

## 전력계통 실시간 감시를 위한 동기위상측정장치의 시작품 개발

김학만 · 전진홍 · 김종율 · 남기영  
한국전기연구원

### The Development of Prototype Synchronized Phasor Measurement Device for Real-time Power System Monitoring

Hak-Man Kim, Jin-Hong Jeon, Jong-Yul Kim and Kee-Young Nam  
Korea Electrotechnology Research Institute

#### 요 약

전력계통 실시간 제어에서는 전압, 전류, 유효전력, 무효전력, 역률, 시스템 주파수 등 전력계통 변수들을 측정하는 것이 중요하다. 이 변수들은 전압과 전류의 동기화된 페이저 정보로부터 추출할 수 있다. 따라서 전압 및 전류의 동기화된 페이저 측정은 실시간 전력계통 제어에서 매우 중요한 역할을 한다. 이런 이유로 동기위상측정장치가 개발되었고 본 논문에서는 동기위상측정장치의 설계와 구현한 것을 제시하였고 제작된 시작품을 RTDS(Real-time Digital Simulator)와 실험실에 있는 380 V 3상 배전계통에 적용하여 측정된 실험결과를 통해 개발된 시작품의 성능을 검증하였다.

**Abstracts** — In real-time power system control, it is essential to measure the power system variables which are voltage, current, real and reactive power, power factor, system frequency and etc. These variables can be estimated or calculated by the synchronized phasor informations of voltage and current. Therefore, the synchronized phasor measurement of voltage and current is very important to real-time power system control. So, we develop SPMD (Synchronized Phasor Measurement Device) for synchronized phasor measurement of voltage and current. In this paper, we present the design and implementation of SPMD for real-time phasor measurement and the test results of developed SPMD on 380 V 3 phase distribution line in laboratory with resistor load and RTDS (Real Time Digital Simulator).

#### 1. 서 론

전력산업의 구조개편에 의한 경쟁체제의 도입 등과 같은 계통여건의 변화는 전력계통을 정보집약형 시스템으로 발전하도록 촉진하고 있으며, 이를 위한 계통상황에 대한 실시간 정보의 취득 및 활용의 인식이 증대되고 있다. 또한, 계통 규모의 확충과 대전력 수송 및 전력 수송 밀도의 고도화가 진전됨에 따라 계통의 안정성과 효율성을 향상시키기 위해서 안정화 제어장치, FACTS 설비, 신EMS(Energy Management System) 등 각종 계통 운용제어 시스템 기술의 도입이 추진되고 있다. 이러한 신기술을 전력계통의 계획, 운용 및 제어에 적용하기 위해서는 신속, 정확한 전력계통의 특성파악, 고 신뢰성의 모형 수립 및 검증, 신속한 적용효과 파악 등이 요

구된다<sup>[1][3]</sup>. 이를 위해서는 전압, 전류, 유효·무효전력, 역률, 위상각, 계통 주파수 등의 전력계통의 상태변수 추정이 필수적이고, 이러한 상태변수들은 전압·전류의 동기화된 페이저 정보들로부터 계산하거나 추정할 수 있다. 그러므로, 전력계통의 실시간 제어나 감시를 위해서 전압·전류 페이저의 동기측정은 매우 중요한 요소이다<sup>[1]</sup>.

본 논문에서는 동기위상측정장치의 실제 계통 제어에 대한 개념과 시작품 동기위상측정장치(SPMD, Synchronized Phasor Measurement Device)의 주요 사양과 구성, 시작품 동기 알고리즘 및 측정 알고리즘을 소개하였고, 제작된 시작품을 RTDS(Real-time Digital Simulator)와 실험실에 있는 380 V 3상 배전선로에 적용하여 측정된 실험결과를 통해 개발된 시작품의 성능을 검증하였다.

## 2. 동기위상측정장치

### 2-1. 동기위상측정장치(SPMD)

동기위상측정장치는 PT와 CT에 의해 측정된 전력 계통의 순시전압과 순시전류를 입력으로 GPS(Global Positioning System) 시각에 동기화된 샘플링을 수행하고 그 결과로 얻어진 데이터를 적절한 알고리즘을 통해 입력된 순시전압과 순시전류의 실효치와 위상 등의 정보를 측정한 후 그 결과를 외부로 전송하는 기능을 가지는 장치이다. 동기위상측정장치는 실시간 계통 상태 감시와 제어에 활용이 되는데, Fig. 1은 실시간 계통 제어에 활용을 보이는 개념도이다.

