

# 디젤 기반 하이브리드 시스템의 전압안정도 개선을 위한 디지털 여자기 설계

기윤정\*, 이화춘\*, 이율재\*\*, 송성근\*\*\*, 박성준\*  
 전남대학교\*, (주)신옥테크\*\*, 전자부품연구원\*\*\*

## Design of the digital exciter controller on the diesel based hybrid system for improving the voltage stability

Yoon Jeong Ki\*, Hwa Chun Lee\*, Yul Jae Lee\*\*, Sung Guen Song\*\*\*, Sung Jun Park\*  
 Chonnam National University\*, Sinok Tech\*\*, KETI\*\*\*

### ABSTRACT

하이브리드 발전시스템에서 전압과 주파수제어는 서로 다른 분산전원의 동기화 및 전력제어에 있어서 매우 중요하다. 본 논문에서는 디젤발전 시스템에서 여자기 제어기에 대한 제어 알고리즘에 관한 것이며, 이는 기본 제어기 알고리즘에 여자기 전류에 대한 전류 지령치를 첨가함으로써 제어기의 속응성 및 안정도를 개선할 수 있도록 하였다.

### 1. 서론

디젤발전 시스템은 거버너 액츄에이터와 여자기의 전류제어를 통해 시스템의 주파수와 전압을 제어한다. 부하의 변동에 따라 두 개의 제어기는 독립적이지만, 주파수와 전압은 상호 밀접한 관계가 있다.<sup>[1]</sup> 일반적으로 풍력 태양광 디젤 발전의 병렬운전시, 분산전원의 연계형 인버터는 모션 측의 주파수와 전압에 의존하며, 연계기준에 부적합할 경우 빈번한 출력을 반복한다. 이에 따라 하이브리드 시스템에서 디젤발전기의 주파수와 전압제어기는 부하변동과 분산전원의 전력량에 따른 설계가 필요하며, 연계형 인버터의 고립운전 방지 알고리즘의 밴드폭을 넓게 설정하여야 한다. 본 논문에서는 부하변동과 외부 분산전원의 전력량에 따른 기존의 50kW 디젤발전기의 전압 및 주파수 특성을 분석하고, 제어기의 속응성과 안정도 향상을 위한 알고리즘을 제안한다. 이는 디젤발전기의 유효전력에 따른 액츄에이터의 전류 지령치를 Look up 테이블화 하여 제어기 전류지령치에 피드포워드 항으로 삽입하여 구현할 수 있다.

### 2. 제안된 디지털 여자기 시스템

소형 풍력발전 시스템과 디젤발전 시스템을 연계한 하이브리드 발전시스템은 주전원 디젤발전기를 사용하고, 불규칙한 전력을 생산하는 풍력발전기를 보조적으로 연계함으로써 디젤발전기의 사용을 최소화하여, 이를 통해 유훈비를 절감하는 발전시스템이다. 그림 1은 전체 시스템의 구성을 나타내고 있으며, 현재 디젤발전기(50kW 2set), PMSG(10kW 3set), 태양광(15kW), 덤프로드, 부하(60kW)로 구성되어 있다. 여자기는 브러시리스 타입이며, 회전 전기자형으로 구성되어 있다. 복합발전 시스템은 일반적으로 계통과 분리되어 도서지역의 부하를 독립적으로 담당하기 때문에 일정 범위의 전압, 주파수 변동에 대해 불안한 시스템으로 간주된다.



그림 1 하이브리드 발전시스템 구성도  
 Fig 1. Configuration of hybrid generation system

그림 2는 디젤발전기의 전압 및 주파수 허용범위를 나타내며, A영역은 연속시간 정격, B는 단시간 허용정격을 의미한다. 하지만, 위와 같이 분산전원과 부하의 용량이 디젤발전기 1대의 용량과 비슷한 시스템에서 디젤발전기 전압, 주파수 특성은 더욱 가혹하게 적용되어야 하며, 이에 따라 여자기의 속응성 또한 향상되어야 한다.

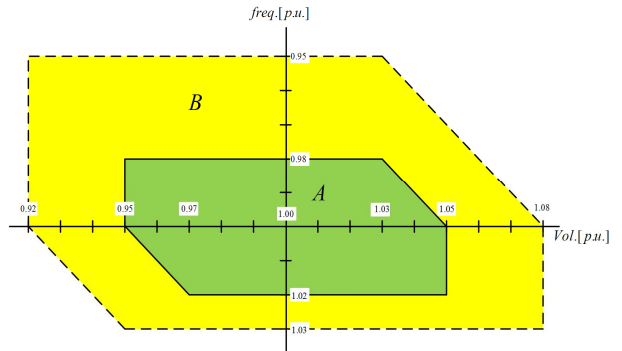


그림 2 발전기 전압 및 주파수  
 Fig. 2 Generator voltage and frequency

브러시리스 타입의 여자기는  $R_e$ ,  $L_e$ 로 구성되어 있고, 여자기의 출력은 정류되어, 발전기의 회전자에 유입되며, 그것은 또한  $R_r$ ,  $L_r$ 로 구성되어 있다. 회전자에 형성되는 자속  $\Phi_{fr}$ 를 제어하기 위해서는 여자기에 흐르는 전류를 제어하여, 발전

기 출력전압을 제어한다. 여자기 및 발전기 회전자의 스텝시험을 통해  $R_e = 16.67\Omega$ ,  $L_e = 3.3H$ ,  $R_r = 1.365\Omega$ ,  $L_r = 1.365H$ 이다. 또한 여자기 및 발전자의 시정수는  $\tau_e = 200ms$ ,  $\tau_r = 1s$ 임을 알 수 있다. 따라서 여자기의 전류제어기의 속응성을 개선하기 위해서는 전류변화량 값을 도입하여 제어기의 피드포워드항으로 삽입함으로써 여자기의 속응성을 앞당길 수 있다.

