

동기위상 측정장치를 이용한 전력계통 위상각 측정

이경극, 이재욱, 왕재명, 추진부
전력연구원

Measurement of Phasor Angles of Power System using Synchronized Phasor Measurement System

Kyung-Keuk Yi, Jae-Wook Lee, Jae-Myung Wang, Jin-Boo Choo
KEPRI

Abstract - This paper presents the measurement of phasor angle of power system using Synchronized Phasor Measurement System(SPMS). SPMS includes the GPS receiver, so it can add the exact time information to the data acquired from the power system by SPMS. Using that data, we can compare the difference of phasor angles of voltages, currents acquired at the exactly same time, and monitor the RMS values of voltage and current. In this paper, we present the difference of voltage angles between 345kV Sinjechon S/S and 345kV Asan S/S, where two SPMS were installed separately, and prove their performance by comparing to simulation result of PSS/E.

1. 서 론

산업의 발달과 국민 생활 수준의 향상으로 인해 전력의 수요가 증가함에 따라 전력계통의 규모의 증가와 전력 품질의 향상이 요구되고 있다. 그러나, 환경 문제와 전력설비를 위한 부지확보의 어려움 등의 이유로 수요는 수도권지역에 밀집되어 있는 반면에 발전단은 수도권에서 멀리 떨어진 장소에 위치하고 있어서 대용량화된 발전단으로부터 대규모 전력 수송이 불가피하다. 이러한 계통의 취약한 구조는 주요 선로의 사고 발생시나 대규모 발전단의 사고 발생시 광역정전 등의 결과로 나타날 수 있다. 이러한 사고를 미연에 방지하고 안정적으로 전력을 공급하기 위해서는 계통의 건전성 유지가 필수 소이며, 이를 위해서는 계통의 정밀하고 신속한 안정성 감시기능과 분석 기능이 요구된다. 따라서, 계통 데이터를 정밀하게 취득하는 것과 취득한 데이터를 실시간으로 전송하는 것이 필요하게 되며, 뿐만 아니라 취득한 데이터를 사용해서 신속하게 계통의 안정도를 해석하고 안정 또는 불안정 여부를 판단하는 것이 필요하게 된다. 본 논문은 우리나라 계통구성 및 특성에 적합한 광역계통 안정성 감시 및 분석 시스템의 개발에 앞서서 개발한 동기위상 측정장치(Synchronized Phasor Measurement System : SPMS)의 기능에 대해서 소개하고, 전력계통의 상태를 시각 동기화 시켜서 취득한 데이터와 PSS/E 시뮬레이션 결과와 비교를 통한 SPMS의 성능 검증에 대해서 언급하고 있다.

2. 본 론

2.1 SPMS의 구조

SPMS는 W750, D600, H1600의 규격으로 제작된 패넬 구조로 되어 있으며, 내부에 주장치와 주장치의 입력을 위한 CT, PT, 통신을 담당하는 DSU(Digital Service Unit)가 내장되어 있다. 전면에는 운전 상황을 보여주는 LCD화면과 키보드가 내장되어 있다. SPMS

의 주장치는 19인치 표준랙에 장착된 산업용 CPU보드와 GPS 수신기, 아날로그 입력보드, 디지털 입출력 보드 등으로 구성되어 있으며, 전체적인 블록 다이어그램은 그림 1과 같다. CPU보드는 장치 내에서 발생하는 모든 연산 및 프로세스를 담당하며, 내장된 두 개의 직렬포트를 사용해서 GPS 수신기로부터 1PPS(Pulse Per Second)신호를 받아들이고, 취득한 데이터를 DSU로 전송하는 역할을 한다. 아날로그 입력 보드는 전압 및 전류 값을 디지털 값으로 변환하는 역할을 담당하며, 12bit의 해상도를 가지는 A/D 변환기가 4채널당 1개씩 장착되어 있다. AD I/O 인터페이스 보드는 내장된 GPS수신기로부터 받은 1PPS 신호를 사용해서 클럭을 매 초마다 동기시키고, 클럭은 매 초의 동기 시점부터 480Hz의 샘플링 신호를 발생시킨다. 두 개의 SPMS가 서로 다른 지역에 설치되어서 데이터를 취득 하더라도, 각각의 샘플링 신호가 1PPS 신호에 의해서 정확하게 동기가 되어 있기 때문에 정확한 위상각 비교가 가능하다.

