

독립 운전형 풍력발전시스템 모델링에 관한 연구

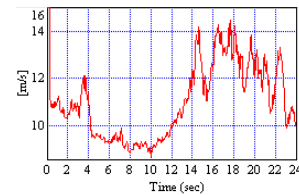
허종오, 조영호, 서현석, 홍도형, 김재연
충북대학교 전기공학과

Stand Alone Wind Generation System

Dong-Oh Heo, Young-Ho Jo, Hyun-Seok Seo, Do-Hyoung Hong, Jae-Eon Kim
Chungbuk University Department of Electrical Engineering

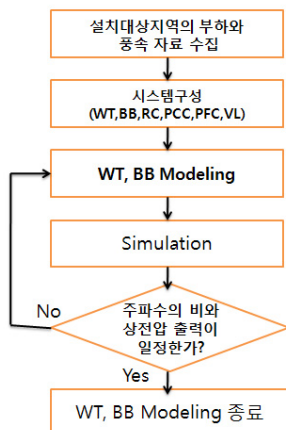
Abstract - 본 논문에서는 풍력발전기와 배터리를 이용한 독립형 발전 시스템을 설치 함에 있어 대상지역의 자료를 분석하고 시스템을 구성하고 RPM-sim을 이용하여 WT와 BB의 용량을 설계한 후 시뮬레이션한 결과를 분석하여 대상 지역에 맞는 모델링을 하였는지를 확인하였다.

의 변화를 고려하였다.



〈그림 3〉 설치 대상지역 풍속 변화[m/s]

1. 서 론



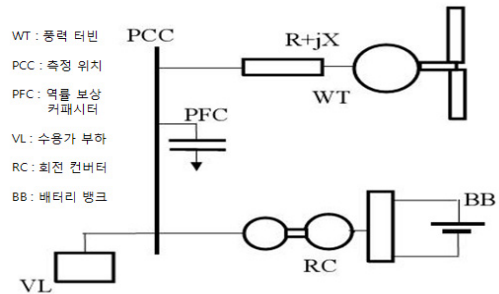
〈그림 1〉 시스템 설계 Flow 차트

본 논문에서는 송전 계통과 연결이 어려운 섬이나 산간 오지 지역에 자체 발전이 가능한 발전 시스템을 구성하려고 한다. 섬이나 산간 오지지역은 송전 계통을 설치하게 될 경우 비용 적 측면에서 너무 많은 자금을 소모하게 돼서 자체 발전 시스템을 구축 할 때 보다 더 많은 비용이 들기 때문에 독립형 발전 시스템이 이로우 수 있다. 여기서 풍력 발전기와 배터리만을 이용한 독립형 발전 시스템을 구성하려고 한다. 풍력 에너지와 같은 경우 항상 일정한 바람이 부는 것이 아니기 때문에 바람이 불지 않거나 발전 가능한 풍속 이하의 바람이 불 때를 대비해 배터리를 연결 해 시스템을 모델링을 하겠다.

2.2 독립형 풍력 발전 시스템의 설계

2.2.1 시스템 구성

독립형 풍력 발전 시스템은 기본적으로 풍력 발전기와 발전된 전력이 부하에 미치지 못 할 때를 생각한 배터리 그리고 부하를 생각해서 설계 해야 한다. 회로는 〈그림 4〉과 같이 설계하였다.



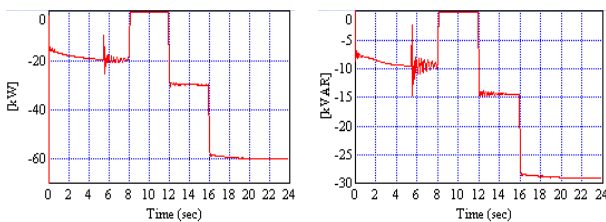
〈그림 4〉 시스템 회로

2.1 독립형 풍력 발전 시스템의 설치 대상지역 자료 분석

2.1.1 설치 대상지역의 부하특성

독립형 풍력발전 시스템은 응용 분야가 다양하기 때문에 시스템 설계에서 가장 먼저 해야 할 일은 부하 특성 분석이다. 부하의 크기 및 사용 조건에 따라 풍력발전기 및 배터리 용량이 결정되기 때문에 시스템 설계의 기본이 된다.

〈그림 2〉은 이번 시스템 설계에 있어서 사용한 부하 특성 곡선이다. 1일을 24초로 환산하고 0초부터 8초까지가 저녁 시간 동안의 부하 사용량이고 8초부터 12초 까지가 새벽, 12초부터 16초까지가 오전시간이고, 16초부터 24초까지가 오후시간의 사용량이다. 일반적으로 낮 시간동안이 사용량이 제일 많게 설정하였고 점차적으로 사용량이 줄어들도록 하였고 부하가 최대 60kW, 30kVAR로 설계하였다.



