

# 50kW 디젤발전기 모델링 및 독립운전모드 해석

이태진, 조종민, 신창훈, 차한주  
충남대학교

## 50kW Diesel Generator Modeling and Stand-alone Mode Analysis

Taejin Lee, Jongmin Jo, Changhoon Shin, Hanju Cha  
Chungnam National University

### ABSTRACT

본 논문에서는 50kW 디젤발전기를 MATLAB/SIMULINK를 이용해 모델링 하였으며, 독립운전을 통해 배터리에 전력을 공급하는 시스템을 시뮬레이션 하였다. 독립운전에서의 디젤발전기 제어기는 주파수를 제어하는 조속기와 전압을 제어하는 여자기로 구성되어 있으며, 액추에이터와 디젤엔진 등은 응답속도를 고려한 시정수를 갖는 시지연 함수로써 모델링하였다. 디젤발전기에서 CVCF 제어를 통해 BESS(Battery Energy Storage System)에 전력을 공급할 때, 디젤발전기와 BESS 측의 전압 특성을 분석하였다.

### 서론

디젤발전기의 원리는 디젤엔진을 원동기로 하여 전기를 발생시키는 방식이다. 디젤 엔진은 실린더 안에 공기를 흡입 및 압축해서 고온, 고압으로 동작한다. 여기에 액체연료를 분사하여 자연 발화시킨 다음 피스톤을 작동시킴으로써 동력을 얻어낸다. 디젤 발전은 공장, 원전 및 빌딩의 비상용 전원으로 쓰이며, 도서 지역에서는 독립전원으로 되어 부하에 전력을 공급하는 시스템으로 국내에 널리 사용되고 있다<sup>[1]</sup>. 특히 도서 지역에서의 배전선로를 통한 전력공급은 많은 비용과 시간이 소모되기 때문에 디젤발전기를 통한 전력공급은 시간과 비용을 줄일 수 있다. 하지만 디젤 발전의 경우, 항상 정격전력으로 운전할 수 없기 때문에 효율이 감소하고 이에 따른 연료 소비가 증가하게 된다. 이러한 이유 때문에 현재 신재생에너지가 도서지역에 적용되고 있다. 그러나, 신재생에너지는 날씨와 환경에 제약이 있기 때문에 항상 전력공급이 원활 할 수 없으므로 추가적으로 디젤발전기와 같은 대체 전원이 필요하다. 본 논문에서는 디젤발전기가 전원역할을 하여 배터리에 전력을 공급하는 시스템에 대해서 제안하였으며, 디젤발전기는 상시전원으로는 사용할 수 없지만 대체 전원으로써 배터리에 안정적으로 전력을 공급할 수 있다. MATLAB/SIMULINK를 이용해 50kW 디젤발전기의 조속기와 여자기의 제어기법 해석을 통해 디젤발전기에서 발생하는 전압, 전류 및 전력의 특성을 분석하였다.

## 50kW 디젤발전기 모델링 및 독립운전모드

### 2.1 디젤발전기의 독립운전 구조

그림 1은 디젤발전기의 독립운전 모드를 통해 BESS(Battery Energy Storage System)에 전력을 공급하는

MATLAB/SIMULINK 모델이다. BESS는 DC AC 3상 인버터, 배터리 뱅크로 구성된다. 디젤 발전기는 CVCF 제어를 통해 BESS에 전력을 공급하고, BESS는 정전류 제어를 수행하여 배터리 뱅크를 충전한다.

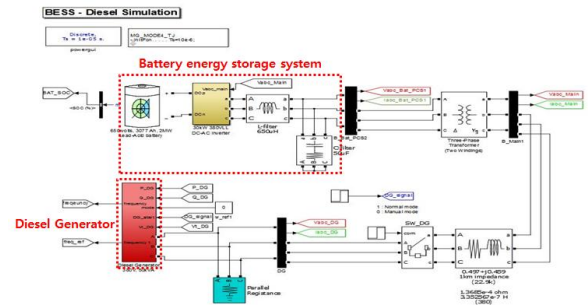


그림 1. 디젤발전기 및 BESS 시스템 연계운전 모델 구성  
Fig. 1. Diesel generator and BESS system connected model configuration

### 2.2 디젤발전기 독립운전 제어기 구조

그림 2는 디젤발전기 모델링으로 조속기, 여자기 및 동기발전기로 구성되어 있으며, 동기발전기의 안정적인 운전을 위해 조속기와 여자기는 주파수와 3상 출력전압을 제어하는 역할을 수행한다.