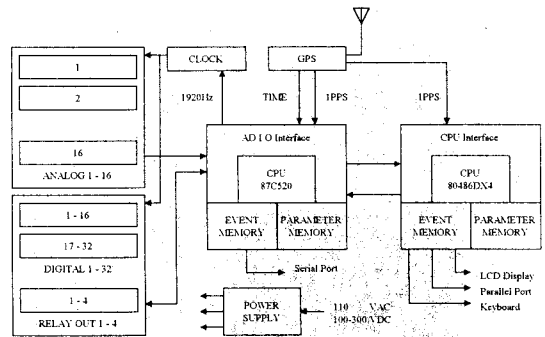


그림 1. SPMS의 주장치 블록 다이어그램

2.2 SPMS의 구성 및 통신

SPMS는 두 지역간의 위상각 비교 및 감시를 목적으로 설계, 제작되었기 때문에 단독 운영을 하지 않고, 호스트 PC와 연계해서 운전하게 되어 있다. 두 대의 SPMS는 취득한 데이터를 56kbps 전용선을 사용해서 호스트 PC로 각각 전송하고, 호스트 PC는 전송된 데이터를 사용해서 전압 감시, 위상각 감시, 사고 데이터 재생 등의 작업을 수행한다. 통신망은 각 전용선로 양단에 DSU가 1대씩 사용되는 Peer-to-peer 구조를 가지며, 통신 방식은 RS-232C 프로토콜을 사용하는 비동기 직렬통신 방식이다. 호스트쪽에는 최대 24개의 직렬 포트를 연결할 수 있는 직렬포트 확장 보드가 설치되어 있어서, 2대의 SPMS로부터의 데이터를 실시간으로 처리하게 된다. 통신 프로토콜은 GPS부분과 호스트PC와 SPMS간의 통신 부분으로 나누어진다. GPS와의 통신 규약은 NMEA-0183 통신 프로토콜을 사용하였으며,

호스트PC와 SPMS 간의 통신은 자체적으로 정한 프로토콜을 사용하였다. NMEA-0183은 선박의 항해를 위해서 사용되는 전자 기기를 위한 규격으로서, 전기 신호의 요구 조건, 데이터 전송 프로토콜, 4800 baud의 속도를 가지는 직렬 전송을 위한 타이밍과 특정 구문에 대한 양식 등을 정의하고 있다. GPS수신기는 바다와 육지에 상관없이 동일한 위치 데이터와 시각 정보를 수신하므로 이 프로토콜은 항해 이외의 용도에도 사용되어질 수 있으며, GPS 수신기의 출력신호 전송에 많이 사용되기 때문에 여기에서도 NMEA-0183 프로토콜을 사용해서 GPS 수신기와의 통신을 수행하였다. SPMS와 호스트 PC간의 통신에는 데이터 전송의 효율성을 위해서 자체적으로 개발한 프로토콜을 사용하였다.

2.3 호스트 PC

호스트 PC는 두 대의 SPMS로부터 전송된 데이터를 이용해서 전압, 전류의 RMS값, 주파수, 유효전력 및 전압, 전류의 상대적 위상각을 비교·감시하는 기능을 담당한다. 시스템의 안정적인 운영을 위해서 Windows NT를 운영체제로 사용하고 있으며, 사용자의 편의 향상과 그래픽 정보의 표현을 위해서 Visual C++을 사용한 GUI(Graphic User Interface)환경으로 프로그램명되어 있다. 호스트 PC의 프로그램은 크게 환경 설정, 감시, 트리거시 사고파형 재생으로 나누어져 있다. 환경 설정은 두 대의 SPMS의 설정치를 변경하여 전송하는 역할을 한다. 감시기능은 각각의 SPMS에서 전송된 데이터를 표시하는 기능과 두 대의 SPMS에서 전송된 데이터를 동시에 비교 및 감시하는 기능으로 나누어진 다. SPMS별로 감시시의 화면과 비교 감시시의 화면은 각각 그림 2, 그림 3과 같다.

