

# 동기스위치 전압검출에 의한 동기기 병렬구동에 대한 연구

김선필<sup>1</sup>, 이승열<sup>1</sup>, 황정구<sup>1</sup>, 강필순<sup>2</sup>, 박성준<sup>1</sup>  
 전남대학교, 한밭대학교

## Research for parallel operation the synchomous machine by a synchronous switch voltage detection

Sun pil Kim<sup>1</sup>, Seung yeol Lee<sup>1</sup>, Jung gu Hwang<sup>1</sup>, Feel soon Kang<sup>2</sup>, Sung jun Park<sup>1</sup>  
 Chonnam National University<sup>1</sup>, Hanbat National University<sup>2</sup>

### ABSTRACT

본 논문은 연구자식 동기발전기의 병렬운전을 위한 동기 스위치 전압 검출에 의한 동기기 병렬구동에 관한 연구이다. 동기 스위치 전압검출은 동기기가 병렬구동 시, 스위치의 양단의 전압을 검출하고, 전위차가 0[V]에 근접하게 되면 스위치를 ON시켜 계통과 연계를 위해 본 논문에서 제안하는 기법이다. 제안된 기법은 각 동기기의 동일한 한 상(phase)의 정보를 통하여 병렬구동이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 제안된 기법에 대하여 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 검증한다.

### 1. 서 론

일반적인 발전 시스템에서 단독 운전하는 경우는 임시 발전 시스템이나 상 발전 시스템이다. 일반적으로 동기발전기 병렬 운전 시스템의 메인 발전기는 운전을 하고 있으며, 부하 증가 시 보조 발전기는 무 부하 상태로 동기화하여 부하를 분담하게 된다. 무 부하 상태의 서브 발전기를 병렬 운전할 경우, 메인 발전기의 전압과 같게 전압을 조정하고, 주파수를 연계기준 내에서 동기주파수보다 높게하여 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 발전기의속도와 전압을 높여주어 부하를 분담할 수 있도록 하는 것이 일반적인 병렬운전 방법이다.<sup>[1][2]</sup>

본 논문에서는 동기스위치의 전압검출을 통한 발전기 병렬구동 기법에 대하여 제안한다. 발전기의 병렬구동을 위한 동기스위치의 양단 전압을 검출을 하고, a b변환만을 함으로써, 각 발전기의 출력에 대한 a β변환, d q변환을 할 필요가 없고, 주파수 및 위상각을 추종을 할 필요가 없다는 장점을 갖는다. 제안된 알고리즘의 검증을 위해 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.

### 2. 동기 스위치의 전압 검출 기법

#### 2.1 발전기 병렬구동 구성

그림 1은 두 대의 발전기 사이의 병렬구동 구성도이다. 발전기 1은 계통연계스위치를 통하여 계통과 연계되어 로컬부하에 전력을 공급하게 되어 계통의 부하 부담을 분담하게 된다.

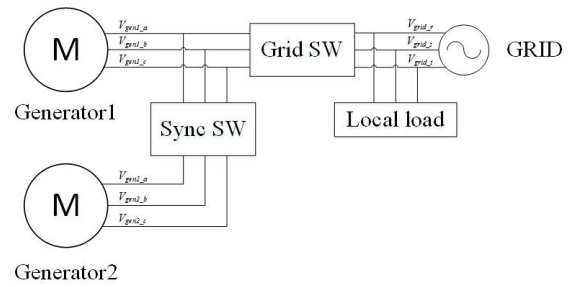


그림 1 발전기 병렬구동 구성도  
 Fig. 1 The generator parallel-driven configuration

#### 2.2 동기 스위치 전압 검출

제안된 동기 스위치 전압검출은 동기스위치의 전압을 검출하여 각 상에 대한 a β변환을 수행한다. 동기 스위치의 양단의 전압은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} V_{sync-r} &= V_{gen1-r} - V_{gen2-r} \\ V_{sync-s} &= V_{gen1-s} - V_{gen2-s} \\ V_{sync-t} &= V_{gen1-t} - V_{gen2-t} \end{aligned} \quad (1)$$

식(1)을 이용하여 a β 변환을 하면 다음과 같다.

$$V_{sync-\alpha} = \frac{2V_{sync-r} - V_{sync-s} - V_{sync-t}}{3} \quad (2)$$

$$V_{sync-\beta} = \frac{V_{sync-s} - V_{sync-t}}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

$$V_{sync-n} = \frac{\sqrt{2}(V_{sync-\alpha} + V_{sync-s} + V_{sync-t})}{3} \quad (4)$$

a β상의 실효값은 다음과 같다.

$$V_{sync-rms} = \sqrt{(V_{sync-\alpha})^2 + (V_{sync-\beta})^2} \quad (5)$$

동기 스위치 양단의 각 상에 대한 전위차는 각 발전기의 전압의 차와 같다. 즉, 발전기의 출력 전압의 크기가 같고, 주파수가 같으며 위상각이 일치하면 동기 스위치의 양단의 전압의 크기는 0[V]가 된다. 동기 스위치의 각 상의 전압의 크기가

0[V]가 되면,  $V_{sync\ \alpha}$  값과  $V_{sync\ \beta}$  값 또한 0[V]가 된다. 따라서  $V_{sync\ \alpha}$  값과  $V_{sync\ \beta}$  값으로 구한  $V_{sync\ rms}$ 가 0[V]가 되며 동기스위치의 동작 조건이 충족된다.

