독립형 계통시스템에서 동기발전기 병렬운전 특성

고현석, 강성현, 김선필, 박성준
전남대학교

Characteristics of parallel operation of synchronous generator in a stand-alone grid system

Hyun Seok Ko, Seong Hyun Kang, Sun pil Kim, Sung Jun Park
Chonnam National University

ABSTRACT

화석 에너지의 고갈과 환경문제의 대두로 인하여 에너지 효율이 중요시 되고 있다. 이로 인하여 효율적인 비상발전 운용 시스템이 요구되고 있다. 하나의 발전기로 구동할 경우 용량에 비해 적은 부하가 발생할 경우 효율이 떨어지는 문제가 발생한다. 때문에 산업용 비상발전기의 경우 발전기의 효율성 문제로 하나의 발전기로 구동하는 방식이 아닌 다중 발전기를 병렬로 구동하는 방식을 선택한다. 본 논문에서는 55kAV급 동기발전기(synchronous generator) 2기를 이용하여, 발전기의 병렬운전 특성을 파악하려 한다.

1. 서 론

일반적인 발전 시스템에서 단독 운전하는 경우는 임시 발전 시스템이나 상 발전 시스템이다. 일반적으로 동기발전기 병렬운전 시스템의 메인 발전기는 운전을 하고 있으며, 부하 증가 시 서브(sub) 발전기는 무 부하 상태로 동기화하여 부하를 분담하게 된다. 무 부하 상태의 서브 발전기를 병렬 운전할 경우, 메인 발전기의 전압과 같게 전압을 조정하고, 주파수를 약간 높게 하며 위상이 앞선 상태로 병렬운전에 돌입하게 된다. 이는 병렬운전에 들어간 발전기가 부하를 분담함으로써, 서브 발전기의 주파수가 감소하여 역 전력(Reverse power) 상태로 되는 것을 막기 위함이다. 따라서 병렬운전에 들어가면 발전기의 속도와 전압을 높여주어 부하를 분담할 수 있도록 하는 것이 일반적인 병렬운전 방법이다.[1]

본 논문에서는 전류, 전압, 주파수, 상회전 방향, 위상을 제어함으로써 동기발전기의 병렬운전 특성을 파악한다. 또한 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통하여 본 논문의 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 동기발전기 병렬운전의 장점

그림 1은 동기발전기의 기본적인 병렬연결 구성도이다. 한 개의 대용량 발전기로 구성하여 수용가의 부하에 전기를 공급하지 않고 여러 개의 발전기를 병렬로 구성하여 발전 시, 전력계통의 신뢰성을 향상 시킬 수 있다. 여러 개의 발전기로 구성이 되어 있기 때문에 하나의 발전기가 고장이 발생 하더라도,

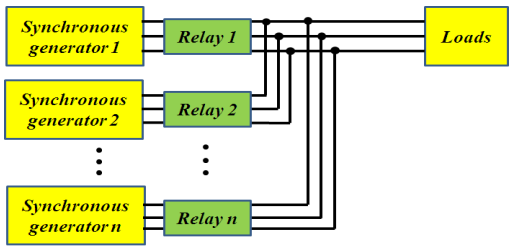


그림 1 동기발전기 병렬연결 구성도
Fig. 1 The parallel configuration of Synchronous Generator

발전전력 손실의 최소화 및 공급 부족의 폭을 적게 할 수 있다. 또한, 발전기의 분산 설치가 가능하여 수용가의 근접해 있는 발전기에서 공급 하도록 할 수 있어 송전 손실을 줄일 수 있으며, 부하의 크기에 따라 발전기의 운용수를 조절이 가능하여 경제적인 운전이 가능하다.

2.2 동기 발전기 병렬운전 특성해석

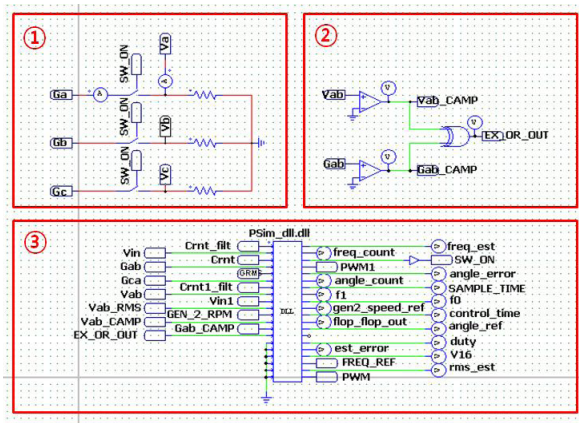
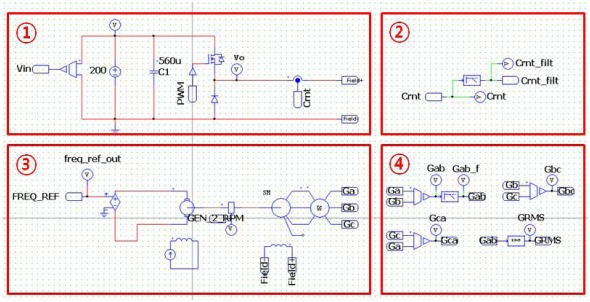
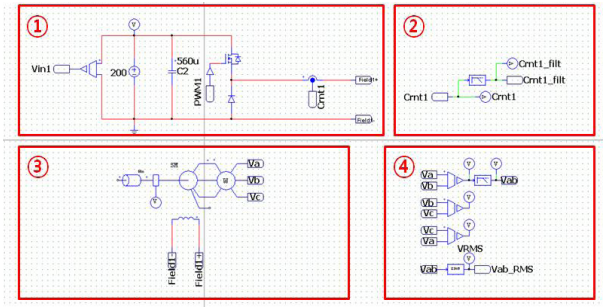


그림 2 동기 발전기 병렬운전 제어기
Fig. 2 The parallel operation controller of synchronous generator

동기 발전기의 병렬운전의 특성의 검증을 위하여, PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통하여 연동해석을 수행하였다. 선간 전압 380[Vrms], 주파수 60[Hz]으로 선정하였다.



