

# 스마트 그린 빌딩을 위한 하이브리드 에너지 시스템 모델링 및 시뮬레이션

안보근\*, 이경규\*, 최재호\*, 송유진\*\*  
 충북대학교\*, 한국에너지기술연구원\*\*

## Modeling and simulation of Hybrid energy system for smart green building

Boguen An\*, KyungKyu Lee\*, Jaeho choi\*, Yujin Song\*\*  
 Chungbuk National University\*, Korea Institute of Energy Research\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 디젤발전기와 ESS(Energy Storage System)를 이용한 스마트 그린 빌딩의 하이브리드 에너지 시스템을 제안한다. 빌딩 하이브리드 에너지시스템은 다양한 전력원을 가질 수 있는데 기존의 디젤발전기에 화석연료를 저감할 목적으로 풍력발전시스템이나 태양광발전시스템과 같은 형태의 신재생에너지원들이 연계 운전될 수 있다. 여기서 디젤발전기의 느린 출력응답특성으로 인한 계통 전압 불안정화를 보상하기 위해 응답특성이 빠른 배터리와 슈퍼커패시터로 이루어진 에너지 저장장치와의 연계운전 기술을 제안하고 시뮬레이션 하였다.

### 1. 서 론

화석연료 고갈에 따른 에너지문제와 지구온난화에 의한 환경문제를 해결하기 위해 정부차원의 저탄소 녹색성장 정책이 진행 중이다. 이에 따라 전력전자분야에서 에너지 효율을 높이기 위한 연구가 활발히 진행 중이다.

스마트 그린빌딩은 기본적으로 계통으로부터 전력을 공급받지만 계통사고시 독자적으로 전력을 충당하기 위하여 디젤발전기와 같은 예비 발전설비를 갖는다. 이때 디젤발전기에서 소모하는 화석연료의 사용을 최소화 하여 에너지 효율을 높이고 탄소 배출을 줄여 환경 오염을 최소화 하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 스마트그린빌딩의 비상발전시스템에서의 디젤발전기와 에너지저장장치를 통해 빌딩에 고품질의 전력을 공급하고 디젤 발전기의 연료효율을 최대화기 위한 시스템을 설계하고 PSIM을 통해 모의 하였다.

### 2. 스마트 그린빌딩 시스템

#### 2.1 스마트 그린빌딩 시스템 구조

스마트그린빌딩의 비상발전시스템은 디젤발전기와 효율적인 발전기 운전을 보조하기 위한 배터리와 슈퍼커패시터등의 에너지 저장장치와 그러한 에너지저장장치들의 전력분담을 위한 DC/DC컨버터, 디젤발전기와 병렬연결을 위한 유·무효 전력제어 기법을 활용하여 인버터를 구성 하였다<sup>[2]</sup>.

이를 통해 디젤발전기의 연료소비효율을 최대한 지점에서 운전하여 에너지 효율을 높이고 에너지 저장장치를 통해 부하에 안정적인 전력 공급을 가능하게 한다.

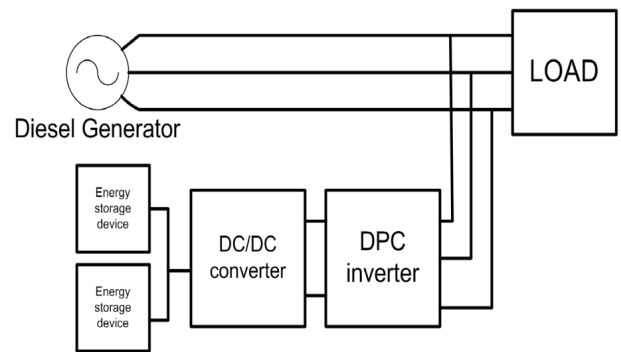


그림 1 스마트그린빌딩 비상 발전 시스템  
 Fig. 1 Smart Green Building Emergency Generation System

#### 2.2 디젤 발전기

그림 2와 같이 디젤발전기는 생산하는 전력에 따라 kW당 소비하는 연료의 양이 달라지게 된다.<sup>[1]</sup> 이를 BSFC(Brake Specific Fuel Consumption)라고 하며 발전기를 정격에서 운전할 때 연료효율이 가장 좋다. 발전기가 정격외의 영역에서 작동하면 발전하는 전력의 kW당 연료 소모가 많아져 연료 효율이 낮아지게 된다. 따라서 디젤발전기는 부하의 평균 용량을 정격으로 갖는 발전기를 사용한다. 본 시스템에서는 정격 10kW 디젤발전기를 사용하여 부하에 10kW의 전력을 공급한다.

