

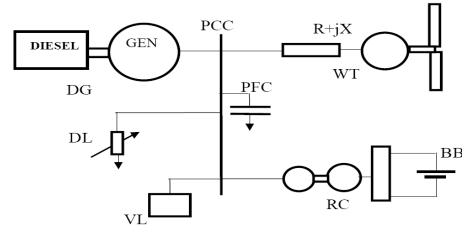
Diesel Generator-Wind Turbine-Battery 모델링에 관한 설계 및 분석

김재경, 이지영, 임승운, 김용선, 김재언
충북대학교 전기공학과

Diesel Generator-Wind Turbine-Battery Modeling Design and Analysis in Synchronous Condenser mode

Jae-Kyung Kim, Ji-Young Lee, Song-Woon Lim, Yong-Seon Kim, Jae-Eon Kim
Chung-Buk National University

Abstract - 본 논문은 대표적인 신재생에너지인 풍력발전에 관한 연구의 일환으로 RPM-Sim을 이용한 독립형 하이브리드 발전시스템의 시뮬레이션을 분석하였다. 시뮬레이션에서는 Wind Turbine, Diesel Generator, Rotary Converter, Village Load, Dump Load, PCC를 포함한 독립형 하이브리드 발전시스템을 구현하고, 이 하이브리드 시스템은 신재생에너지 자원인 풍력을 최대한 이용한 발전 시스템으로써 디젤 발전기의 사용을 최소한으로 줄여 부하를 충당할 수 있는 시스템을 구현하여 분석했다.



〈그림 2〉 하이브리드 시스템 기본 구성

최근 화석에너지의 고갈 위기와 함께 지구 환경에 대한 관심이 높아지면서 신재생에너지를 이용한 전기에너지 생산이 높은 관심을 받고 있다. 특히, 하이브리드 시스템은 신재생에너지 전원이 자연조건에 의존하는 특성으로 인하여 전력공급의 안정성 및 지속성에 있어 단점을 가지고 있는데, 이를 보완하기 위하여 서로 다른 특성을 가지는 에너지를 복합적으로 구성하는 것이다. 하이브리드 시스템의 에너지원으로는 풍력, 태양광, 연료 전지 등 다양한 신재생에너지를 복합적으로 사용하는데 본 논문은 풍력, 디젤발전기 및 배터리 등을 구현하여 분석할 것이다. 신재생에너지에 관한 연구는 터빈 및 발전기 제어, 계통 연계 및 보호 등 여러 분야에서 활발히 진행되고 있는데 본 논문은 하이브리드 시스템의 연구 방법으로 RPM-Sim을 이용한 독립형 하이브리드 발전시스템의 모델링을 분석하고 각 구성요소들이 서로 어떻게 영향을 받는지에 대해서 분석한다.

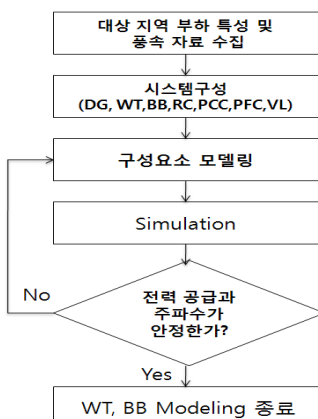
이 시스템에서는 마을단위의 소규모부하를 시간에 따라 임의로 변동시켜 그 부하에 필요한 전력을 두 가지의 전원이 적절히 분배되어 공급될 수 있도록 한다. 또한, 본 논문은 신재생에너지에 의한 발전을 기본으로 함으로 풍력발전기의 생산전력을 최대로 이용함으로써 디젤발전기의 발전량을 가능한 최소로 줄이는 것을 시뮬레이션의 목표로 한다. 부하량과 두 가지 전원의 기본 설정값은 다음과 같다.

- DG의 정격전력은 200kW이다.
- WT는 풍속에 따라 출력이 다르고 t=4sec에서 운전을 시작한다.
- VL는 전력이 처음 30kW(pf=0.98)이고, t=1.5sec에서 30kW(pf=0.75)로 변화, t=9sec에서 100kW(pf=0.75)로 변화, t=13sec에서 100kW(pf=0.98)로 변화, t=15.5sec에서 20kW(pf=0.98)로 변화한다.
- DL는 디젤 전력 제어에 따라 증감한다.

1. 서 론

2. 본 론

2.1 시뮬레이션의 구성요소



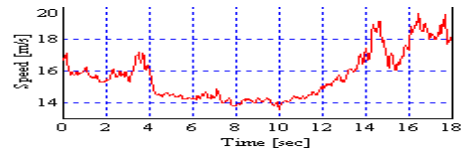
본 전력 시스템은 소규모 독립형 하이브리드 시스템이다. 〈그림-1〉은 RPM-Sim을 이용하여 구현한 하이브리드 시스템의 기본 구성을 나타낸다.