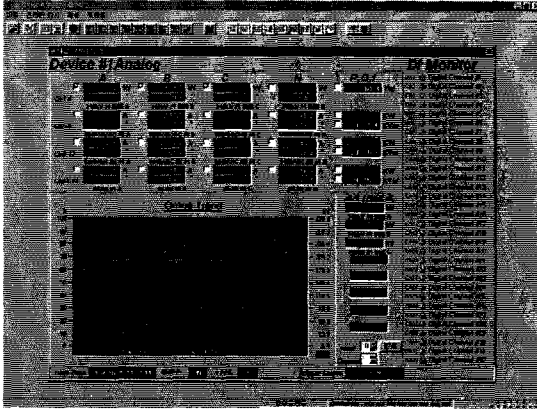


그림 2. SPMS 단독 감시 화면

한 대의 SPMS를 단독으로 감시하는 화면에는 GPS 수신상태 정보(1PPS 신호 수신정보, 포착된 GPS 위성 수), 전압 또는 전류의 RMS값, 유효전력, 무효전력, 주파수, 점점정보 등이 표시가 되며, 필요한 값들을 선택하면 화면 하단에 실시간 그래프로 표시가 된다. 두 대의 SPMS로부터의 데이터 비교·감시시의 화면에는 GPS 수신상태정보, 전압 또는 전류의 RMS값 등이 표시가 되며, 선택된 선로들에 대해서 전압이나 전류값, 상대적 위상각이 실시간 그래프로 표시가 된다.

트리거 기능의 종류에는 Level Over Trigger, Level Under Trigger가 있다. 트리거 발생시에는 화면 하단에 트리거 발생 신호 및 발생 종류가 표시되고 전송된 데이터가 트리거 발생 시각과 함께 저장된다. 저장된 값들은 추후에 재생이 가능하며, 전압, 전류 값들과 점점 정보들은 그래프로 표시된다. 트리거 발생시의 저장 값들의 재생화면은 그림 4와 같다.

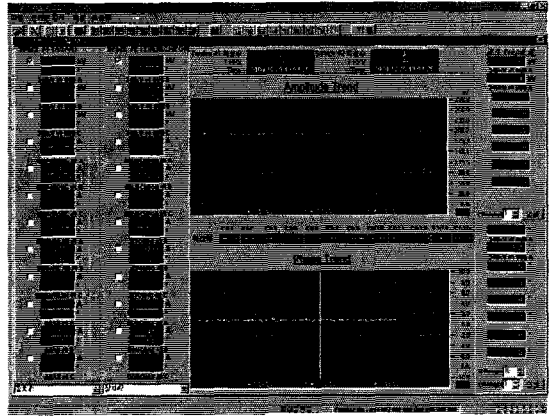


그림 3. 두 개의 SPMS 비교·감시 화면

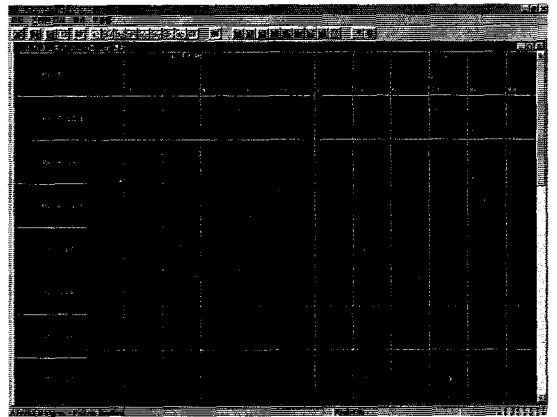


그림 4. 트리거 발생시의 재생 화면

2.4 SPMS의 설치

SPMS의 성능 검증을 위해서 2000년 8월에 345kV 신계천변전소와 345kV 아산변전소에 두 대의 SPMS를 각각 설치하였으며, 345kV 1모선전압과 3회선 송전선로의 전류를 각 상별로 취득하며 전력량은 계산에 의해 산출된다. 두 대의 SPMS로부터 데이터를 전송받아서 전압 위상각을 감시할 호스트 PC는 전력연구원에 설치하였다. 각각의 SPMS와 호스트 PC와의 데이터 전송을 위해서 56kbps 전용선을 전력연구원과 아산변전소, 신계천변전소 사이에 각각 설치하였다.

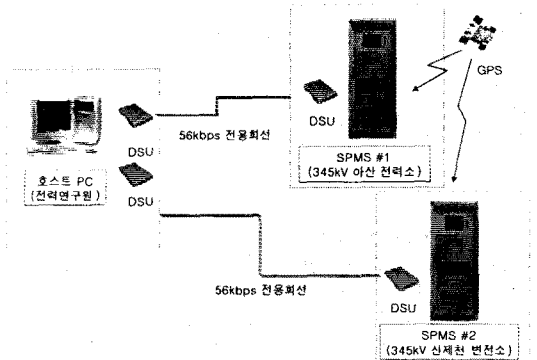


그림 5. 호스트PC와 SPMS의 설치

GPS 신호의 원활한 수신과 수신상태 비교를 위해 GPS

안테나는 옥외(아산)와 옥상(신제천)에 각각 설치하였다. 설치된 시스템의 전체적인 구성은 그림5와 같다.

