

PSS/E를 이용한 풍력모델의 과도특성 검토

유형선*, 박지호, 정대영, 정기석, 이현철, 백영식
경북대학교

Dynamic Characteristics of Wind Turbine-Generator using PSS/E

Hyung-Sun Yoo*, Ji-Ho Park, Tae-Young Jyung, Ki-Seok Jeong, Hyun-Cheol Lee, Young-Sik Baek
Kyungpook National University

Abstract - 본 연구는 최근에 각광받고 있는 풍력터빈 발전기의 동적 특성에 관한 시뮬레이션을 수행한다. 풍력터빈이 기존의 전력계통에 연결되면 전력계통에 미치는 영향은 동기발전기만으로 구성된 전력계통과는 다르며 특히 동적특성이 달라진다. 본 논문에서는 PSS/E를 이용하여 GE1.5MW의 풍력터빈에 대한 동적특성을 시뮬레이션 한다. 풍속의 변화, 부하의 변화 그리고 무한대 모선의 전압변화를 통하여 GE1.5MW의 풍력터빈의 특성을 검토하였다.

1. 서 론

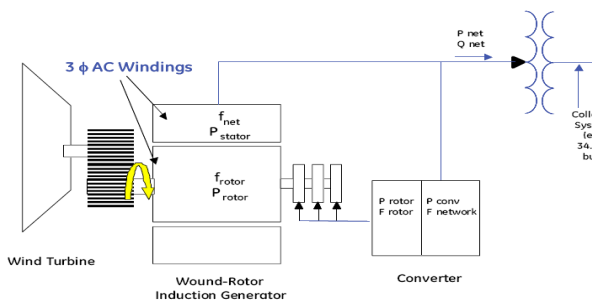
풍력발전은 최근에 주목받고 있는 분야로서 가능성이 이미 입증되어 유럽을 중심으로 많이 보급되고 있는 신재생 에너지원이다. 그 이유는 지구 온난화 문제를 해결하기 위하여 이산화탄소의 배출량을 줄이고 새로운 전력에너지원을 확보하기 위한 세계 각국의 노력의 산물이기 때문이다. 특히 우리나라의 경우는 전력을 생산하기 위한 대부분의 에너지를 수입하고 있는 실정에서는 풍력발전은 중요하다고 할 수 있다. 하지만 풍력발전시스템의 특성은 기존의 발전시스템과는 매우 다르다. 풍력발전시스템에 대한 충분한 검토가 필요하다. 특히 동적특성의 경우 풍력발전기는 유도발전기를 주로 사용하므로 동기발전기와는 다른 많은 특성이 있다. 풍력발전기의 특성을 시뮬레이션하기 위해서 MATLAB, EMTDC 그리고 PSS/E 등이 사용되는데 본 논문에서는 PSS/E 32버전을 이용하여 풍력발전의 동적특성을 검토한다.

PSS/E 기본적으로 4가지 타입의 풍력모델(type1~type4)을 제공한다. 타입1은 농형유도발전기, 타입2는 가변저항을 가지는 농형유도발전기, 타입3은 이중여자방식의 유도발전기 그리고 타입4는 영구자석형 동기발전기이다. 현재 가장 많이 사용되는 모델은 타입3과 타입4이다. 이 모델들을 사용하여 기존의 전력계통에 풍력모델을 추가하여 전력계통에 풍력발전기가 미치는 영향을 시뮬레이션 할 수 있다. 풍력발전기는 풍속에 따라 출력에 영향을 받는데 PSS/E에서 제공하는 기본적인 4가지 풍력모델은 이러한 풍속변화를 줄 수 없다. 또한 보호장치에 대한 모델링이 존재하지 않아 사고에 대한 임계고장제거시간을 계산할 때 실제보다 더 낙관적인 고장제거시간을 계산하는 단점을 지니고 있다. PSS/E에서 기본적으로 제공하는 4가지 풍력모델 외에 PSS/E 홈페이지에서 제공하는 사용자 정의 모델인 GE1.5MW 모델은 풍속변화를 줄 수 있고 보호장치에 대한 모델링도 할 수 있다. 이 모델을 사용하기 위해서는 인텔포트란 컴파일러와 비주얼 C++가 필요하다. 본 논문에서는 이 모델을 사용하여 풍력발전기의 과도특성을 해석한다. PSS/E와 더불어 PSS/E가 제공하는 Python함수들을 이용하여 보다 쉽게 풍력발전기의 과도특성을 시뮬레이션 할 수 있다.