위의 그림에서 WT(wind turbine)와 DG(diesel generator)는 전력 전원을 나타내며, VL(village load)은 역률을 적용할 수 있는 전력 부하이고, DL(dump load)은 DG의 전압과 주파수를 조절할 수 있는 부하이다. 또한, 배터리와 RC(rotary converter)를 연계함으로써 보조전원으로 사용할 수 있다.

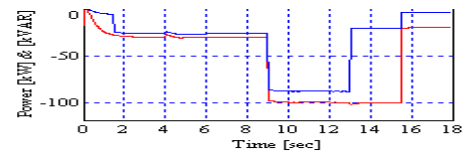
이 독립형 하이브리드 시스템은 소규모 마을단위의 부하를 가지는 시스템으로써, 전력전원인 디젤발전기와 풍력발전기를 연계해 소규모

마을부하의 변동이나 역률의 변화에 따른 상황을 임의로 조작해 전력을 안정적으로 공급할 수 있도록 각각의 요소들을 연계해 제어함으로써 하이브리드 시스템의 안정적인 운용을 목표로 하는 시뮬레이션을 구성한다.

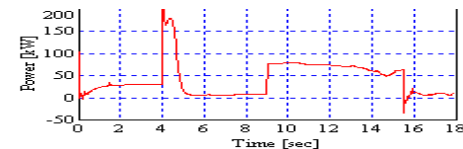
2.2.2 시뮬레이션 연구 결과



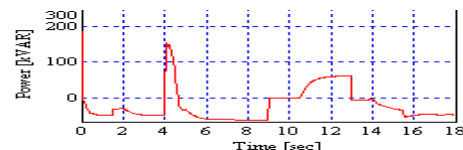
〈그림 3〉 Wind Speed



〈그림 4〉 Village Power



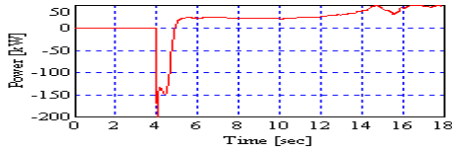
〈그림 5〉 Diesel Real Power



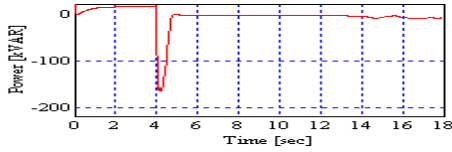
〈그림 6〉 Diesel reactive power

2.2 시뮬레이션 연구 및 분석

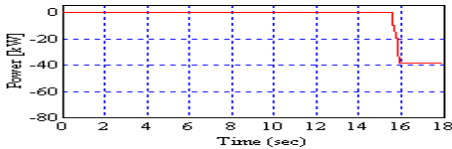
2.2.1 하이브리드 전력 시스템의 기본 설정



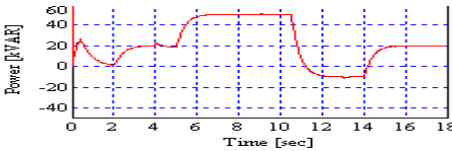
〈그림 7〉 Wind Generator Real Power



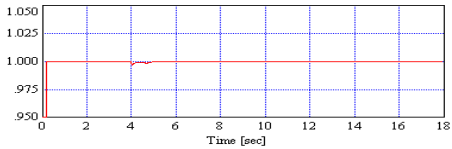
〈그림 8〉 Wind Generator Reactive Power



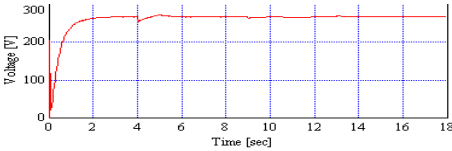
〈그림 9〉 Dump Load Power



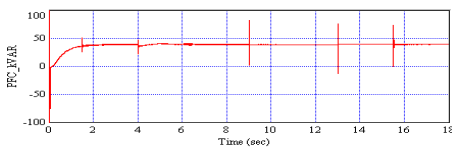
〈그림 10〉 Rotary Converter Reactive Power



〈그림 11〉 Frequency



〈그림 12〉 Line Voltage



〈그림 13〉 PFC Reactive Power

time(sec)	유효전력[kw]				무효전력[kVAR]			
	2	10	14	18	2	10	14	18
VL	-29	-100	-100	-20	-25	-90	-20	-3
RC	0	0	0	0	0	52	-10	20
DG	29	80	60	10	-30	0	-5	-48
PFC	0	0	0	0	37	40	40	41
WT	0	20	40	45	18	-2	-5	-10
DL	0	0	0	-35	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0

〈표 1〉 Balance of System Power

- t = 0s (기본 설정값)에서 DG가 발전을 시작한다.
- t = 1.5s VL의 역률은 0.98에서 0.75로 전환된다. 따라서 DG의 발전량은 조금씩 증가하게 된다.
- t = 2.5s DG에 의해 발전되는 전력은 부하 맞춰 30kW의 발전을 한다.
- t = 4s에서 WT의 유도 전동기를 처음 가동할 시에는 큰 부하로써 운전을 하고 WT의 그래프가 음수의 값으로 나타나고 이를 보충

하기위해 DG가 갑작스런 발전을 하는 것을 알 수 있다. 또한, 갑작스런 출력 변화에 의해 VL에서도 약간 불안정함이 나타난다.