실시간 계통제어는 Fig. 1에서 보이는 바와 같이 GPS에서 수신된 시각을 이용한 동기된 전압, 전류의 위상 정보를 동기위상 측정장치를 통해서 취득하여 중앙센터로 전송되면 중앙센터에서 이 정보를 이용하여 안정도 및 계통 외란 유·무 등을 해석하여 계통의 제어가 필요할 경우, 목적에 따라 발전기/부하 절체, 무효전력 보상 장치 개폐, FACTS 장치의 제어, 변압기 탭 변환 등을 제어하는 신개념의 정보, 제어 집약 계통 기술을 말한다<sup>[4]</sup>.

### 2-2. SPDM 사양(Specification)

Fig. 1의 실시간 계통 제어 개념도에서 나타낸 바와 같이 동기위상측정장치는 계통의 주요 모선의 전압, 전류의 페이저 정보를 중앙센터로 보내야 하므로 다수의 장치가 계통에 설치되어 동시에 작동되어야 하며 각 장치가 보내는 데이터나 측정결과는 동일한 기준에 의해서 만들어진 것이어야 한다. 따라서, 동기위상장치의 사양을 작성할 때 타 장치와의 연계 및 확장성을 고려하는 것은 필수적이다<sup>[1][5]</sup>. 그러므로, 본 연구에서는 시작품을 표준화 관점의 기술규격인 IEEE Std 1344-1995(IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems)와 표준화 기술규격<sup>[6][7]</sup>을 기준으로 시작품 성격을 고려하여 설계 및 제작하였다. 본 연구에서 제작된 동기위상측정

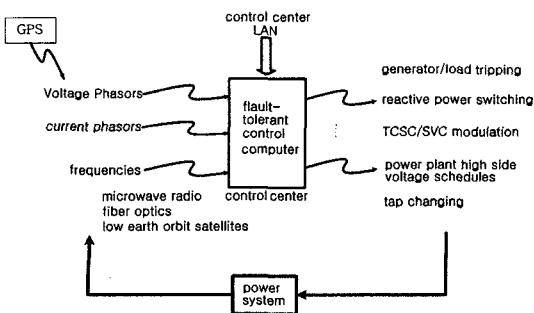


Fig. 1. Real-time control scheme of power system.

Table 1. SPDM specification.

항목	사양
아날로그 입력 채널	12개(1모선 3라인 기준)
아날로그 신호 conditioning	2차 저역통과 필터 (차단주파수 : 5 kHz)
A/D Converter	1.25 MHz, 12 Bit
DSP	TMS320C32-60 (Floating Point 연산용)
RAM	128 k×8 bit
GPS	Motorola UT 모델
페이저 외부전송	25핀 RS232 외부 전송 포트 (19.2 k)
GPS 모듈 인터페이스	9핀 RS232 인터페이스
지연시간 <sup>[6][7]</sup>	1 μsec

장치 시작품의 사양을 정리하면 Table 1과 같다.

### 2-3. 시각동기 방법 및 동작 알고리즘

여러 지점에서 동기화된 측정 데이터를 얻기 위하여 동기위상측정장치는 GPS 수신기로부터 1PPS(Pulse Per Second)의 기준동기신호를 받는다. 1PPS는 동기위상측정장치에 아날로그 입력을 샘플링하기 위한 트리거 신호로 이용되고 이 신호를 기준으로 DSP 보드 내의 타이머가 구동되어 관련된 연산루틴을 수행하게 된다. 1PPS 신호에 동기화된 데이터 샘플링을 위한 인터럽트 타이밍 다이어그램은 Fig. 2와 같다.

Fig. 2의 인터럽트 타이밍 다이어그램에 나타낸 것과 같이 동기위상측정장치는 시각동기를 이루기 위하여 외부 GPS 수신기로부터 1PPS의 시각동기신호를 수신하며 수신된 1PPS 신호는 DSP 내부의 타이머의 동기신호로 사용된다. 이렇게 동기화된 타이머 신호를 DSP의 인터럽트 신호로 사용하여 전체 시스템이 동기화된 데이터 샘플링을 할 수 있도록 한다. 이러한 인터럽트의 상관관계를 고려하여 동기위상장치의 전체 타이밍 오차를 계산하여 보면 다음과 같다<sup>[1]</sup>.

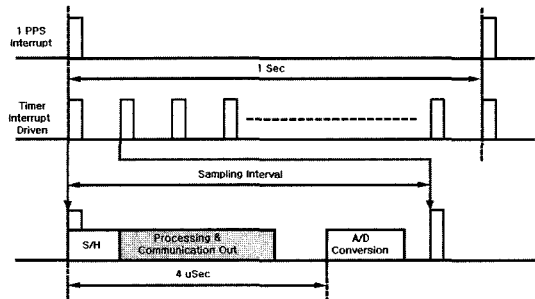


Fig. 2. Interrupt timing diagram for synchronized data sampling.