2. 본 론

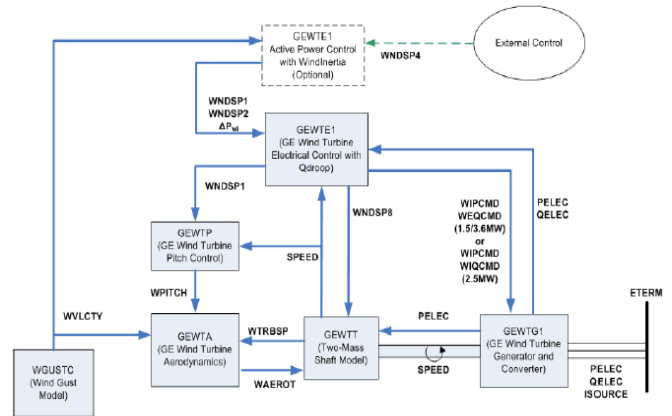
2.1 GE1.5mP 풍력터빈모델

그림1은 GE1.5MW 풍력-터빈발전기[1]의 기본 구조를 나타낸 것이다.



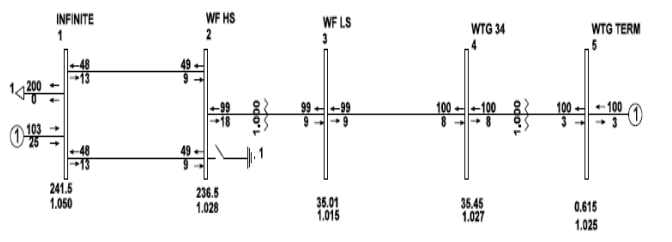
<그림 1> GE Doubly Fed Asynchronous WTG

발전기는 권선형 유도발전기와 비슷하지만 AC여자가 전압원 ac-ac 컨버터를 통하여 공급되는 차이점을 가진다. AC컨버터는 고정자권선 전압에 직접 연결된다. 이러한 유형의 유도발전기를 이중여자방식의 유도발전기라 하고 기존의 동기발전기와 유도발전기와 매우 다르다. 이러한 구조의 풍력터빈발전기에 대해서 PSS/E에서 사용하기 위한 GE모델은 여러 가지가 존재한다. PSS/E 빌트-인 모델에는 풍속변화에 대한 영향과 보호장치에 대한 모델이 존재하지 않는다. 사용자 정의 모델로 제공되는 GE1.5MW모델[2]에는 이러한 영향을 고려할 수 있다. 그림2는 PSS/E에서 사용된 연결도이다. 그림에서 WGUSTC가 풍속변화를 줄 수 있는 모델이다.



<그림 2> PSS/E에서의 연결도

이 모델을 PSS/E에서 사용하기 위해서는 인텔비주얼포트란과 비주얼 C++를 이용하여 컴파일 해야만 한다. 컴파일한 결과는 dsusr.dll 파일이 되고 PSS/E 시작할 때 이 파일을 로드하여 풍력모델을 인식하게 된다. 시뮬레이션 하고자 하는 전력계통이 변경되면 다시 컴파일 하여야 한다. 또한 풍속변화를 주기 위해서는 풍속변화를 주는 변수가 어디에 위치하는 지를 파악해야만 한다. 이러한 모든 과정은 PSS/E가 제공하는 Python 함수를 이용하면 쉽게 구현할 수 있다. 또한 시뮬레이션에 관련된 모든 과정을 PSS/E를 직접 구동시키지 않고도 Python을 이용하면 쉽게 구현할 수 있다. 그림3은 본 논문에서 사용된 모의 시스템이다. 모선1은 무한대 모선이고 부하는 200MW의 유효전력만을 가진다. 모선2는 POI(Point of Interconnection)이다. 모선3과 모선4사이의 선로는 컬렉터 선로이다. 모선4와 모선5사이의 선로는 풍력단지에 연결된 변압기이다. 모선5는 풍력단지를 나타내는 것인데, 1.5MW용량의 풍력발전기 67대를 병렬로 연결하여 100MW의 출력을 내는 풍력단지 모델링한 것이다.