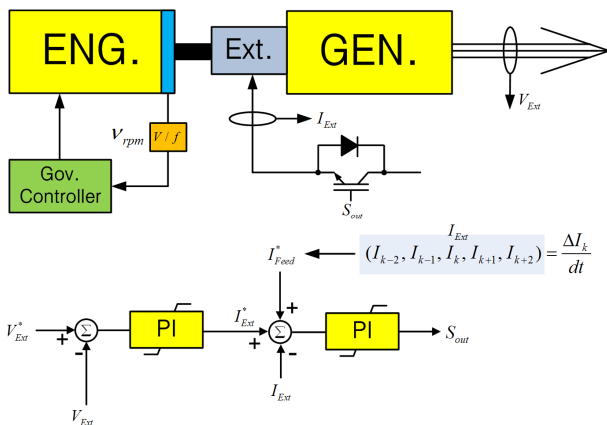


그림 3 제안된 여자기 제어 알고리즘  
Fig. 3 proposed exciter control algorithm

그림 3은 본 논문에서 제어하는 여자기 제어알고리즘을 나타내고 있다. 기존의 알고리즘은 전압 PI와 그것의 전류 PI로 구성되어 출력전압을 제어하지만, 제안하는 방식은 이전 샘플된 전류 변화량의 변화율 즉 기울기 변화율 정보를 가지고 1차 지연시스템인 여자기의 전류 지령치를 앞당겨서 제어한다.

$$\frac{i(s)}{V(s)} = \frac{1}{1.67 + 3.3s} \quad (1)$$

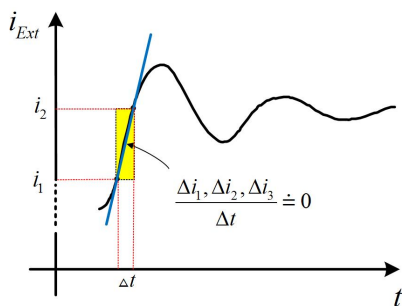


그림 4 전류 변화율에 따른 특성곡선  
Fig. 4 Characteristic curve of current deviation

식 (1)은 여자기의 전달함수를 나타내고 있으며, 그림 4는 세부 제안된 알고리즘을 나타내고 있으며, 여자기 시정수의 50%마진으로 설계되었다.

### 3. 시뮬레이션 결과

그림 5는 본 알고리즘의 타당성을 검증하기 위해서 PISM을 이용해서 여자기를 모의한 것이다. 엔진의 거버너 부분은 일정

속도 특성으로 가정하였으며, 총 부하 30kW를 스텝으로 인가하여 전압특성을 확인하였다. 그림 6은 출력전압 파형 및 전압 지령치 및 유효전력을 나타내고 있으며, 순간 부하변동에도 출력전압제어가 일정하게 제어됨을 알 수 있다.

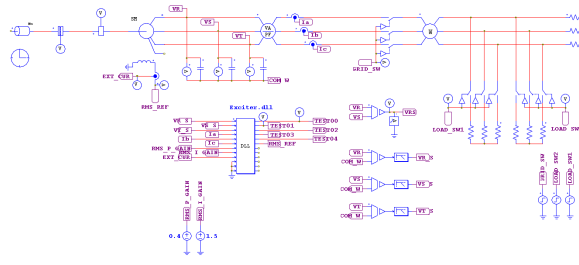


그림 5 시뮬레이션 회로도  
Fig. 5 Simulation circuit

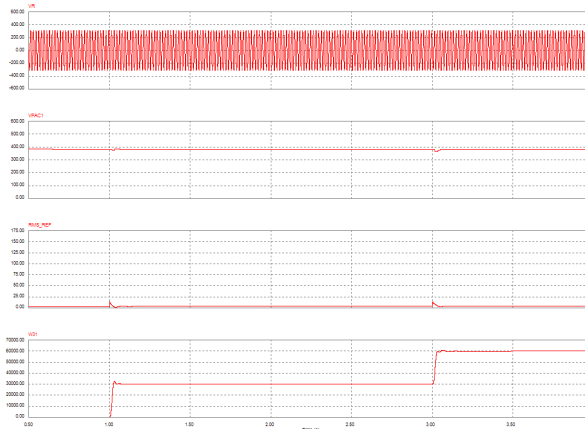


그림 6 결과파형  
Fig. 6 Output waveform

### 4. 결론

본 논문이 제안한 알고리즘은 전류 변화량 값을 도입하여 제어기의 피드포워드항으로 삽입함으로써 여자기 전류에 대한 전류 지령치를 앞당김으로써 제어기의 속응성 및 안정도를 개선시키는 기작인데, PSIM 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 검증 및 확인하였다.

이 논문은 호남광역경제권 선도사업 연구비 지원에 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