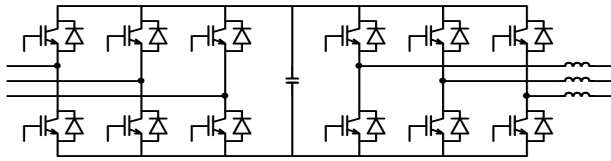


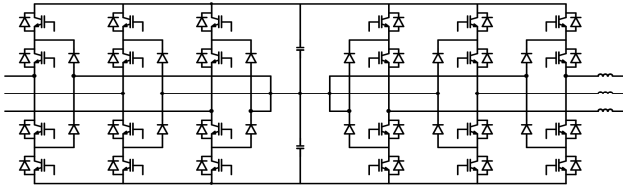
그림 2 복합발전 시스템의 구성도
Fig. 2 Configuration of Hybrid Generation System

그림 3은 복합발전 시스템에 적용한 전력변환장치 토폴로지를 나타내고 있다. 파력발전기의 용량이 100kVA임을 고려하여 그림 3(a)와 같이 일반적으로 사용되고 신뢰성이 높은 2 레벨 컨버터를 이용하여 백투백 전력변환장치를 구성하였다.

풍력발전기의 경우에는 회로전압, 용량 및 허용 고조파 전류의 크기 등을 고려하여 그림 3(b)와 같이 3 레벨 컨버터를 이용한 백투백 전력변환장치로 선정하였으며, 3 레벨 컨버터를 이용한 토폴로지는 2 레벨 컨버터를 이용한 토폴로지에 비하여 스위칭 소자에 걸리는 전압이 작고 입력전류의 발생 고조파 성분이 상대적으로 감소하는 효과가 있지만 스위칭 소자의 개수가 2배로 증가하는 경제적인 부담이 있다.



(a) 파력발전기에 적용한 2-레벨 컨버터 토폴로지



(b) 풍력발전기에 적용한 3-레벨 컨버터 토폴로지

그림 3 발전용량에 따른 전력변환장치 토폴로지

Fig. 3 Power Converter System Topology according to Power capacity

3. PSCAD/EMTDC 시뮬레이션

풍력 및 파력발전으로 구성된 복합발전 시스템의 동작을 검증하기 위해 PSCAD/EMTDC 프로그램을 이용하여 시스템 동작특성 및 제어기의 성능해석을 실시하였다. 전력회로는 회로 소자, 스위치, 변압기를 사용하여 구성하였고, 제어기는 C 인터페이스 모듈을 이용하여 C 코드로 구성하였다.

그림 4는 풍속 및 파고에 따른 풍력 및 파력발전기의 유효 전력흐름을 나타내고 있다. 첫 번째 파형은 후류를 고려하여 풍력발전기 4기에 입력되는 풍속데이터, 두 번째 파형은 풍속에 따른 발전기축의 유효전력, 세 번째 파형은 계통축의 유효전력, 네 번째 파형은 파고에 따른 발전기축의 유효전력, 다섯 번째 파형은 계통축의 유효전력 그리고 여섯 번째 파형은 풍력발전기와 풍력발전기의 유효전력 합으로써 계통에 인가되는 유효전력을 나타내고 있다.