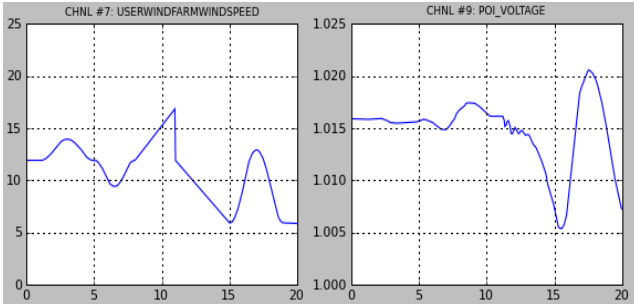
<그림 3> 테스트 시스템

2.2 시뮬레이션 및 결과

시뮬레이션은 풍속변화, 부하의 변동에 대하여 계통연계점에서의 전압변화와 선로사고시의 풍력발전기의 응답을 모의 하였다.

2.2.1 풍속변화에 대한 응답

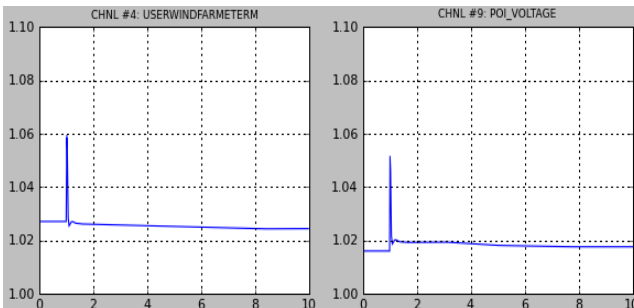
그림4는 풍속변화에 대한 계통연계점(POI)의 전압변화를 나타낸 것이다. 풍속이 변하면 발전기는 피치각을 제어하여 기계적 출력과 전기적 출력을 조정하게 되고 또한 발전기의 출력전압도 변동하게 된다. POI의 전압변동은 최대 약 1%이다. 이때 모선5의 전압변화는 약 1.03%이다.



〈그림 4〉 풍속변화에 대한 계통연계점의 전압응답

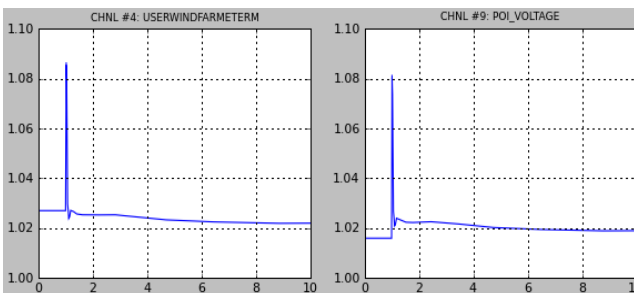
2.2.2 부하변화에 대한 응답

그림5는 모선1의 부하가 10% 감소할 때의 모선1과 POI모선의 전압응답을 나타낸 것이다. 부하가 변하는 시점에서는 순간적으로 전압의 크기가 갑자기 증가한 후 곧 감소하여 최종적으로 POI의 전압은 약 0.1%증가하고 모선1의 전압은 약0.3% 감소한다.



〈그림 5〉 10%부하감소에 대한 응답

그림6은 모선1의 부하가 20% 감소할 때의 모선1과 POI모선의 전압응답을 나타낸 것이다. 부하가 변하는 시점에서의 순간적인 전압의 변화는 10%의 부하변화일 때보다 크다. POI의 전압은 약 0.3%증가하고 모선1의 전압은 약0.5% 감소한다.