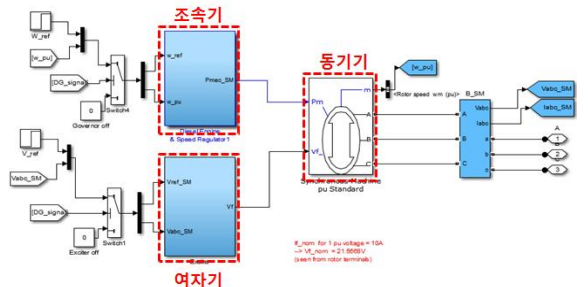


그림 2. 디젤발전기의 독립운전 제어기 구조  
Fig. 2. Configuration of diesel generator controller in stand alone mode

그림 3은 조속기의 주파수 제어기 블록도를 나타내며, 60Hz 주파수를 유지하는 주파수 제어기와 시정수로 표현되는 디젤엔진과 액추에이터의 응답속도를 고려하여 전달함수로 구성하였

다<sup>[2]</sup>. 조속기는 동기기의 회전속도를 일정한 값으로 유지하기 위해 사용하는 장치이며, 동기기에 기계에너지를 공급하는 역할을 수행한다. 그림 4는 여자의 전압제어 블록도로서 디젤발전기의 출력전압 3상 380V<sub>LL</sub>로 유지하는 전압 제어기와 시정수로 표현되는 Exciter( $\tau_e$ )와 Generator( $\tau_G$ )의 응답속도를 고려하여 전달함수로 구성하였다. 여자는 동기기에 계자전압 및 계자전류를 공급하는 역할을 수행한다.

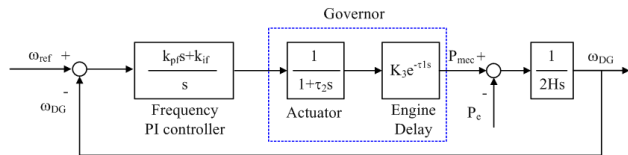


그림 3. 조속기의 주파수 제어 블록도  
Fig 3. Frequency control block diagram of Governor

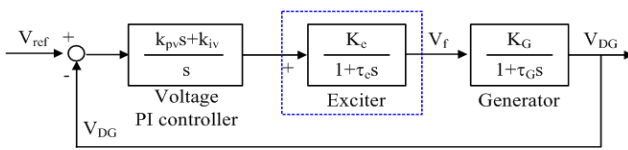


그림 4. 여자의 전압 제어 블록도  
Fig 4. Voltage control block diagram of Exciter

### 2.3 배터리 에너지 저장 시스템

BESS는 디젤발전기로부터 전력을 배터리에 공급하는 전력 변환장치로 정전류 제어를 수행한다. 전류제어기는 PI 제어기와 공진제어기가 적용되어 있으며, 두 제어기는 병렬구조의 형태로 구성되어 있다. PI 제어기는 3상 전류의 기본과 성분을 제어하고, 공진제어기는 인버터 데드타임에 의해 발생하는 고조파 성분을 보상하는 역할을 수행한다.

### 2.4 시뮬레이션 결과

그림 5는 디젤발전기로부터 충전되는 BESS의 충전 지령치를 보여준다. 충전 지령치는 4초에 0.8[p.u], 20초에 0.3[p.u]로 동작하며 1[p.u]는 50kW이다.

