

영구자석 여자기형 발전기의 전압변동 억제 제어방식

조영준, 곽윤창, 이동희
경성대학교 메카트로닉스공학과

Permanent magnet excitation generator Voltage fluctuation suppression control method

YeongJun Jo, YunChang Kwak, Dong Hee Lee
Dept. of Mechatronics Engineering, Kyungsung University

ABSTRACT

This paper proposes a control scheme of the voltage ripple suppression for the permanent magnet exciter generator. The output voltage of the permanent magnet excitation generator is affected by the field current, load current and the engine speed. The engine speed can be controlled by the governor. But, the actual frequency is changed at the starting and a sudden load variation. As a result, output voltage overshoot and undershoot can decrease the power quality in the grid system. The proposed control scheme uses a frequency factor to control the field current of the generator for the voltage ripple reduction. Because of the linkage flux is proportional to the frequency, the instantaneous frequency can consider the linkage flux. The proposed control method shows the improved control performance for the permanent magnet excitation generator through simulation.

1. 서론

발전기는 마이크로그리드와 스마트 그리드 시스템의 가장 핵심이 되는 요소로, 최근에는 비상발전기와 전력선이 연계되지 않는 도서 지역 등에서 전력 공급을 위해 많이 사용되고 있다. 111안정적인 전력 공급과 계통 설비의 안정성을 위해서 발전기의 제어와 성능은 매우 중요한 요소이다. 제안된 발전기는 영구자석 여자기를 사용하여 부하의 변동에 대해서도 내부 제어기로 출력전압의 제어가 가능하다. 발전기의 출력은 엔진의 회전속도에 따른 계자전류와 발전기 출력 부하에 의해 결정된다. 계자전류는 내부 제어기에서 여자기 출력전압을 PWM(Pulse Width Modulation)제어를 통해 직접적으로 제어하므로 빠른 응답성을 가진다.

본 논문은 제안된 주파수 비례득 제어방식을 통한 발전기 전압제어 알고리즘을 통해 엔진속도변화로부터 전압리플을 억제하기 위한 제어기법을 제시한다. 제안된 제어기법은 발전기의 전압 제어기에서 주파수 계수를 사용하여 디젤 엔진의 속도 변화에 대한 전압 변동을 개선하게 된다.

2.1 발전기의 구조

그림 1은 제안된 영구자석 여자기형 발전기의 구조를 나타낸다. 제안된 발전기의 발전전압은 디젤 엔진의 회전으로부터

영구자석 여자기가 회전하고 생성된 여자전압이 EDAVR(Embedded Digital AVR)을 통해 정류되고 PWM제어를 통해 계자전류는 발전기에 인가되어 발전기 발전전압이 생성된다. 영구자석 여자기는 배터리나 발전기 출력전압을 사용하지 않고 여자전압을 발생시킬 수 있어 초기전원 공급이 필요하지 않다.^[1]

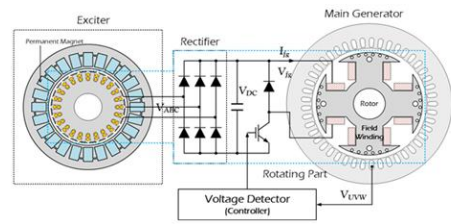


그림 1 제안된 영구자석 여자기형 발전기의 구조
Fig. 1 The proposed permanent magnet excitation generator

2.2 발전기의 기존 제어방식

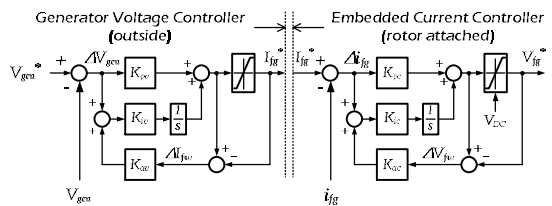


그림 2 기존 영구자석 여자기형 발전기 제어 기법
Fig. 2 Existing permanent magnet excitation generator control technique

그림 2는 기존의 영구자석 여자기 제어형 발전기의 제어 기법을 보여준다. 발전기의 외부 제어기는 출력전압을 감지하고 제어하며, 내부 제어기는 발전기의 축에 부착되어 같이 회전하며 계자 전류를 제어한다. 두 제어기 사이엔 적외선 무선 통신을 통해 연결 되어 있다. 외부 제어기에서 실제 발전기 출력전압을 측정하여 기준 값과 비교 한 뒤 PI 제어기에 의해 계자전류 지령치가 결정된다.^[2] 적외선 통신을 통해 내부 제어기로 계자전류 지령치가 전송된다. 여자기의 출력전압이 정류되어 내부 제어기로 공급되고 출력전압은 PWM제어로 제어된다. 기준 전류는 다음 식과 같이 결정된다.

$$\Delta V_{gen} = V_{gen}^* - V_{gen} \quad (1)$$

$$I_{fg}^* = K_{pw} \Delta V_{gen} + \int (K_{iv} (\Delta V_{gen} + K_{av} \cdot \Delta I_{fw})) dt \quad (2)$$

$$\Delta i_{fg} = I_{fg}^* - i_{fg} \quad (3)$$

$$V_{fg}^* = K_{pc} \Delta i_{fg} + \int (K_{ic} (\Delta i_{fg} + K_{ac} \cdot \Delta V_{fw})) dt \quad (4)$$

기존 전압 제어방식은 정상상태의 계자 전류에 의해 출력전압을 제어한다. 엔진 주파수가 변동하게 되면 발전기 출력 전압은 동일한 계자 권선 전류에서 증가하게 되고, 이로 인하여 기동시 발전기의 출력전압에 오버슈트가 발생하게 된다. 이 오버슈트 전압은 발전기의 사양에 따라 다르게 되며, 일부 발전기에서는 오버슈트 전압으로 인하여 연결된 시스템에 문제를 발생시킬 수 있다.

