

자동동기장치 성능평가를 위한 3상 정밀파형발생기 개발

정태진^{*}, 차영호^{*}, 박호철^{**}, 천영식^{**}, 정찬수^{*}

3-Phase High Precision Sinusoidal Signal Generator for Performance Measure of Autosynchronizer

Tae-Jin Chung, Young-Ho Cha, Ho-Chul Park, Young-Sik Chun, Chan-Soo Chung

*승실대교 전기공학과(Tel:+82-2-820-0645;Fax:+82-2-820-0649;E-mail:tarzan@elecpwr.songsil.ac.kr)

**한전기공(주) 전력전자팀(Tel:+82-2-2500-547,Fax:+82-2-2500-408;E-mail:ys0813@kps.co.kr)

Abstracts We develops a simulator to evaluate the performance of the autosynchronizer. The autosynchronizer is used to automatically synchronize magnitude, frequency, and phase of 3 phase signals of generator with respect to those of the utility grid. This autosynchronizer needs to be evaluated its performance to prevent malfunctions. To do this, 3 phase signals of generator and the utility grid are simulated and signals of the generator should be changed by output of the autosynchronizer with high precision. In this paper, we uses TMS320C31 to generate high precision sinusoidal 3 phase signals using Table Lookup method. In this process, it is very desirable to control magnitude, frequency, and phase of the signal with high precision and this is achieved by appropriate interpolation method. The resulted signal is well controlled and has low THD and could be used to evaluate the performance of the autosynchronizer.

발전소를 무부하 운전하는 것은 발전기에 부담을 주게 되므로 실계통의 3상신호와 발전소의 3상신호를 모의발생할 수 있는 장치가 필요하다.

본 논문에서는 자동동기장치의 성능을 파악하기 위한 3상 모의신호발생기를 제작한다. 이 발생기는 자동동기기의 투입시기를 정확하게 파악하기 위해서 정확한 정현파를 발생하고 고정밀도의 주파수, 위상, 크기를 변화시킬 수 있어야 한다. 이를 위해서 TMS320C31을 이용하여 고정밀의 3상 정현파를 발생시킨다. 정현파의 발생 알고리즘은 Table Lookup 방식을 사용하며 주파수와 위상의 정밀제어를 위해 interpolation을 도입하여 설계사양에 만족하는 정현파의 제어를 실현한다.

2. 자동동기장치의 개요

실계통에 발전소를 투입하기 위해서 발전소측에 연결한 자동동기장치의 개념도를 그림 1에서 보인다. 그림에서 자동동기장

1. 서론

발전소를 실계통에 투입할 경우, 실계통을 기준으로 주파수, 위상, 크기에 대한 동기를 맞추어 투입하지 않을 경우 발전소측에 부담을 주어 물리적 손실뿐만 아니라 경제적 손실을 가져올 수 있다. 이에 대부분의 발전소의 경우 발전소를 투입할 때 전문가의 도움으로 적절한 때에 수동으로 투입하는 방법을 사용해 오고 있다. 화력발전소나 양수발전소의 경우에는 발전소를 실계통에 자주 투입하여야 함으로 전문가 대신에 자동동기장치를 이용해서 자동으로 최적의 투입시기에 발전소를 투입하는 방식을 사용한다. 이럴 경우, 자동동기장치의 성능 자체가 최적 투입시점을 좌우하는데 중요한 요소로서 작용한다. 실제의 경우 발전소의 특성 자체가 변하고 자동동기기의 특성도 변하므로 자동동기장치가 현재 어떤 성능을 가지고 있는지를 파악해야 할 필요성이 있다. 하지만 자동동기기의 성능을 파악하기 위해서

