

# 디젤기반 하이브리드 시스템의 주파수 안정도 개선을 위한 디지털 Governor 제어기 개발

최상규\*, 이화춘\*, 이을재\*\*, 송성근\*\*\*, 심관식\*, 남해곤\*, 박성준\*  
 전남대학교\*, (주)신옥테크\*\*, 전자부품연구원\*\*\*

## Design of the digital governor controller on diesel-based hybrid system for improving the frequency stability

Sang Gyu Choi\*, Hwa Chun Lee\*, Yul Jae Lee\*\*, Sung Guen Song\*\*\*,  
 Kwan Shik Shim\*, Hae Kon Nam\*, Sung Jun Park\*  
 Chonnam National University\*, Sinok Tech\*\*, KETI\*\*\*

### ABSTRACT

하이브리드 발전 시스템에서 전압과 주파수제어는 서로 다른 분산전원의 동기화 및 전력제어에 있어 매우 중요하다. 본 논문에서는 하이브리드 시스템 디젤 발전기의 연료 분사량을 조절하는 액추에이터의 전류제어를 위한 디지털 Governor의 제어 알고리즘을 구현하고, 제어기 개발을 통해 부하 가변 시에도 안정된 주파수 값을 얻어내어, 발전기의 운전영역에서 안정된 속도제어가 이루어지는 것을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

### 1. 서론

현재 기계 산업과 전자 산업의 통합화가 이루어지면서, 기계 산업은 전자화 및 IT화를 이룩하게 되었고, 이에 따라 기계 산업이 고도화 되면서 시스템의 성능이 보다 향상되었을 뿐만 아니라 지능화 되었다.<sup>[1]</sup> 또한 국내외적으로 점차 강화되는 배기규제는 디젤 엔진 및 디젤 연료분사장치의 분야에 새로운 도전적인 환경으로 다가오고 있다. 이러한 환경 변화에 대응하기 위해서는 디젤 연료분사장치의 기술개발 방향은 고압화 전자화에 초점이 맞춰지고 있다.<sup>[2]</sup> 디젤엔진은 그 자체의 우수한 효율 특성으로 인해 독립형 분산전원 시스템의 원동기로 가장 많이 사용되는데, 기존의 디젤 엔진 발전기 시스템에서는 크랭크축과 동기 되어 움직이는 기계식 혹은 유압식 조속기를 이용하여 엔진을 일정한 속도로 운전하였다.<sup>[3]</sup> 하지만 입력전류의 크기에 따라 연료의 양을 제어하는 디지털 Governor의 간단한 구조와 우수한 제어성능으로 인해, 이러한 디지털 Governor를 이용한 디젤 엔진의 속도 제어에 관련한 연구 역시 활발하게 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 하이브리드 시스템 디젤 발전기의 연료 분사량을 조절하는 액추에이터의 전류제어를 위한 디지털 Governor의 제어 알고리즘을 구현하고, 제어기 개발을 통해 부하 가변 시에도 안정된 주파수 값을 얻어내어, 발전기의 운전영역에서 안정된 속도제어가 이루어지는 것을 시뮬레이션을 통해 검증하고자 한다.

### 2. 하이브리드 발전시스템 및 제안된 알고리즘

소형 풍력발전 시스템과 디젤발전 시스템을 연계한 하이브리드 발전 시스템은 주전원으로 디젤발전기를 사용하고, 불규

칙한 전력을 생산하는 풍력발전기를 보조적으로 연계함으로써 디젤 발전기의 사용을 최적화하는 시스템이다. 그림 1은 하이브리드 발전 시스템의 구성을 나타내고 있으며, 현재 디젤발전기(50KW 2set), 풍력발전기(10KW 3set), 덤프로드, 부하로 구성 되어있는 Medium급 복합발전 시스템이다.