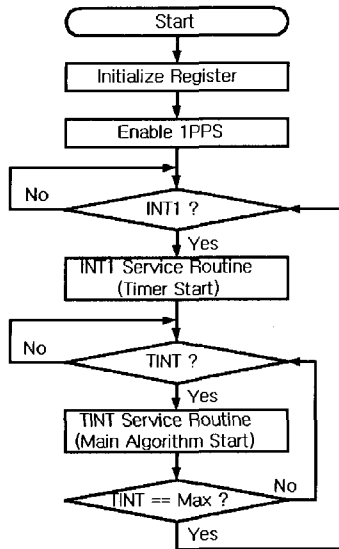


Fig. 3. Operating algorithm by 1pps synchronization.

- GPS수신기의 오차 :  $\pm 160 \text{ nsec}^{[8]}$
- 1PPS 인터럽트 동작 시간 :  $495 \text{ nsec}$   
 (=  $8 \times 33 \text{ nsec}(\text{지연}) + 5 \times 33 \text{ nsec}(\text{인식}) + 2 \times 33 \text{ nsec}(\text{타이머 구동명령})$ )

따라서 최대 및 최소 인터럽트 지연은 다음과 같다.

- 최대 인터럽트 지연 :  $160 + 495 = 655 \text{ nsec}$
- 최소 인터럽트 지연 :  $-160 + 495 = 335 \text{ nsec}$

위의 결과로부터 설계된 시작품은 Table 1에 나타난 지연시간 사양을 만족시킴을 알 수 있다.

Fig. 2의 인터럽트 타이밍 다이어그램을 동작시키기 위한 내부 동작 알고리즘은 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에 나타난 동작알고리즘의 각 부분의 기능은

Table 2. The function of each part in operation algorithm.

항목	기능
Initialize Register	동기위상측정장치의 각종 변수들의 초기화
Enable 1PPS	GPS가 수신한 1PPS 신호를 DSP의 인터럽트와 연결하기 위한 기동신호
INT1	1PPS 신호를 입력으로 하는 인터럽트 신호
INT1 Service Routine	INT1 인터럽트 신호에 의해 구동되는 인터럽트 서비스 루틴으로 동기위상측정장치가 입력 전압, 전류 신호를 샘플링하기 위한 타이머 신호를 발생시키도록 한다.
TINT	동기위상측정장치의 주연산알고리즘을 수행하기 위한 인터럽트 신호로 동기위상측정장치의 입력 전압, 전류를 샘플링 동작을 지시하는 신호
TINT Service Routine	DSP 타이머 신호인 TINT에 의해 동작 인터럽트 서비스 루틴으로 동기위상측정장치의 주연산알고리즘인 입력 전압, 전류의 샘플링, 페이지의 연산, 연산 결과와 각종 데이터의 통신등을 수행하도록 한다.
TINT == Max	이전 1PPS 신호 입력을 시작으로 타이머 신호가 1초 동안 지속되었는지를 판단하여 1초가 되었을 때 타이머 신호를 이번 1PPS 신호에 동기

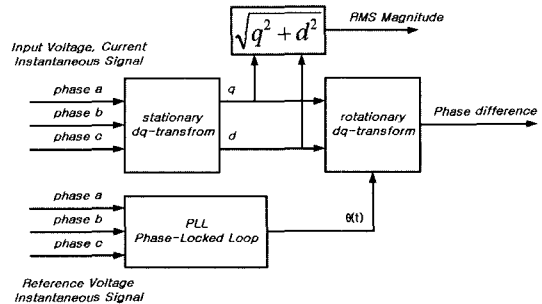


Fig. 4. Phasor measurement algorithm by dq-transform.

Table 2와 같다.

Fig. 3과 Table 2로부터 동기위상측정장치의 주동작 알고리즘은 1PPS와 1PPS 신호에 동기 되어있는 내부 타이머 신호의 두 개의 인터럽트에 의해 동작하고 있고, 이 두 신호를 인터럽트로 사용하여 전체 동작을 1PPS를 기준으로 일정한 시간 간격으로 동작하고 있음을 알 수 있다.