(참 고 문 헌)

2.5 SPMS 운전결과

SPMS가 설치된 345kV 신제천변전소와 345kV 아산 변전소에서 취득된 상시 전압 실효치는 199~203kV (상전압치)로 급격한 변화는 관측되지 않았으며 정격운전범위내에서 운영되는 것을 볼 수 있었다. 전압 위상차의 경우 아산변전소측을 기준으로 측정하였으며 운전기간중 상시 1~2.5° 범위내에서 유지되었고 최대 4.5° 까지 변화하는 것을 관측할 수 있었다. 그림 6은 아산측 전압위상을 기준으로 정했을 때 신제천측의 전압위상이 1° 내외의 값으로 시간축을 따라 변화하고 있는 것을 보여준다.

- [1] 이영운 외, "전력계통 실시간 감시를 위한 동기위상 측정 장치", 전력계통연구회 춘계학술 논문집, pp87-90, 1999.
- [2] 전진홍 외, "실시간 제동제어를 위한 동기위상 측정장치 개발", 전기학회학술논문, A권, pp85-87, 2000.

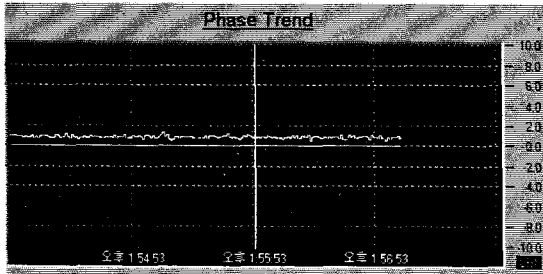


그림 6. 위상차 표시 부분

시각동기를 위해 사용되는 GPS의 경우 옥외 설치된 아산의 경우 상시 3~5개의 위성이 포착되었고 옥상에 설치된 신제천의 경우 6~8개로 차이를 보였다. 이 같은 차이는 위성신호 수신에 있어 옥외 설치시 각종 설비 및 건물등에 의해 위성신호의 반사, 굴절로 위성 포착수에 있어서 옥상설치시 보다 떨어지기 때문인 것으로 추정된다.

2.6 PSS/E 시뮬레이션 결과와의 비교

2000년 한전계통을 대상으로 PSS/E를 사용해서 조류계산을 수행하였을 때, SPMS가 설치된 345kV신제천변전소와 345kV 아산변전소 사이의 전압 위상차는 대략 1.0° 에서 3.0° 사이의 범위에 속한다. 이 값들은 PSS/E의 시뮬레이션에 사용되는 입력데이터의 작성시기에 따라 차이가 있으나, 평상시 두 지역간의 조류의 흐름이 크지 않으므로 큰 변화는 없다. SPMS를 사용해서 실측한 두 지역간의 위상차는 시간대에 따라서 조금씩 달라지지만 급격한 변화는 없으며 대략 1.0° 에서 2.5° 사이에서 유지되므로 PSS/E를 사용해서 시뮬레이션한 결과와 비교하면 거의 유사한 것을 알 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 동기위상 측정장치인 SPMS를 사용해서 실제 측정된 두 지역간의 위상각 차이에 대해서 살펴보고, 이 값과 PSS/E 시뮬레이션 결과와의 비교를 통해서 동기위상 측정장치의 성능을 검증하였다. 개선할 점으로는 정확한 A/D 변환을 위해서 각 입력채널마다 A/D 변환기를 장착하여 A/D 변환에 걸리는 시간 지연을 줄이는 것이 바람직해 보이며, 데이터의 신뢰성 확보와 오차 감소를 위해서 16 bit이상의 해상도를 가지는 고정도의 A/D 변환기를 사용하는 것이 바람직해 보인다. 전력연구원에서는 SPMS의 실제 운전결과를 토대로 개선된 동기위상 측정장치의 개발 프로젝트를 수행중에 있으며 1차로 2002년에 8대의 동기위상측정장치를 제작하여 주요 전력계통에 설치할 예정이다. 향후 이 시스템이 실제계에 구축되면 계통운영자에게 실시간으로 동기된 계통정보를 안정적으로 제공하게 되며 실측에 의한 각종 모델링 데이터의 검증이 가능할 것으로 본다.