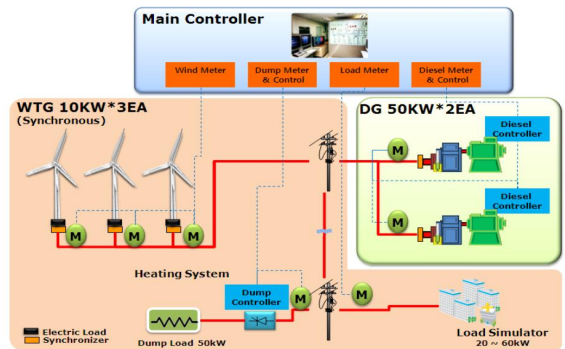


그림 1 하이브리드 발전 시스템 구성도  
 Fig. 1 Hybrid power system configuration

마그네틱 픽업센서는 엔진속도를 검출하기 위해 디지털 Governor에서 일반적으로 사용되는 센서이다. 엔진의 구동에 의해 회전하게 되면 마그네틱 픽업 센서는 회전에 대응하는 펄스를 발생시켜 그 회전수를 알려준다. 그림 2는 엔진의 구동을 제어하는 디지털 Governor에 있어서 엔진의 속도를 감지할 수 있는 마그네틱 픽업센서를 사용하여 일정한 엔진속도의 검출 주기에 따라 센서가 발생시키는 펄스의 수를 카운팅 하여 속도를 검출하는 블록다이어그램을 나타낸다.

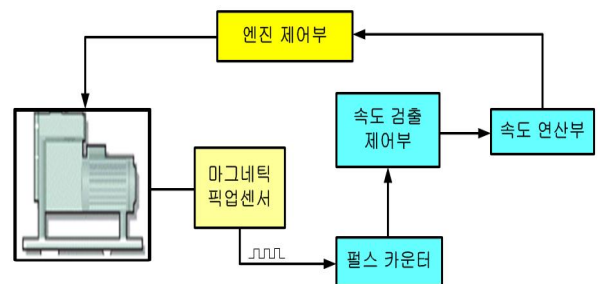


그림 2 속도검출 블록다이어그램  
 Fig.2 The block diagram of speed detection

그림 3은 정상상태모드에서의 제어 알고리즘으로써,  $V_{rpm}$  과  $V_{rpm}^*$ 의 차이를 확인하고 PI제어를 통해  $I_{ACT}^*$ 를 도출하게 된다. 또한  $I_{ACT}^*$ 와  $I_{ACT}$ 의 비교를 통해 PI제어를 하면  $S_{out}$ (결과 값)을 얻게 된다. 이 결과 값은 실질적으로 액추에이터에 인가되는 전류로서 연료 분사량을 조절하여 주파수 안정을 이루어 일정한 속도제어를 하게 된다.

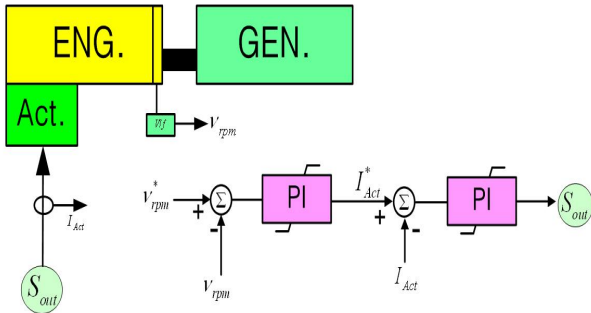


그림 3 제안된 정상상태 모드에서 제어 알고리즘  
Fig.3 The algorithm of proposed steady-state mode

엔진속도가 속도 지령치로 접근하기 위해서 제어가 오차분 에 해당하는 값이 전류 지령치로 들어가며, 제어기의 이득에 따라 오버슈트와 언더슈트가 반복되어 정상상태로 안정된다. 그림 4는 제안된 알고리즘의 추정 파형으로 본 알고리즘은 PSIM을 통해 검증하였다.