#### 2-4. 페이지 측정 알고리즘

본 연구에서 개발된 동기위상측정장치는 순시 전압, 전류로부터 각 신호의 페이지 정보를 추출해내는 장치이다. 이를 위해서 순시 신호로부터 페이지 정보를 추출해 내기 위한 알고리즘이 필요하고, 대표적으로 zero-crossing을 이용하는 방법과 DFT 알고리즘을 이용하는 방법을 많이 사용해 왔다.<sup>[2]와[11]</sup> 본 연구에서는 입력신호의 페이지를 측정하기 위하여 동기회전을 이용한 회전축 dq-변환을 이용하였으며 기준좌표의 동기회전을 위해 PLL(Phase Locked Loop) 알고리즘을 적용하였다. 이들의 상호 연관관계는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4의 페이지 측정 알고리즘에서 나타난 바와 같

이 본 연구에서 개발된 시작품 동기위상측정장치는 입력 전압, 전류의 페이지를 측정하기 위해 고정좌표 dq-변환을 취한 뒤 입력 파형의 dq 좌표값을 이용하여 실효치 크기를 매 샘플링마다 계산한다. 위상각은 기준 전압파형의 위상각 정보를 PLL 알고리즘을 이용하여 매 샘플링마다 계산한다. 그리고 이를 회전 dq-변환의 위상각 입력으로 사용하여 각 전압, 전류 신호가 각각 기준 전압에 대하여 어느 정도 위상을 가지는지를 매 샘플링마다 계산한다.

2-5. 동기위상측정장치 구성 및 시작품

동기위상측정장치는 크게 4부분(DSP & 주변회로, 아날로그 입력회로, EPLD 회로, GPS 모듈)으로 구성되어 있으며 각 부분의 구성 및 상호 연관관계는 Fig. 5와 같다.

제작된 동기위상측정장치는 TMS320C32(60MHz)의 부동소수점연산용 DSP를 주연산장치로 사용하였으며 12개의 아날로그 입력단자와 6개의 디지털 입력단자, 4개의 아날로그 출력단자를 가진다. 아날로그 입력단자는 전력계통의 순시전압과 순시전류를 PT와 CT로부터 받아

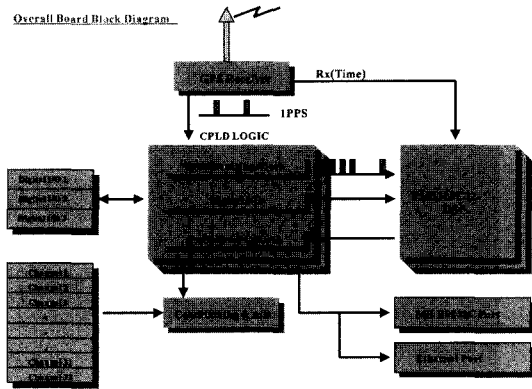


Fig. 5. The overall configuration of SPMD.

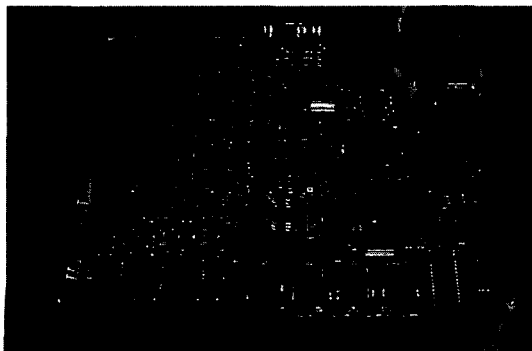


Fig. 6. Prototype SPMD.

들이며 디지털 입력단자는 데이터 통신 기능을 수행하며 아날로그 출력단자는 시스템 및 알고리즘의 디버깅을 위해 사용한다<sup>[1]</sup>. 입력신호의 GPS 시각동기를 위한 GPS 수신장치는 상용화된 GPS 수신장치 중 정밀 시각용으로 제작된 Motorola사의 UT Oncore GPS 모듈을 사용하였으며, 사용된 모듈은 130 nsec 이하의 정밀도를 보장하는 1 PPS 신호를 제공한다<sup>[8]</sup>. 본 연구에서 제작된 시작품 동기위상측정장치는 Fig. 6과 같다.

3. 동기위상측정 성능 실험

본 연구에서 두 가지 서로 다른 실험을 통해 제작된 시작품 동기위상측정장치의 페이지측정 성능을 검증하고자 한다. 첫 번째로 시작품의 과도상태에서의 순시 페이지 측정 성능을 검증하기 위하여 동기위상측정장치에 스텝으로 변화하는 입력을 가하여 페이지 측정 결과를 검토하였으며, 두 번째로 정상상태에서 왜란 및 잠음에 대한 순시 페이지 측정 성능을 검증하기 위하여 실제 배전선로에 연계되어 있는 실험장치에 흐르는 전류와 가해진 전압을 입력으로 하여 전압과 전류의 페이지를 측정하여 페이지 측정 결과를 검토하였다.