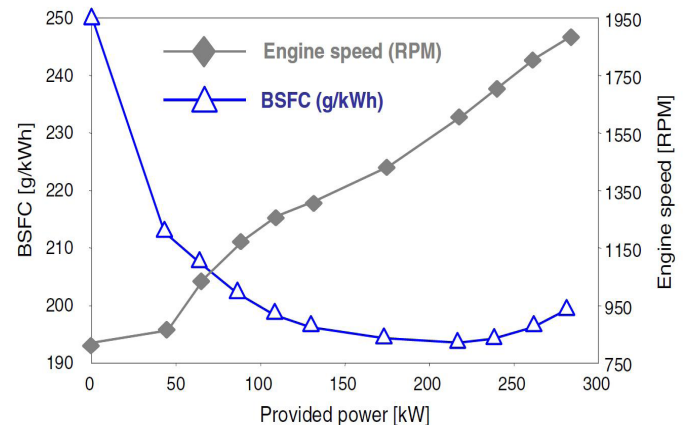


그림 2 215kW 디젤엔진의 연료효율  
 Fig. 2 Diesel Oil Consumption of a 215kW Generator<sup>[1]</sup>

표 1 스마트그린빌딩 모의 시스템 파라미터  
Table 1 Smart Green Building Simulation System Parameters

발전기 정격출력	10kW	PCC 전압	220V <sub>LN,RMS</sub>
ESS DC Link전압	700V	PCC 주파수	60Hz
배터리 전압	370V	배터리 용량	5Ah

### 2.3 에너지 저장장치

빌딩에너지 시스템에서 부하는 시시각각으로 변하게 되는데 이때 발전기가 공급하는 전력이 남거나 부족한 경우 배터리나 슈퍼 커패시터를 이용하여 전력을 저장하거나 부하에 공급하게 된다. 이를 위해 본 시스템에서는 3상 인버터를 유·무효 전력 제어 기법으로 제어하여 AC bus에 배터리를 병렬로 연결하였다. 배터리는 공칭전압 3.7V의 리튬폴리머 평균모델을 사용하였으며 직렬로 100개를 연결하여 ESS를 구성하였다.

## 3. 시뮬레이션

### 3.1 스마트그린빌딩 비상발전시스템 구성

그림 3은 스마트 그린빌딩 비상발전 시스템을 시뮬레이션 하기 위한 회로이다. 디젤발전기로부터 공급되는 전력이 부하 변동에 따라 배터리가 충·방전하며 부하측 전압이 일정하게 유지될 수 있도록 제어한다.

### 3.2 디젤발전기와 ESS의 협동 운전

그림 4는 10kW 디젤발전기와 배터리를 전원으로 갖는 인버터 그리고 부하전력을 나타내고 있다. 발전기는 최대연료효율 운전지점인 10kW로 정전력 운전을 하고 있으며 부하의 변화에 따라 배터리가 충·방전 동작을 하게 되어 전력을 보상하는 것을 알 수 있다. 지속적인 전력공급을 위해서는 배터리의 충전상태가 안정적이어야 하는데 이를 위해 발전기 선정에 있어 부하 프로파일상에서 부하의 평균전력을 정격으로 갖는 발전기를 선택하여 배터리의 SOC(State Of Charge)가 오래 유지되도록 한다