- t = 5s에서 WT이 정상 가동 시까지 필요한 부하 전력을 DG에서 충족시켜줌에 따라 WT의 그래프는 정상상태로 회복하며 DG는 다시 원래의 정상 운전 상태로 되돌아간다.
- t = 5.5s에서 WT는 정상 상태 발전을 시작한다. 이때 WT의 발전량이 20kW를 넘게 됨으로써 부하 30kW중 대부분을 충당 할 수 있게 되어, DG의 발전량의 거의 0값에 근접하게 되며, 이때의 DG는 거의 발전을 하지 않고 주파수 조정의 역할만 하게 된다고 볼 수 있다.
- t = 9s에서 VL은 100kW 부하로 증가하고 역률은 불변한다. 갑자기 늘어난 부하량 때문에 풍력발전기의 20kW정도의 발전량으로는 충당이 불가능하므로 나머지의 모자란 부하량을 충족하기 위해서 DG는 발전량을 다시 증가시킨다.
- t = 10.5s에서는 50kVAR의 동기조상기에 의해 발전되는 무효전력 기준치 값을 10kVAR로 전환한다.
- t = 13s에서 100kW의 VL에서 역률은 0.75에서 0.98로 전환시켜 줌으로써 VL의 무효전력부하와 DG의 무효전력이 줄어든다. 한편으로, WT의 발전량이 30kW이상으로 점점 증가함에 따라 DG의 부하감당량이 줄어들게 되어 발전량이 줄어들게 된다.
- t = 15.5s에서 VL은 100kW에서 20kW로 감소한다. 따라서 다시 WT의 발전량으로 충당할 수 있을 만큼의 부하량이 됨으로써 DG의 출력은 거의 0에 가깝게 줄어들고 대부분을 주파수제어의 역할을 하게 된다.

2.2.3 시뮬레이션 결과 고찰

이 하이브리드 발전시스템에서 부하를 임의로 변동시켜줌으로써 얻은 시뮬레이션의 결과는 풍속이 약 15[m/s]인 소규모 마을에서의 설치를 전제로 했으며, 이러한 전제 하에 전원을 중·소형의 WT와 DG로 하고 신재생에너지인 풍력을 가능한 효율적으로 이용해 DG의 사용을 최대한 자제하는 시스템을 구현했다. 그 결과 중·소형의 WT으로 평균30kW의 부하를 감당하면서 DG는 DL을 통한 주파수 제어를 위한 최소의 가동만을 했다. 그 외의 경우 VL가 갑자기 증가할 때와 WT 가동시작 후 정상상태 발전 시작까지의 부하는 DG의 출력을 증가시킴으로써 일부분 DG의 사용량이 증가한 부분을 제외하고, 그 이후로 시간을 연장시켜 보더라도 특별한 경우를 제외하고, 신재생에너지인 풍력을 이용한 부하의 충당이 가능하다.

3. 결 론

본 논문에서는 독립형 하이브리드 시스템을 연구하였다. 이 시스템은 풍력, 디젤 및 배터리를 연계한 독립형 하이브리드로써 부하 변동 및 역률을 변화시켜 출력을 나타낸다. 결과 출력 시 0~18s까지의 시간을 설정하여 디젤발전기와 풍력발전기가 연동해 부하에 안정적인 전력을 공급하는 과정동안의 각 요소들의 변화량을 확인했다. 또한, 그 변화에 의해 각각의 구성요소들이 서로의 출력에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 살펴보았다.

이 시스템은 풍력과 디젤의 복합 발전기로 풍력 발전이 가능한 풍속에서 풍력 터빈을 이용하여 생산되는 전력을 부하에 공급하여 풍력 터빈이 발전하는 전력만큼 디젤 발전 시 디젤을 덜 사용해도 되므로 도서 산간이나 섬과 같이 유류 조달이 원활하지 못하는 지역에서 유용한 시스템이다. 또한 풍력 발전기의 발전량에 따라서 소규모 뿐 아니라 다양한 규모에서도 적용할 수 있다.

이처럼 독립형 하이브리드 시스템은 여러 가지 발전기를 복합시킴으로써 각각의 구성요소의 출력을 서로 보충하여 보다 높은 효율을 가질 수 있다. 그렇기에 전력공급의 안정성 및 지속성에 있어 단점을 가지고 있는 신재생에너지에서는 서로 다른 특성을 가지는 에너지원을 복합적으로 구성하고, 이와 같은 시스템을 보편화하는 방안을 강구하여야 하겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] Muljadi, E.; Gao, W.; Carson, R.; Zheglov, V, "Dynamic Simulation of a Hybrid Wind Power System Using RPMsim", Power System Conference and Exposition, 2009, 15-18 March 2009