3-1. 과도상태에서의 순시 페이지 측정 성능

제작된 동기위상측정장치는 차단기의 동작이나 부하의 투입 등의 계통의 과도상태에서도 페이지를 순시적으로 측정할 수 있어야 하므로, 과도상태에 대한 순시 페이지 측정 성능을 검토하여야 한다. 과도상태에서의 순시 페이지 측정 성능은 스텝으로 변화하는 입력에 대한 페이지 결과를 검토함으로써 알 수 있다. 제작된 동기위상측정장치의 과도상태에서의 순시 페이지 측정 성능을 검증하기 위해서 동기위상측정장치에 페이지가 스텝으로 변화하는 전압이나 전류의 순시 파형을 실시간으로 인가하여야 한다. 실제 R, L, C의 수동 소자들과 스위치를 이용하여 페이지가 스텝으로 변화하는 순시 전압과 전류 파형을 만들 수는 있으나 전압과 전류의 용량 문제와 과도 상태에서 발생할 수도 있는 위험성 때문에 시스템의 순시 전압, 전류 파형을 실시간으로 모의할 수 있는 RTDS(Real Time Digital Simulator)를 이용하였다.

RTDS에서 실시간으로 모의된 3상 전압 및 전류 순시 파형을 동기위상측정장치에 입력으로 사용하여 전압과 전류의 페이지를 측정하고 그 결과를 이용하여 과도상태에서의 순시 페이지 측정 성능을 검증하였다.

RTDS에서 페이지가 스텝으로 변화하는 순시 전압 및 전류 파형을 모의하기 위해 디지털 입출력 단자를 이용하는 CB(Circuit Breaker) 모듈과 RL 소자를 이용하였다. 실험에 사용된 RTDS 모의회로는 Fig. 7과 같다<sup>[6]</sup>.

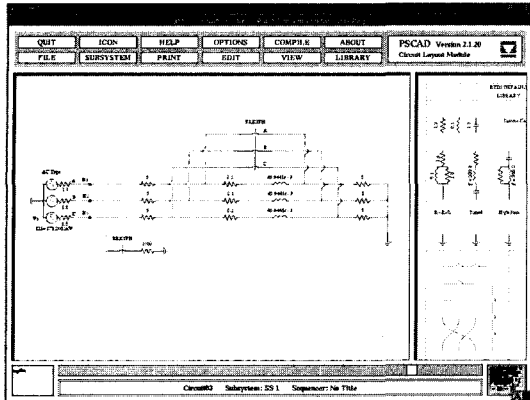


Fig. 7. RTDS simulation circuit diagram.

모의회로는 전원(Vs)의 선간전압이 173 kV(상전압 100 kV)이고, 일정량의 저항부하가 전원에 인가되어 있다. 저항부하와 전원 사이에는 인덕터가 삽입되어 있으며, 인덕터에 흐르는 전류의 bypass를 위한 CB(BRK3PH)가 선로 인덕터에 병렬로 연결되어 있다. 따라서 CB가 on/off에 따라 전체회로의 임피던스는  $10\ \Omega$ 와  $10 + j20\ \Omega$ 로 변하게 되고 이에 따라 회로의 흐르는 전류도 임피던스의 변화에 따라 변하게 된다. 즉, 전류의 페이저의 변화는 전원과 부하임피던스로부터 계산하면 크기는 9 kA에서 18 kA, 위상은 0에서 60가 된다. 이 때 동기위상 측정장치의 페이저 측정 결과를 검토함으로써 과도상태에서의 동기위상측정장치의 페이저 측정 성능을 검증하였다. RTDS의 스위치는 Digital Input Port를 이용하여 외부에서 구동하였다. 스위치의 구동에 따른 전압과 전류의 순시 파형은 Fig. 8, Fig. 9와 같다. 동기위상측정장치는 NI 노드의 순시전압을 기준으로 회로에 흐르는

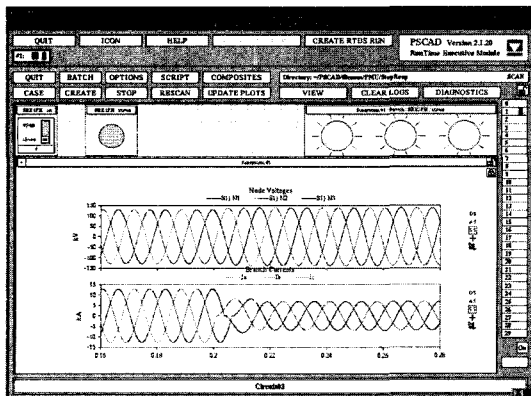


Fig. 8. RTDS simulation output waveform (CB : on → off).