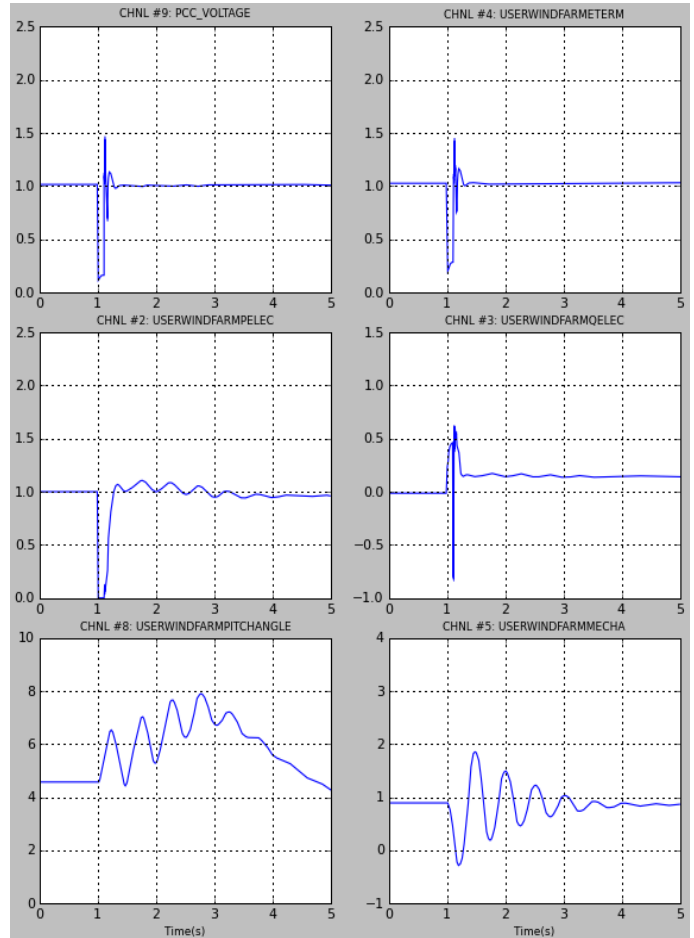


〈그림 6〉 20%부하감소에 대한 응답

2.2.3 선로사고에 대한 응답

그림7은 모선1 근처에서 3상지락사고를 가정하고 10사이클 후에 고장선로를 제거하는 조건하에서 시뮬레이션한 결과이다. 사고 후에 POI의 전압과 발전기 모선의 전압은 점차 회복하여 POI의 전압은 약 0.2% 정도의 전압강하를 나타냈다. 사고 중의 전압강하는 POI가 발전기모선보다 크다. 이것은 임피던스의 크기변화 때문이다. 사고 중에 발전기 출력은 약 0.18pu까지 떨어지고 발전기의 기계적 출력과 전기적 출력과의 차이 때문에 발전기 회전자는 가속하기 시작한다. 이때 발전기의 피치제어에 의해 기계적 출력은 감소하고 발전기 회전자가 감속되도록 제동을

제공한다. 사고전에 발전기는 약간의 무효전력을 흡수하다가 사고 후부터 발전기는 무효전력을 전력계통쪽으로 공급하기 시작한다. 피치각은 사고가 발생했을 때 증가하여 풍력터빈의 입력을 줄인다. 피치각이 터빈 속도에 의해 제어되기 때문에 피치각이 진동한다. 사고제거후 피치각을 몇 초간 증가하다가 감소한다.



〈그림 7〉 선로사고에 대한 응답

3. 결 론

본 논문에서는 PSS/E를 이용하여 풍력-터빈 발전기를 과도 동특성을 시뮬레이션 하였다. PSS/E-32에서 내장된 풍력-터빈의 단점인 풍속변화에 대한 응답을 모의하기 위해 사용자정의모델을 인텔비주얼포트란과 비주얼C++를 이용하여 컴파일한 후 풍속변화에 대한 시뮬레이션을 수행하였고 또한 부하변화와 선로사고를 가정하여 풍력-터빈발전기의 응답을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 조건에 따른 풍력-터빈발전기의 동특성을 확인할 수 있었다. 1기 무한대 모선을 이용하여 풍력-터빈이 도입되는 전력계통에서 발생할 수 있는 전압변동과 동특성을 파악하기 위한 기초연구를 수행하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Kara Clark, "Modeling of GeWind Turbine-Generators for Grid Studies", GE Energy April 16,2010
- [2]Yuriy Kazachkov , "PSSE Wind Modeling Package for GE 1.5/3.6/2.5MW Wind Turbines", SIEMENS June 2009
- [3] Nicholas W. Miller, "Dynamic Modeling of GE 1.5 and 3.6MW Wind Turbine-Generators", GE Power Systems Oct. 27, 2003

본 연구는 2010년도 교육과학기술부의 재원으로 한국 과학재단(201013170000)의 지원을 받아 수행되었습니 다.