〈그림 2〉 대상 부하 특성 곡선

2.1.2 설치 대상지역의 풍속

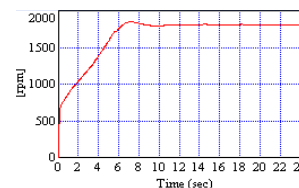
풍속은 어느 곳에서든지 일정하지 않기 때문에 〈그림3〉와 같이 풍속

〈그림 4〉에서 보는 것과 같이 풍력 발전기(WT)와 전력을 생산하지 못할 때 필요한 배터리(BB), 풍력발전기에서 생산된 전력을 AC에서 DC로 바꿔주거나 배터리에서 부하 쪽으로 나가는 전력을 DC에서 AC로 바꿔주는 RC 그리고 이것을 연결해주는 PCC와 역률을 보상하는 커패시터(PFC), 마지막으로 배터리와 발전기의 용량을 결정해주는 척도가 되는 VL로 구성된다.

2.2.2 WT와 BB 모델링

가. WT

아래 〈그림 5〉에서와 같이 풍력발전기의 터빈은 일정한 속도 이상일 때 발전한다. 이 속도를 설정 할 수 있는데 여러 가지 값을 대입해본 결과 1700rpm과 발전 전력을 결정하는 기어비는 32, 블레이드 반경은 7.5m으로 설계가 적절하다고 판단 이와 같이 설정 하였다. 터빈의 속도를 제어 위해서는 pitch 제어를 함으로써 속도를 일정하게 유지 할 수 있다.



〈그림 5〉 풍력 터빈 속도[rpm]

나. BB

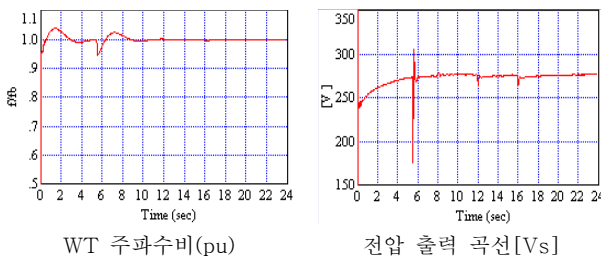
배터리는 부하에서 필요로 하는 전력은 우선적으로 풍력 발전기에서 생산된 전력을 사용하고 남은 전력을 저장하기 위해서 Rotary Converter를 통해 AC를 DC로 바꾸어 충전 된다.

또 풍속이 항상 일정한 것이 아니므로 풍력 발전기에서 발전을 하지 못하거나 발전된 양이 부하에서 필요한 전력을 충족시키지 못할 경우에 저장된 에너지를 방전하여서 Rotary Converter를 통해 DC를 AC로 변환되어 부하에서 에너지를 소모하게 된다.

<그림 2>에서 최대 부하는 유효전력은 약 60kW, 무효전력은 약 30kVAR이므로 배터리 용량은 상전압은 약275V이고 최대로 필요로 하는 전력은 60kW이지만 여유를 두어 70kW로 두었을때 P/V₁이므로 용량은 260Ah로 정했다.

2.3 시뮬레이션 결과 분석

풍력 발전기는 교류를 발전하기 때문에 일정한 주파수를 출력한다. 하지만 터빈의 속도에 따라 주파수가 변하기 때문에 제어를 통해 일정 주파수를 출력하는 것을 <그림 6>을 통해 확인 할 수 있다. 마찬가지로 <그림 6>을 보면 일정한 전압을 부하에 공급하는 것을 볼 수가 있다. 하지만 0초에서 5초까지는 전압이 상승하는 것을 볼 수 있는데 이것은 배터리에서 에너지가 방전될 때 필요로 하는 전압이 바로 나오지 않고, 시간이 흐른 뒤 일정한 전압이 나오는 것이다.



<그림 6> 주파수비와 전압 출력

풍력 발전기는 유도 발전기이므로 전동기가 회전하기 위해서는 회전자계가 필요로 하는데 무효전력이 필요로 한다. 여기서 우리는 역률이 0.9인 유도발전기를 사용한다는 가정 하에 시뮬레이션을 하였다. <그림 7>에서 보는 것과 같이 터빈의 속도가 1700rpm미만인 0초에서 6초까지는 전력을 발전하지 않고, 6초 이후에는 전력을 발전하고 이후 1800rpm에서 일정한 속도를 내는 것을 볼 수 있다. 그리고 <그림 3>의 풍속에 따라 유효와 무효 발전 전력이 변함을 알 수 있다.