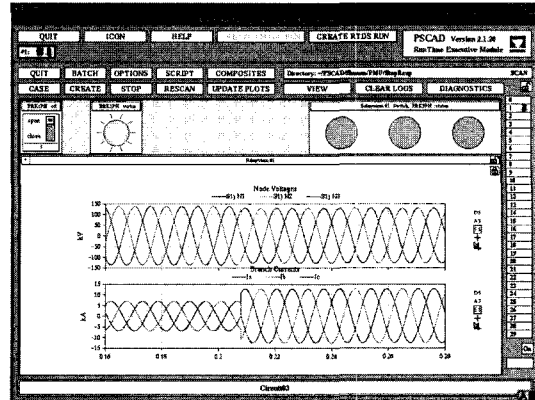


Fig. 9. RTDS simulation output waveform (CB : off → on).

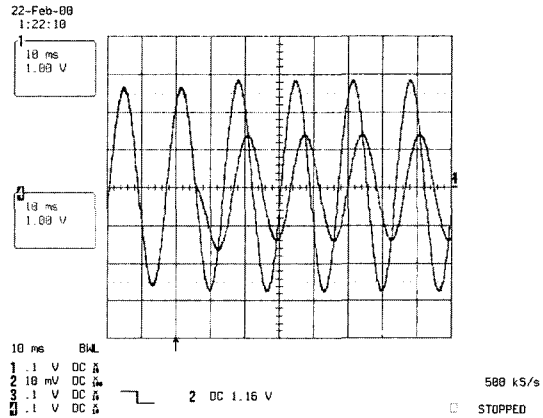


Fig. 10. Instantaneous voltage and current waveform of phase a when switch turn off (10 ms/div, 50 kV/div, 9 kA/div) (ch1 : Va, ch4 : Ia).

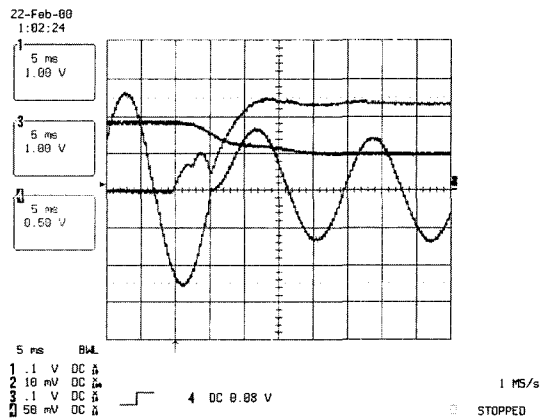


Fig. 11. Instantaneous current waveform and phasor of phase a when switch turn off (10 ms/div, 25°/div, 9 kA/div).

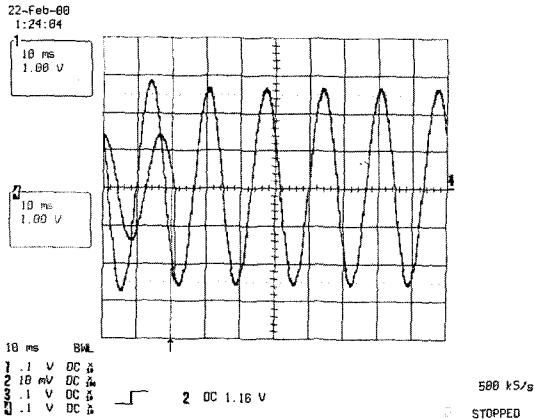


Fig. 12. Instantaneous voltage and current waveform of phase a when switch turn on (10 ms/div, 50 kV/div, 9 kA/div) (ch1 : Va, ch4 : Ia).

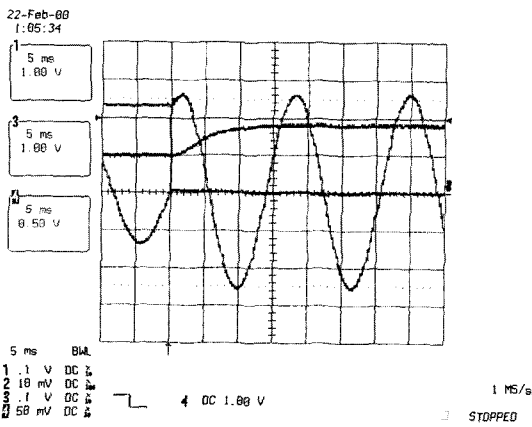


Fig. 13. Instantaneous current waveform and phasor of phase a when switch turn on (10 ms/div, 25°/div, 9 kA/div).