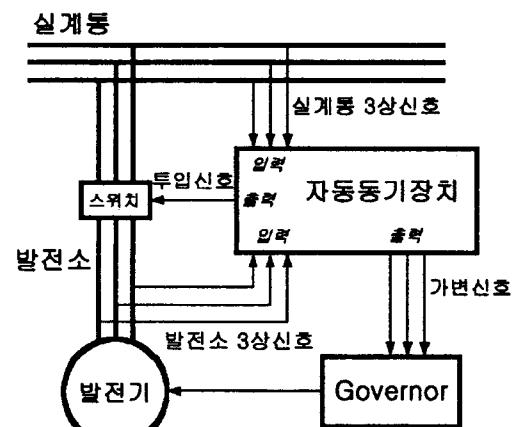


그림 1 자동동기장치의 개요

치의 실계통의 3상 정현파와 발전기의 3상 정현파를 입력신호로 하고, 주파수, 위상, 그리고 크기 가변신호와 투입신호를 출력으로 한다. 즉, 자동동기장치는 입력신호를 바탕으로 실계통의 3상신호를 기준으로 발전기의 3상신호에 대한 주파수, 위상, 크기의 차이를 측정하고 동기를 맞추기 위한 변환신호를 발전소에 출력한다. 그리고 발전소의 신호가 동기를 위한 허용범위에 들어오게 되면 투입신호를 출력하여 발전소를 실계통에 자동으로 투입하게 된다. 따라서 자동동기장치의 성능을 평가하기 위해서는 그림 1에서 자동동기장치를 제외한 부분을 시뮬레이트하여야 한다. 본 논문에서는 시뮬레이터의 3상 정현파신호를 정확하게 발생하고 고정밀로 가변할 수 있는 3상신호 발생기를 구현한다.

3. 3상 정현신호의 사양

자동동기장치의 성능을 평가하기 위한 3상 정현신호의 시뮬레이터는 동기장치의 성능에 대한 기준을 가지고 있어야함으로 상당한 고정밀성을 필요로 한다. 우선 요구되는 정현신호의 사양을 보면 표1과 같다.

출력전압	범위	0-175 VAC
	정확도	0.1%
	정밀도	0.1V Step Increment
	왜곡율	1% Max THD
주파수	범위	55 - 65 Hz
	정확도	0.1% of Rated Change
	정밀도	0.1Hz Step Increment
위상	범위	-90 - 90 degree
	정확도	0.5 degree
	정밀도	0.1 degree Step Increment

표 1 3상 정현신호의 사양.

4. 정현파 발생 알고리즘

일반적으로 정형파를 발생하는 알고리즘은 크게 아날로그방

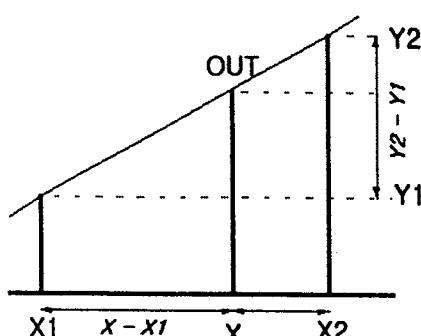


그림 2 Interpolation의 개념도

식, Table Lookup 방식, 차분방정식을 이용하는 방식으로 나눌 수 있다. 우선 아날로그 방식은 고정된 주파수와 위상에 대해서는 정확한 과정을 발생시킬 수 있지만 고정밀로 가변하기에는 어려움이 많다. 그리고 차분방정식을 이용한 방식은 사인함수의 z-변환을 이용하는 방식인데 이 경우 임의의 주파수와 위상을 갖는 정현파를 발생할 때 오차가 누적되는 현상이 발생함으로 구현시 알고리즘이 복잡해질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 Table Lookup 방식을 이용해서 고정밀로 가변할 수 있는 방법을 이용한다. Table Lookup 방식은 미리 저장된 개수의 정현파 데이터를 저장하고 이를 읽어서 출력함으로써 정현파를 발생시키는 방법이다. 이때 저장된 사인파형 데이터사이의 interpolation을 적절히 수행함으로써 원하는 정밀도의 주파수와 위상을 갖는 정현파를 발생할 수 있다. 그림 2는 사용된 interpolation의 개념도를 보인다. 그림 2에서 Y1과 Y2는 미리 저장되어진 정현파 데이터이고 그 사이의 데이터가 필요할 경우에 (1)과 같이 계산을 함으로써 값을 구할 수 있다

$$OUT = (Y2 - Y1) \times (X - X1) + Y1 \quad (1)$$

4.1 THD(Total Harmonic Distortion)에 대한 고찰

일반적으로 정현파 발생시 THD(Total Harmonic Distortion)은 데이터의 양자화오차와 정형파의 샘플링과정에서 발생한다고 알려져 있다. 특히 샘플링과정이 THD에 미치는 영향은 양자화과정에서의 영향보다 상당히 큼 것으로 알려져 있다. [3]에서는 이에 대한 몇 가지 계산결과를 보였는데 본 논문에서는 저장할 사인데이터의 갯수를 크게함으로서 이에대한 영향을 줄였다.

5. 하드웨어의 구현

4장에서 설명한 알고리즘을 하드웨어로 구현하기 위해 TMS320C31 DSP를 이용하였고 계산된 사인데이터를 아날로그신호로 변환하기 위해 16bit DAC인 AD569를 사용하였다. Table Lookup 방식에서 사용한 사인데이터의 갯수는 1800개로 하고 이를 ROM에 저장하여 계산에 이용하였다.