<표 1> 유효,무효 전력 밸런스 비교

시간(sec)	유효 전력[kW]				무효 전력[kVAR]			
	5	10	15	20	5	10	15	20
부하	-20	0	-30	-60	-9	0	-15	-29
WT	0	26	46	47	4	-12	-15	-15
RC	20	-26	-16	13	-11	-5	13	27
PFC	·	·	·	·	16	17	17	17
합	0	0	0	0	0	0	0	0

<표 1>에서 t=5, 10, 15, 20에서 부하, WT, RC, PFC의 전력을 각각 비교 했을 때 부하에서 필요로 하는 전력과 WT, RC, PFC의 전력이 평형을 이룸을 볼 수 있다.

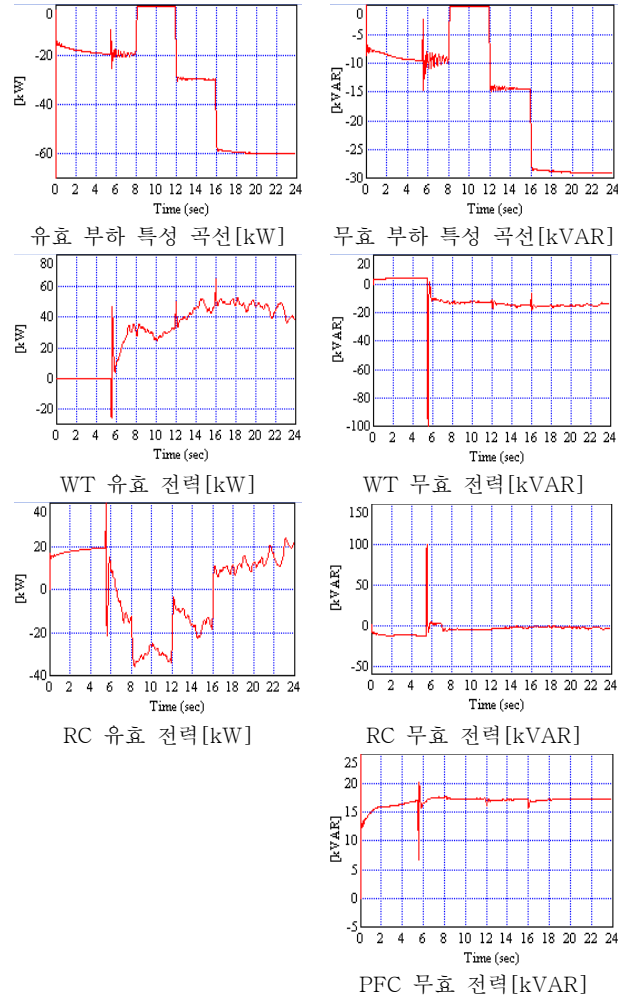
3. 결 론

본 논문에서 제안된 독립형 풍력 발전시스템은 섬이나 산간 오지 등 전력 네트워크에 접속하기 힘든 지역에서 사용될 수 있도록 고안된 것을 알아보았다. 이런 지역은 수시로 변화되는 풍향으로 인해 풍력 발전 시스템의 단독 운전 시 발생 할 수 있는 출력의 불균형과 불안정성을 해소함으로써 효율 향상을 기할 수 있음을 보여주었다. 풍력발전기의 블레이드의 수평 면적을 크게 함으로써 정해진 운전 영역에서는 수평축에 근접한 효율이 얻을 수 있음을 알 수 있을 뿐만 아니라 풍향 조건에 적합한 풍력터빈 설계의 중요성을 나타내준다.

풍력발전시스템의 효율은 정격풍속, 풍속에 적합한 블레이드의 선택과 설계사양, 블레이드의 직경, 그리고 부하조건과 발전기의 회전수 조건 등에 따라 급격히 변화되므로 풍화조건에 적합한 블레이드의 설계 이외에 풍속과 부하를 모니터링 하여 최대출력을 얻을 수 있게 실시간 부하를 제어가 필요함을 알 수 있었다.

덴마크 같은 풍력 선진국에서와 같이 우리나라에서도 국가적인 지원이 더욱 활성화 되어 풍력과 같은 신 재생에너지의 사용이 더욱 활발히 이

루어 저서 디젤 엔진을 사용하였을 때와 같이 오염 물질이 발생 되지 않는 친환경적인 시스템 발전에 큰 의의를 뒤야 할 것이다.



<그림 7> 발전 전력 밸런스 비교

[참 고 문 헌]

[1] Mukund R. Patel, Wind and Solar Power Systems, 1999
 [2] J.F.manwell, Hybrid2 - A Hybrid System Simulation Model Theory Manual, 2006
 [3] Jan T.Bialasiewicz, Renewable Energy Power System modular Simulator, 2001

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

This work is the outcome of a Manpower Development Program for Energy & Resources supported by the Ministry of Knowledge and Economy (MKE)