전류의 페이저를 측정하였다.

Fig. 10에서 Fig. 13까지의 측정결과는 동기위상측정 장치의 DA 컨버터 출력(아날로그 출력)파형을 디지털 오실로스코프(LC534)에서 실측한 것이다.

앞의 RTDS 모의에서 예측한 것처럼 Fig. 11과 Fig. 13에서 전류의 페이저는(크기 : 9 kA ↔ 18 kA, 위상 : 0° ↔ 60°) 스텝으로 변화함을 나타내고 있다. Fig. 11에서 회로에 인덕터가 순간적으로 삽입됨에 따라 전압과 전류에 과도현상이 나타나고 있으며, 이 때에도 동기위상측정장치는 전류의 페이저를 순시적으로 추정하고 있음을 알 수 있다. 그러므로, Fig. 10에서 Fig. 13까지의 실험결과로부터 제작된 동기위상측정장치가 시스템의 과도상태에서 전압과 전류의 순시 파형의 변화에 따라 페

이저를 빠르고 정밀하게 추정하고 있음을 확인할 수 있었다.

### 3-2. 정상상태에서의 순시 페이저 측정 성능

제작된 동기위상측정장치가 실제로 현장에서 페이저를 측정할 경우에 현장에서는 주파수 변동, 고조파, 잡음 등의 왜란이 동기위상측정장치에 인가되게 된다. 따라서, 정상상태에서 이러한 왜란이 인가되었을 때에도 동기위상측정장치가 순시 페이저를 정확하게 측정하고 있는지를 검토하여 보아야 한다. 이를 위해, 실제 한전 계통에 연계되어 있는 실험장치에 흐르는 전류와 가해진 전압을 입력으로 하여 전압과 전류의 페이저를 측정함으로써 정상상태에서 왜란 및 잡음에 대한 동기위상측정장치의 순시 페이저 측정 성능을 검증하고자 하였다.

배전선로에 연결된 저항회로에 인가된 전압과 흐르는 전류를 PT와 CT를 이용하여 측정하고 측정된 신호로부터 저항회로에 인가된 전압의 크기와 흐르는 전류의 크기와 위상을 측정하였다. 본 실험에서는 실제 배전선로에 연결된 회로에 인가된 전압과 전류를 입력으로 사용하여 주파수가 계속 변동하는 입력에 대한 페이저 측정 성능과 특정 고조파가 포함되어 있는 입력신호에 대한 페이저 측정 성능, 잡음에 대한 동기위상측정장치의 페이저 측정 성능을 검증하는데 목적을 두었다. 실제 배전선로에 인가되어 있는 전원은 측정결과 60 Hz를 중심으로 ±0.1 Hz의 편차를 가지며 랜덤하게 계속 변동하고 있음을 계측기를 이용하여 확인하였다.

위의 실험을 위한 실험 장치 구성은 실험실 내부에 설치되어있는 3상 배전반에 연결되어 있는 3상 가변변압기에 75 Ω의 저항을 Y로 연결하여 저항에 가해지는 전압과 전류를 조절할 수 있도록 구성하였으며, 저항의 입

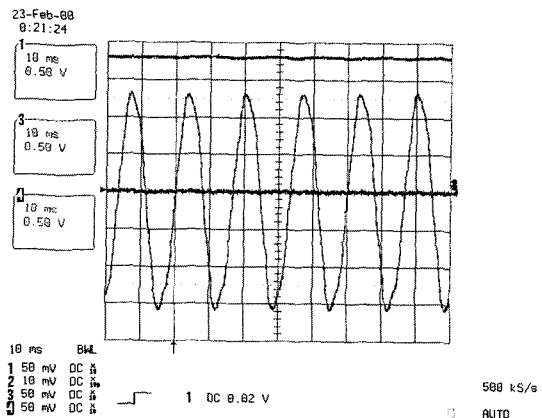


Fig. 14. Phasor measurement result of input voltage (5 ms/div, 100 V/div, 100°/div).