(a)



(b)

그림 3 PSIM 시뮬레이션 발전기 회로((a)서브 발전기, (b) 메인발전기)

Fig. 3 The PSIM simulation generator circuit((a) The sub generator, (b) The main generator)

그림 2는 동기 발전기 병렬운전제어를 위한 제어기 회로도이다. 그림 2의 ①은 시스템의 부하단을 나타내며 스위치를 통하여 서브 발전기의 출력을 연계할 수 있도록 되어 있다. ②는 2개의 발전기의 위상차를 검출하는 회로이며, ③은 DLL로 구현된 제어기이다.

그림 3은 PSIM으로 구현된 발전기 회로이다. (a)는 서브발전기, (b)는 메인발전기 회로도이다. 그림 (a)와 (b)의 ①은 동기발전기의 여자전류 제어회로이고, ②는 여자전류 측정 회로이다. 회로 ③은 발전기회로로 앞단의 DC모터 제어를 통하여 발전기의 속도를 제어하고, 회로 ④는 발전기에서 출력되는 전압을 측정한다. 메인 발전기의 모터속도는 1800[rpm]으로 고정, 서브발전기의 속도는 제어기를 통하여 제어되며 그 외의 발전기 파라미터 값은 동일하게 설정하였다.

2.3 시뮬레이션 결과

메인 발전기의 모터속도는 고정이 되어 있기 때문에 일정한 주파수로 발전한다. 제어기는 이 주파수를 기준으로 하여 서브 발전기의 주파수를 추종하게 된다. 그림 4는 동기 발전기의 여자전류, 출력선간전압, 제어기 에러값, 발전기 주파수의 결과 파형을 나타낸다. 제어기 에러값과 발전기 주파수 파형을 살펴보면, 서브발전기의 발전 주파수가 메인 발전기 주파수와 의 오차가 줄어들며, 0.5[s] 지점에서 서브 발전기의 주파수가 앞선다. 이 때, 서브 발전기를 메인발전기와 병렬로 연계를 시키게 되며, 서브 발전기와 메인 발전기는 동일한 전압을 출력하게 된다.

그림 5는 메인 발전기와 서브 발전기의 발전전력 파형이다. 0.5[s]에서 서브 발전기의 출력전력이 증가하며 시간이 흐를 수

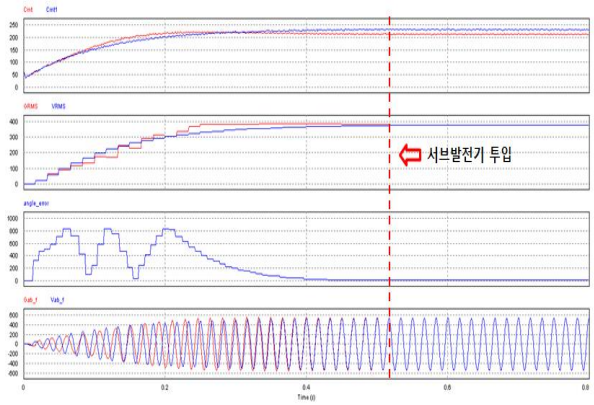


그림 4 시뮬레이션 결과 (위에서부터 여자전류, 출력선간전압, 제어기 에러값, 발전기 주파수)

Fig. 4 Simulation result (Above filed current, the output voltage line-to-line, the error value of controller, the frequency of generator)

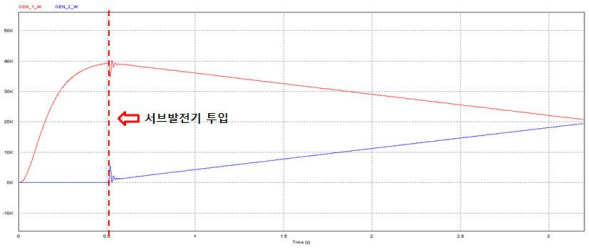


그림 5 발전 전력파형

Fig. 5 The generated output-power waveform

록 두 발전기의 발전량이 비슷해짐을 알 수 있다. 더 빠른 반응속도를 가지려면 동기발전기의 유효성분 제어, 즉 발전기의 회전수 제어가 필요하다.

3. 결 론

본 논문에서는 독립형 계통시스템에서 동기발전기 병렬운전 특성에 대하여 알아보았다. 발전기의 병렬운전 시, 부하 변화에 대한 응답성이 빠르고 시스템의 발전전력에 대한 신뢰성을 확보 할 수 있다. PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통하여 병렬운전 특성에 대하여 해석을 수행하였다.

이 논문은 (주)삼성SDI 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

[1] Paresh C. Sen, Principles of Electric Machines and Power Electronics: Second Edition, WILEY Publishing Company, Inc. pp. 337 338, 1996

[2] 류연수, 유왕진, 이철규, 문종범, “계통연계 태양광발전시스템과 회전계자형 동기발전기의 병렬운전 특성”, 한국태양에너지학회 학술대회논문집 , 2008. 4, pp.43 48. 2008