2.3 발전기의 제안된 제어방식

그림 3은 제안된 전압 제어 기법을 나타내고 있다. 제안된 방법에서는 간단한 주파수 가중 계수를 사용하여 주파수 변화로부터 전압 변동을 억제한다. 외부 전압 제어기에서 주파수 검출기는 발전기의 실제 주파수를 계산한다.

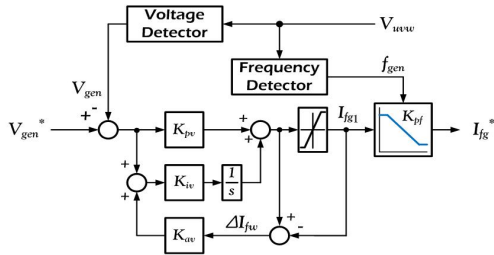


그림 3 제안된 발전기의 제어 방식
Fig. 3 The proposed control scheme

실제 주파수가 정상대역보다 낮으면 가중치가 증가하여 계자 권선 전류가 증가한다. 반대로 실제 주파수가 정상대역보다 높으면 경우 계자 권선 전류를 줄여 오버슈트 전압을 억제한다. 결정된 주파수 가중계수는 전압 제어기의 제어 값의 배수로 설정한다. 식은 아래와 같다. 여기서 f_{gen} 은 계산된 발전기 작동 주파수계수이다.

$$I_{fg}^* = I_{fg1} \cdot K_{pf}(f_{gen}) \quad (6)$$

2.4 시뮬레이션

그림 4는 기존 제어방식으로 시뮬레이션한 결과이다. V_{gen}^* 과 V_{gen} 은 발전기 출력전압의 지령치와 측정치이다. 여자기 출력전압이 90V에 도달하여 내부 제어기가 동작되고 발전전압이 310V에 도달해 외부 제어기가 동작된다. 이때 주파수 변화에 따른 발전전압의 오버슈트가 나타나고 있다.

그림 5는 제안된 제어방식을 적용한 제어 그래프이다. 발전기 출력전압이 변동주파수를 고려하여 계자전류를 지령하여 오버슈트가 억제하고 있음을 확인할 수 있다.

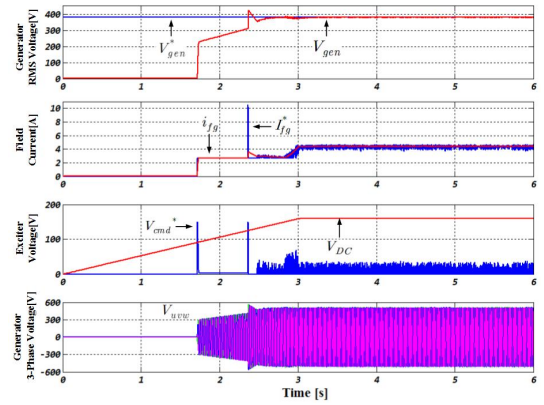


그림 4 기존 제어방식의 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation result of the conventional method

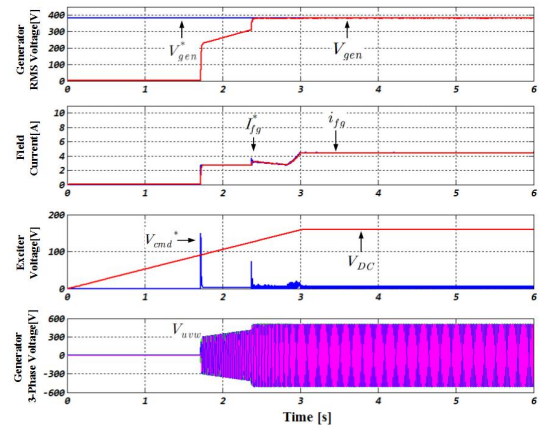


그림 5 제안된 제어방식의 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Simulation result of the proposed method

3. 결론

본 논문은 영구자석 여자기 제어형 발전기의 오버슈트와 언더슈트를 줄이기 위해 주파수 비례득 제어방식을 제안하였다. 제안된 제어기는 발전기의 변동주파수를 고려한 역가중치의 비례함수를 사용하여 최종적인 계자전류를 제어함으로써, 발전기의 속도 변동에 따른 전압변동 성분을 억제하여 정상상태의 안정성과 과도상태의 응답성을 개선하였으며, 시뮬레이션에서 기동상태에서의 오버슈트가 개선됨을 확인할 수 있었다.

이 논문은 한국전력공사의 재원으로 기초전력연구원의 2015년 선정 기초연구개발과제의 지원을 받아 수행된 것임. (과제번호 : R15XA03 19)

참고 문헌

- [1] A. Godhwani, M. J. Basler, "A digital excitation control system for use on brushless excited synchronous generators," IEEE Trans. on Energy Conversion, vol. 11, No. 3, pp.616-620, Sep. 1996.
- [2] Yuan Cao, Jin Ma, "Research on PID parameters optimization of synchronous generator excitation control system." CRIS Conf., pp. 1-5, Sept 2010.