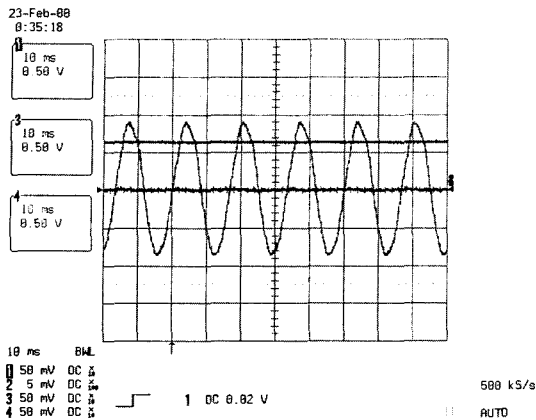


Fig. 15. Phasor measurement result of input current (5 ms/div, 2.25 V/div, 100°/div).

력단(가변변압기의 2차측)에 PT와 CT를 달았다. 사용된 PT와 CT는 Hall Type 센서로 LEM사의 LV25-P, LA50-P 모델을 사용하였다.

Fig. 14는 저항회로에 인가되는 3상 전압 중 a상 순시 전압 파형과 계산된 페이저를 표시한 것이며, Fig. 15는 이 때 저항을 통해 흐르고 있는 3상 전류 중 a상 순시 전류 파형과 계산된 페이저를 표시한 것이다. Fig. 14와 Fig. 15의 측정 결과는 동기위상측정장치의 DA 컨버터 출력(아날로그 출력)파형을 디지털 오실로스코프(LC534)에서 실측한 것이다.

Fig. 14에서 전압의 크기는 360 V(선간전압), 위상각은 0°(기준)으로 입력전압의 주파수 변동이나 파형의 왜곡, 잡음에 관계없이 거의 일정하게 나타나고 있으며 Fig. 15에서 전류의 크기는 2.75 A(206 V/75 Ω), 위상각은 0°(동상)으로 나타났다. 이는 멀티미터에 의한 전압 실효치 측정과 클램프 미터에 의한 전류 실효치 측정 결과와도 일치하는 것이다. Fig. 14와 Fig. 15의 결과로부터 동기위상측정장치는 입력신호의 주파수 변동이나 파형의 왜곡이나 잡음의 영향에 대하여 강인함을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 실시간 계통제어의 기본개념과 계통의 동기위상측정을 위해 제작된 동기위상측정장치 시작품의 사양, 구조 및 성능 등을 제시하였다. 제작된 동기위상측정장치의 성능 검증을 위해 두 가지 실험을 하였다. 주파수 추종, 잡음 및 왜형에 대한 성능 평가를 위해 실제 상용전원에 부하를 인가하여 그 성능을 검증하였으

며, 동기위상측정장치의 과도상태 응답특성 및 성능 평가를 위해 RTDS와 연계하여 스텝 응답특성을 검토하여 보았다. 위의 두 가지 실험을 통해 제작된 동기위상측정장치가 정상상태 및 과도상태에서도 우수한 페이저 측정성능을 가지고 있음을 보였다. 향후 연구에서는 동기위상측정장치를 이용하여 측정된 페이저 정보를 통신하는 통신기능과 다수개의 동기위상측정장치를 이용한 시스템 상태감시 및 제어에 대한 연구를 수행할 계획이다.

#### 참고문헌

1. 한국전기연구소: 실시간 전력계통운용제어시스템 기술 개발, pp. 93-119 (2000).
2. 이영운 외 7인: "전력계통 실시간 감시를 위한 동기위상 측정장치", 전력계통 연구회 춘계학술대회 논문집, pp. 87-90 (1999).
3. 이재준 외 7인: "광역계통 위상 측정 시스템 구성을 위한 통신망 설계 기법", 전력계통 연구회 춘계학술대회 논문집, pp. 98-101 (1999).
4. Taylor, C.W.: "The Future in On-Line Security Assessment and Wide-Area Stability Control", Proceedings of PES 2000 Winter Meeting, Singapore, Jan (2000).
5. 전진홍 외 5인: "실시간 계통제어를 위한 동기위상측정장치의 페이저 측정", 전력계통 연구회 춘계학술대회 논문집, pp. 81-84 (2000).
6. IEEE Power Engineering Society: IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., May (1996).
7. IEEE Power Engineering Society: IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., October (1991).
8. Oncore User's Guide, Motorola Press (1996).
9. Phadke, A.G. et al.: "A New Measurement Technique for Tracking Voltage Phasor, and Rate of Change of Frequency", IEEE (1993).
10. R. Jay Murphy and R.O. Burnett, Jr.: "Phasor Measurement Hardware and Application", 48th Annual Georgia Tech Protective Relaying Conference, Georgia Institute of Technology Atlanta, Georgia May 4-6 (1994).
11. R. Jay Murphy and Patrick S. Sterlina: "Phasor Measurement Instruments", Precise Measurements in Power Systems Alington, Virginia October 27-29 (1993).