그림 4는 구현한 하드웨어의 블럭선도이다. 실계통의 3상신호와 발전소의 3상신호를 2개의 TMS320C31을 이용하여 각각 모의

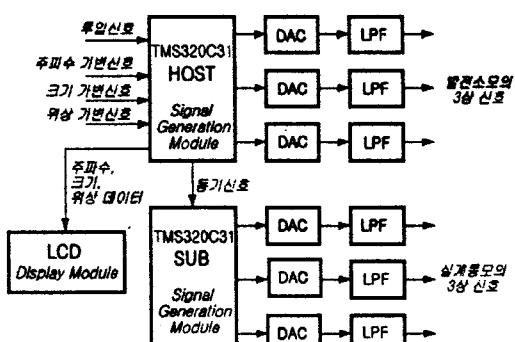


그림 3 구현된 하드웨어 블럭선도

발생하였고 DAC의 출력을 저주파통과필터를 통과시켰다. 발전소모의 부분에서는 자동동기장치의 출력인 크기, 주파수, 위상가변신호를 입력받아서 출력신호를 가변할 수 있게하였고 현재의 출력신호상태를 모니터하기위해서 LCD 모듈을 사용하여 상태를 출력하도록 하였다. 또 2그룹의 3상신호간의 위상을 제어하기위해서 SUB 발생모듈은 HOST 발생모듈의 동기신호에 맞추어 신호를 출력하게 하였다. 만일 발전소의 신호가 투입 가능한 하용범위 내에 들어 자동동기기가 투입신호를 발생하면 시뮬레이터에서는 이를 인식하고 투입시점에서의 주파수, 위상, 크기의 정보를 출력하게 된다.

5.1 발생된 정현파의 분석

그림 5는 발생 주파수에 대해서 정현파의 THD를 계산하여 발생된 정현파가 설계사양을 만족하는지를 확인하기 위하여 주파수 가변폭에 대해서 55Hz부터 0.1Hz 간격으로 65Hz까지 주파수를 가변하고 발생되는 데이터의 유효자리를 0.00001로 하였을때의 THD 값을 그린 것이다. 그림에서 보면 최대 THD값이 4×10^{-6} 으로서 전 주파수범위에서 THD 조건을 만족함을 알 수 있다. 표2에서는 발생 정현파의 주파수를 가변시켰을 때 발생되는 정현파의 주파수를 측정하여 보인 것이다. 표에서 보면 최대 0.003 degree의 오차가 있음을 알 수 있다.

Command Frequency	Generated Frequency
55.0 [Hz]	55.08 [Hz]
57.5 [Hz]	57.47 [Hz]
59.5 [Hz]	59.47 [Hz]
59.9 [Hz]	59.87 [Hz]
60.0 [Hz]	60.01 [Hz]
60.1 [Hz]	60.11 [Hz]
60.5 [Hz]	60.51 [Hz]
62.5 [Hz]	62.51 [Hz]
65.0 [Hz]	65.00 [Hz]

표 2 발생된 정현파 주파수의 측정치

6. 결론

본 논문에서는 발전소를 실계통에 투입할 때 동기를 맞춰주는 작업을 자동으로 수행해주는 자동동기기의 성능을 평가하기 위한 시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 시뮬레이터는 실계통의 3상신호와 발전소측의 3상신호를 모의발생하며 발전소측에서는 자동동기의 과형변환신호를 입력으로하여 발생하는 신호의 크기와 주파수, 위상을 정밀제어할 수 있도록 하였다. 발생되는 정현파의 주파수에 따른 THD를 검토함으로써 설계요구조건을 만족하는 정현파가 발생됨을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 발생한 신호발생기가 자동동기기의 성능을 평가할 수 있는 시뮬레이터에 이용될 수 있음을 보였다.

참고문헌

- [1] TMS320C3x User's Guide, Texas Instrument Inc., 1994
- [2] 이상락, 박귀태, C언어로 쉽게 쓰는 TMS320C31, 대영사, 1995
- [3] Digital Sine-Wave Synthesis Using the DSP56001, Motorola Inc., 1988

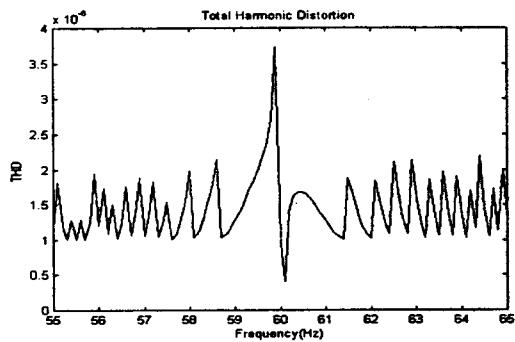


그림 4 Total Harmonic Distortion