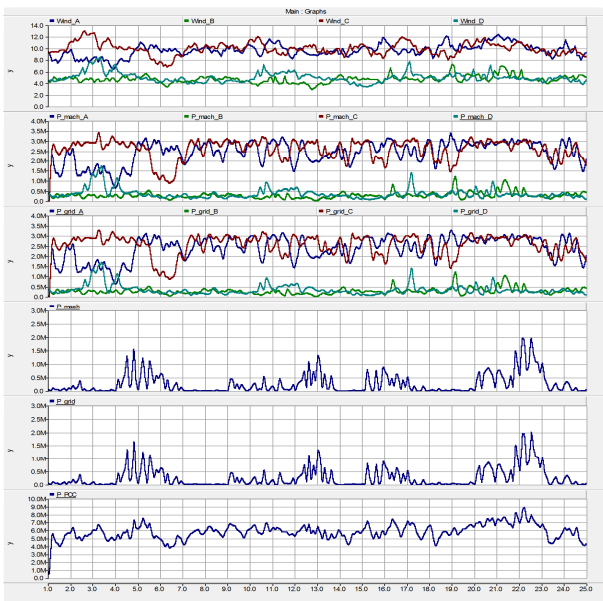


그림 4 풍속 및 파고에 따른 유효전력 흐름
Fig. 4 Active Power Flow according to Wind speed and Wave height

그림 5는 각각의 계통축 컨버터의 무효전력 지령치에 따른 풍력 및 파력발전기의 무효전력흐름을 나타내고 있다. 첫 번째 파형은 풍력발전기 계통축 컨버터의 무효전력 지령치, 두 번째 파형은 무효전력 지령치에 따른 풍력발전기의 무효전력, 세 번째 파형은 파력발전기 계통축 컨버터의 무효전력 지령치, 네 번째 파형은 무효전력 지령치에 따른 파력발전기의 무효전력 지령치 그리고 다섯 번째 파형은 풍력발전기와 파력발전기의 무효전력 합으로써 계통에 인가되는 무효전력을 나타내고 있다.

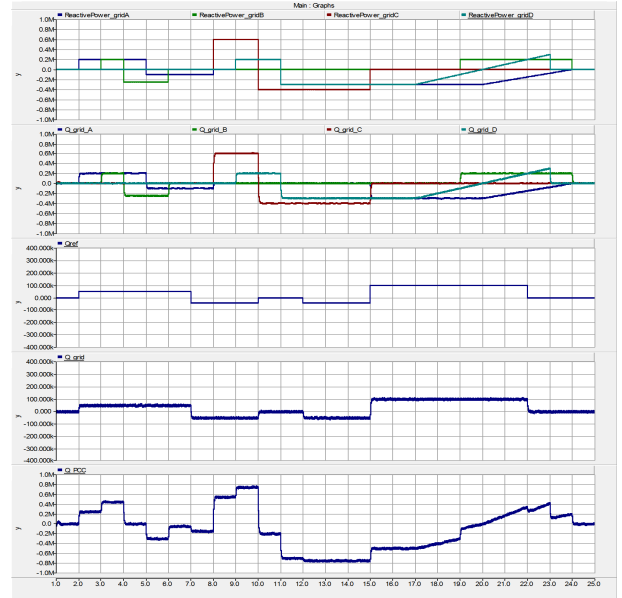


그림 5 개별적인 무효전력 지령치에 따른 무효전력 흐름
Fig. 5 Reactive Power Flow according to Reactive Power Reference

4. 결론

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC 시뮬레이션을 이용하여 풍력 및 파력발전으로 구성된 복합발전기를 구성하고 이를 전력망에 연계하여 동작에 대하여 살펴보았다.

각각의 발전시스템은 발전기, 발전기 컨버터, 전력망 컨버터, 전력망으로 구성되어 있고 파력발전기와 풍력발전기의 회로전압, 용량, 전류를 고려하여 토폴로지를 선정하였다.

시뮬레이션 결과를 통해 각각의 풍력 및 파력발전기에서 전력망의 유효전력과 무효전력을 완전히 독립적으로 제어할 수 있음을 알 수 있다. 이 시뮬레이션 모델을 기반으로 향후 다양한 동작을 살펴볼 수 있을 것이라고 예상된다.

이 논문은 2015년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제명 : 복합발전 출력 제어 및 전력변환기 제어기술 개발)

참고 문헌

[1] S. Butterfield, W. Musial, and J. Jonkman, "Engineering Challenges for Floating Offshore Wind Turbines", NREL/CP 500 38776, 2007.