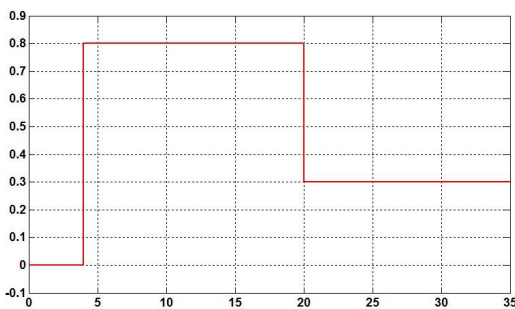


그림 5. BESS 충전용량 지령치  
Fig 5. Charge reference waveform of BESS

그림 6은 그림 5의 BESS 충전 지령치에 대한 충전전류 파형이며, 충전 지령치에 의해 디젤발전기에서 BESS 측으로 충전을 시작한다. 0~4초까지는 디젤발전기와 커패시터 사이에서 발생하는 전류이다. 4초에 0.8[p.u] 충전 지령치가 인가되면 소프트 스타트를 통해 전류는 점차 증가하고, 13초부터 20초까지 약 77A<sub>rms</sub>의 정상상태 전류를 유지한다. 20초부터는 0.3[p.u]의 충전 지령치 변화에 의해 충전전류는 감소하고 25초에서 약 29A<sub>rms</sub>의 정상상태 전류를 유지한다.

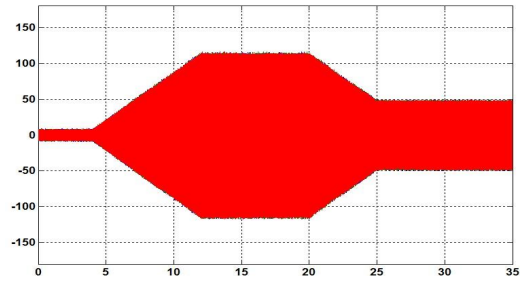


그림 6. BESS 충전전류 시뮬레이션 파형  
Fig 6. Charge Current simulation waveform of BESS

그림 7는 디젤발전기에서 공급하는 유효전력 결과를 보여준다. 0~4초까지 디젤발전기는 선간전압 380V, 주파수 60Hz의 무부하 상태로 동작한다. 4초부터 0.8[p.u] 충전 지령치에 의해 디젤발전기가 공급하는 유효전력이 증가하기 시작하고, 정상상태 구간인 13초부터 20초까지 0.8[p.u]로 전력을 공급한다. 20초에서는 0.3[p.u]로 변화하는 지령치에 의해 0.8[p.u]에서 0.3[p.u]로 용량을 변화시켜 충전한다. 이 때에도 전력은 안정적으로 변화하며, 25초에 정상상태에 도달하여 충전을 수행한다. 충전용량의 변화에도 안정적으로 전력을 공급함을 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있다.

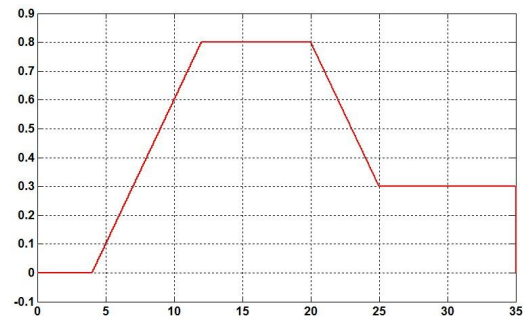


그림 7. 디젤발전기 유효전력 시뮬레이션 파형  
Fig 7. Active power simulation waveform of diesel generator

## 3. 결론

50kW 디젤발전기를 MATLAB/SIMULINK를 이용해 모델링하였으며, 독립운전을 통해 배터리에 전력을 공급하는 시스템을 시뮬레이션으로 나타냈다. 디젤발전기는 조속기, 여자기 및 시정수를 고려한 액추에이터와 디젤엔진으로 모델링하였다. 디젤발전기에서 CVCF 제어를 통해 BESS에 전력을 공급할 때, 디젤발전기와 BESS간의 전압, 전류 및 전력 특성을 분석하였으며, BESS의 충전용량의 변화에도 디젤발전기는 안정적인 전력을 공급함을 시뮬레이션 결과를 통해 확인하였다.

## 참고 문헌

- [1] 이우중, 이학주, 차한주 "50kW 계통연계형 디젤발전기의 모델링 및 실험", 전기학회논문지 제63권 제10호 pp. 1347-1353, 2014.10.
- [2] 이우중, 신규범, 차한주, "독립형 마이크로그리드에 적용되는 디젤발전기의 제어 및 해석", 전력전자학술대회논문집, pp. 355-356, 2014.7.