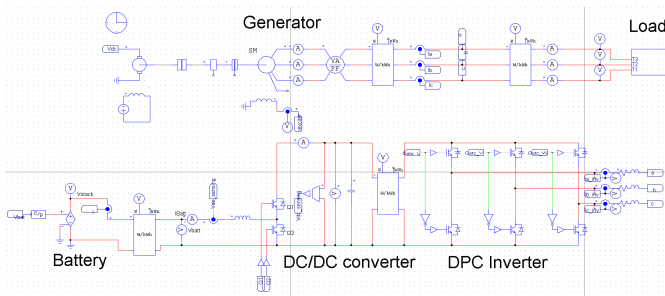


그림 3 스마트그린빌딩 비상발전 시스템  
Fig. 3 Smart Green Building Emergency System

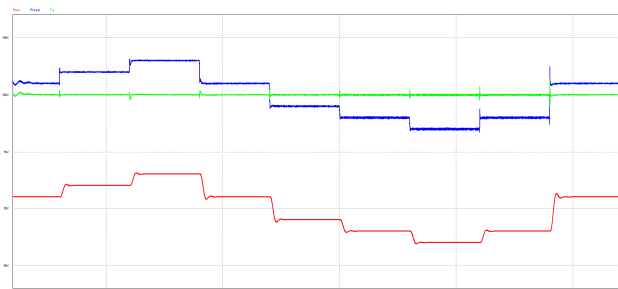


그림 4 발전기, ESS, 부하 전력  
Fig. 4 Generator, ESS, Load power

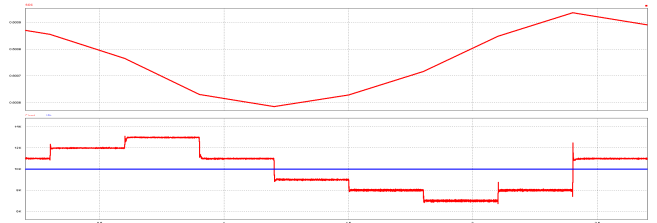


그림 5 부하용량에 따른 배터리 SOC의 변화  
Fig. 5 Change of Battery SOC according to Load Capacity

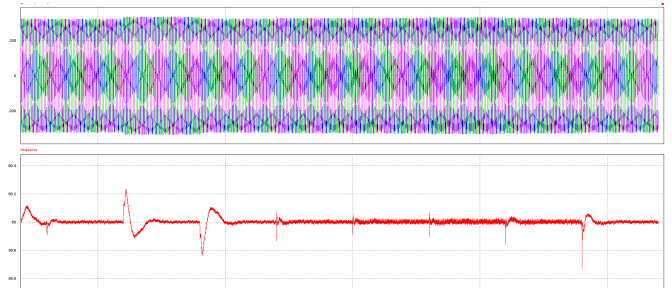


그림 6 PCC단 상전압과 주파수  
Fig. 6 Point of Common Coupling Voltage and Frequency

### 3.3 ESS와 유·무효 전력제어 인버터

본 시스템에서는 디젤발전기를 정전력 운전하므로 부하의 변화에 따라 ESS에 의해 전력 보상이 이루어 진다. 그림 4는 부하와 디젤발전기의 전력차이를 인버터를 통해 유·무효 전력을 보상하고 ESS내의 배터리 SOC변화를 나타내고 있다. 부하용량이 디젤발전기의 용량인 10kW보다 큰 경우 배터리가 방전하며 전력을 보상에 SOC가 떨어지게 되고 부하용량이 10kW보다 작은 경우 과생산되는 전력을 배터리에 충전하여 배터리의 SOC가 증가하게 되며 부하에 안정적으로 전력을 공급하는 결과를 보이고 있다. 부하는 평균전력이 10kW가 되도록 가정하고 임의로 선택하였다. 그 결과 배터리의 SOC가 일정영역 안에서 잘 유지 되는 모습을 보이고 있다. 또한 부하 변화에도 전압이 일정하게 유지되며 주파수는 60Hz에서 오차 범위 0.5%내에서 제어되고 있다.

## 4. 결론

본 논문에서는 빌딩의 비상발전시스템을 구성하였다. 디젤발전기를 최대 연료효율점에서 운전하여 연료 소모를 최소화 하였고 이에 따른 부하와 발전기 사이의 전력 불균형을 에너지 저장장치를 통하여 보상하였다.

이 논문은 2014년도 한국에너지기술연구원 주요사업 지원에 의하여 연구되었음

## 참고 문헌

- [1] C. R. Akli, X. Roboam, B. Sareni, and A. Jeunesse, "Energy management and sizing of a hybrid locomotive," in Proc. EPE, Aalborg, Denmark, Sep. 2 5, 2007, pp. 1 10. 3947 3958, Oct. 2009
- [2] M. Malinowski and M. P. Kazmierkowski, "Simple direct power control of three phase PWM rectifier using space vector modulation A comparative study," EPE J., vol. 13, no. 2, pp. 28 34, 2003.