일반적으로 발전기가 병렬구동하기 위해서는 동기 스위치 양단에서 각각  $\alpha$  변환,  $d$  q 변환을 수행하여 상(Phase)크기를 추종하고, PLL을 하여 주파수 및 위상을 동기화 시킨 후 동기 스위치를 구동하게 된다. 하지만 제안된 알고리즘은  $d$  q 변환 및 PLL을 수행하지 않고  $\alpha$  변환만을 수행하여 주파수 및 위상차 추종 없이 동기 스위치를 동작 시킬 수 있으며, 동기화를 위한 제어 알고리즘이 간단하게 구현된다는 장점을 갖는다.

### 3. 시뮬레이션

제안된 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

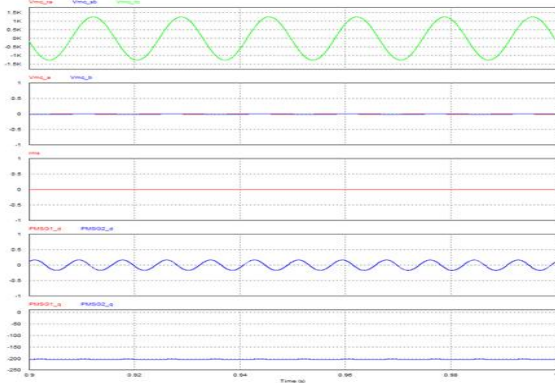


그림 2 시뮬레이션 결과 (동기화 조건)  
Fig. 2 Simulation result (synchronize condition)

그림 2는 제안된 알고리즘의 동기화 조건을 충족하였을 때의 파형이다. 맨 위의 파형은 동기 스위치 양단의 전압에 대한 파형으로, 각 상의 전위차가 동일함을 확인 할 수 있다. 두 번째 파형은 첫 번째 파형으로  $\alpha$  변환을 수행한 결과이다.  $\alpha$  상과  $\beta$  상이 0[V]를 수렴하고 있음을 확인 할 수 있으며, 세 번째 파형 실효값의 결과 또한 0[V]를 수렴함을 확인 할 수 있다. 네 번째 파형과 다섯 번째 파형은 각 발전기에 대하여  $d$  q 변환을 수행한 값으로 주파수 및 위상각 차이가 없음을 확인 할 수 있다.

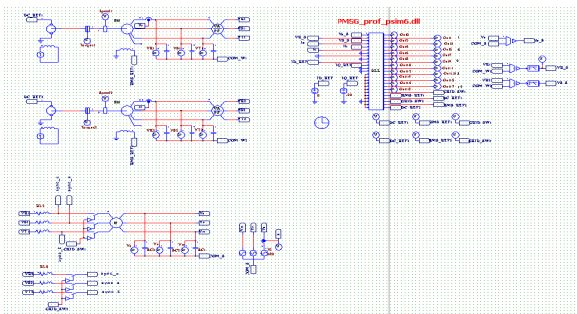
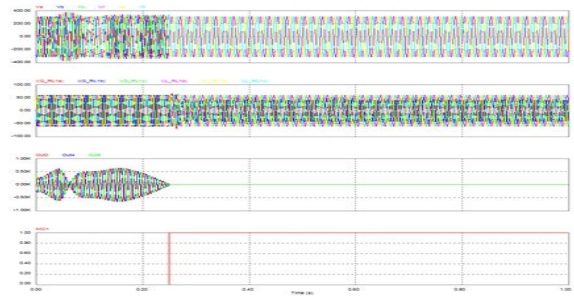
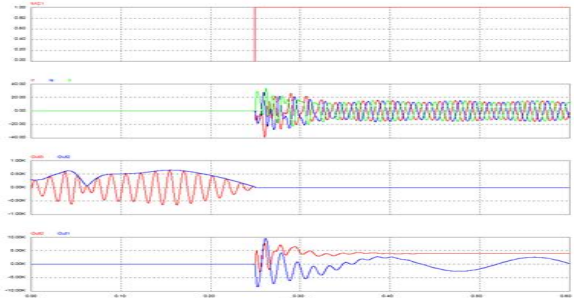


그림 3 시뮬레이션 회로 (발전기 구동)  
Fig. 3 Simulation circuit (Generator operation)



(a) 발전기의 전압 전류파형



(b) 동기 스위치 구동 시 확대 파형

그림 4 시뮬레이션 결과 (발전기 구동)  
Fig. 4 Simulation result (Generator operation)

그림3은 발전기 병렬구동을 위해 구현한 PSIM 회로도이며 그림4는 시뮬레이션 결과 파형이다. (b)의 파형을 살펴보면 첫 번째 파형은 동기 스위치의 시그널 파형으로 스위치가 ON이 되는 순간, 발전기의 전류가 출력이 됨을 두 번째 파형에서 확인 할 수 있다. 이 때,  $\alpha$ 값과 rms를 보면 0[V]가 되는 순간 스위치가 ON이 되는 구간임을 세 번째 파형에서 확인 할 수 있다.

### 4. 결 론

본 논문은 동기 스위치의 전압 검출을 이용한 동기기의 병렬구동에 대하여 연구를 수행하였다. 제안된 동기스위치의 전압 검출 기법은 이전의 발전기 병렬구동 동기화 알고리즘을 간소화하여 구동이 가능함을 확인 할 수 있다. 제안된 알고리즘의 타당성 검증을 위하여 시뮬레이션을 통하여 확인 하였다.

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역특화산업육성사업으로 수행된 연구결과입니다.

### 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] 류.연.수., 유.왕.진., 이.철.규., 문.중.범., “계통연계 태양광발전시스템과 회전계자형 동기발전기의 병렬운전특성”, 한국태양에너지학회 학술대회논문집, 2008. 4, pp.43 48. 2008