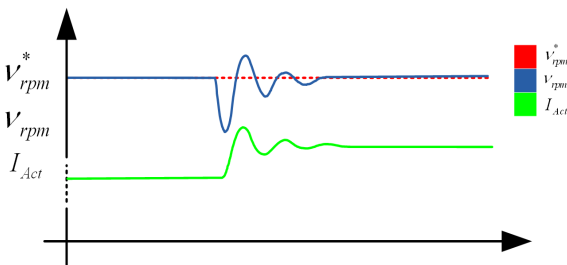


그림 4 제안된 알고리즘 추정 파형  
Fig.4 Estimated waveform of the proposed algorithm

### 3. 시뮬레이션

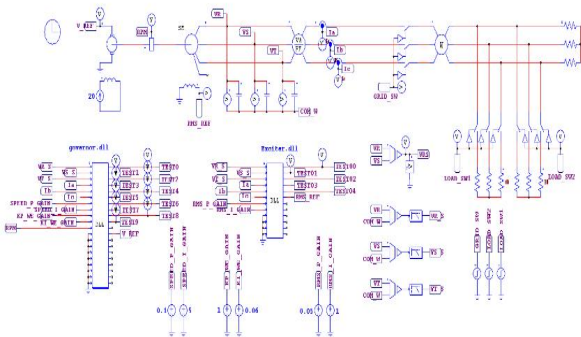


그림 5 시뮬레이션 회로도  
Fig.5 Simulation circuit

그림 5는 논문에서 제안하는 PSIM을 이용한 시뮬레이션 회로도이다. 엔진부는 DC machine 으로 대체하여 V\_REF 값에 따라 속도의 변화가 발생함을 알 수 있고, 제어부는 Visual C

를 이용한 dll파일을 사용하였다. 그림 6은 제안된 알고리즘의 시뮬레이션 파형이다. 위 시뮬레이션의 총 시간은 2[s]이며 부하의 투입은 가상적으로 GRID SW, LOAD SW1, LOAD SW2로 나타냈으며 투입시간은 0.1[s] 0.6[s] 0.9[s]이다. 이로부터 부하 투입 시 전류 및 전압의 변화를 확인할 수 있었으며, 또한 부하 변동에 따른 속도의 변화에도 액추에이터에 흐르는 전류제어를 통해 주파수 안정화를 이루어 일정한 시간이 지난 뒤에 속도 안정화가 이루어짐을 확인할 수 있었다.

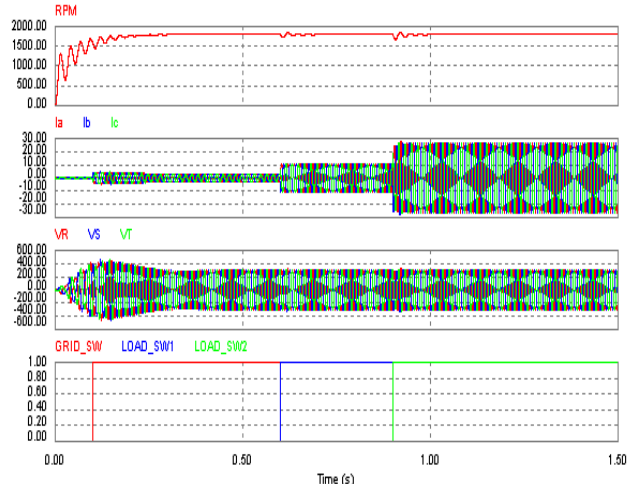


그림 6 시뮬레이션 파형  
Fig.6 The waveform of simulation

### 4. 결론

하이브리드 발전 시스템에서 디젤엔진 발전기의 속도제어는 중요한 의미를 지닌다. 본 논문에서는 디젤 발전기에 사용되는 엔진의 속도 제어를 위한 디지털 Governor의 제어 알고리즘을 설계하고, 시뮬레이션을 통하여 부하 변동 시에도 주파수 안정화를 이루어 발전기의 운전영역에서 안정된 속도제어가 이루어짐을 확인하였다.

지역혁신인력양성사업
본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임
이 논문은 호남광역경제권 선도산업 연구비 지원 에 의하여 연구되었음.

### 참고 문헌

- [1] D.J.McGowan, D.J.Morrow, and Brendan Fox, "Integrated Governor Control for Diesel Generating Set", IEEE Trans. On Energy Conversion, vol.21, pp.476 483, jun.2006
- [2] Qingwen Song, and Karolos M. Grigoriadis, "Diesel Engine Speed Regulation Using Linear Varying Control, Proc. Amrican Control Conference, vol.1, pp. 779 784, Jun. 2003
- [3] 이승환, "전기식 조속기를 이용한 디젤 엔진 발전기의 속도 제어", 전력전자학회 2008년도 학술대회 논문집 pp. 452 454, 2008.6