

시간동기화를 이용한 교류 전기철도 고장점 표정 기술 AC Electric Railroad Fault and technology using time

권성일*[†], 최성수*, 김상활*, 안태풍**, 민명환**

Seong-il Kwon*[†], Seong-su Choi*, Sang-hwal Kim*, Tae-Pung An**, Myung-Hwan Min**

Abstract AC technology electric railway and Synchrophasor Fault is a technique to obtain information from the power system to synchronize the time every substation each point using GPS signals from satellites in the form of a pager. The current SCADA system acquires data approximately every 2-4 seconds but this system allows acquisition of data on the first 30 to 60 seconds, as well as be able to get a more accurate fault of time due to the time delay of each place, synchronization It has the advantage of being able to analyze the characteristics of the power system by the analysis between the signals. The PMU has the greatest feature is the ability to measure flow conditions occurring in the electric railway power system in the same time by using the GPS signals. It also can be measured in millions bun of a second, precise measurement and a variety of analysis than conventional systems available that dot big feature is the monitoring and analysis is to be controlled, alternating current applied to the time synchronization in electric

Keywords : Synchrophasor, GPS, SCADA, electric railway

교류전기철도 고장점 표정의 Synchrophasor 기술은 인공위성의 GPS 신호를 이용하여 변전소, 보조급전구분소, 급전구분소 관계없이 측정하는 각 지점마다 시간을 동기화하여 전력계통의 정보를 페이지 형태로 얻는 기술이다. 현재 약 2~4 초마다 데이터를 취득하는 기존 SCADA 시스템과 비교하여 1 초에 30~60 개의 데이터 취득이 가능하여 각 처소의 시간차로 인한 고장시간을 보다 정밀하게 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 동기화된 신호 사이의 분석을 통해 전력계통의 특성을 분석할 수 있는 장점을 가진다. PMU 가 가지는 가장 큰 특징은 GPS 신호를 이용하여 교류전기철도 전력계통에서 일어나는 상황을 같은 시간으로 측정할 수 있다는 점이다. 또한 백만분의 1 초 단위로 측정이 가능하여, 기존 시스템보다 정밀한 측정 및 다양한 분석이 가능하다는 점이 큰 특징이며, 감시 및 해석 제어가 가능하여 교류전기철도 시스템 보호계전시스템에 시간동기화 기능을 적용하고자 한다.

주요어 : 동기화, GPS, SCADA, 전기철도

† 교신저자: 한국철도공사 (kwon1911@korail.com)

* 한국철도공사

** 인텍전기전자(주)

1. 서론

교류 전기철도 급전시스템에서 정상급전시 일반적으로 전철변전소(SS)를 중심으로 양쪽방향 M 상과 T 상으로 급전구분소(SP)까지 20~50km 의 장거리를 단독 급전하고 있으며, 연장급전의 경우에는 급전 구간이 2 배로 길어진다. 이러한 광범위한 외선 설비에 지락이나 단락 등의 사고가 발생하면 사고구간에는 고장개소의 복구작업이 종료되기 전까지 급전이 중단되어 열차의 운행중단 등의 사고를 일으킨다. 따라서 신속하게 사고지점을 파악하여 사고를 해소하는 것은 사고 발생 검출과 함께 전기철도의 신뢰성을 확보하는데 중요한 요인 중의 하나로 고장점 위치를 확인하기 위하여 설치되는 고장점 표정장치의 정확도를 높여 사고지점 확인 후 신속한 유지보수가 이루어질 수 있도록 해야 한다.

또한 국내 교류 전기철도 급전시스템 보호계전기는 독일, 프랑스, 일본 등의 해외 제품에 전량 의존 및 수입하고 있으며, 급전 시스템은 국내 기술개발 제품과 외국 수입제품이 혼합으로 구성되어 있어 유지보수 비용과 국내 기술력 향상이 부족한 상태이다. 이러한 국내·외 제조사의 혼합은 장비의 설치, 운용 및 보수와 유지에 어려움이 있으며, 거리계전 알고리즘과 고장점 표정기술도 장애가 발생한 장소에서 급전을 담당하고 있는 지점(SS, SP, SSP)의 장애시각이 정확하게 측정 및 분석되지 않아, 이를 보장하기 위하여 GPS 를 이용한 시각동기화를 적용하여 고장점 거리를 정확하게 측정 하는 것에 대한 연구가 다음과 같이 진행되고 있다.

2. 본론

교류전기철도 고장점 표정의 Synchrophasor 기술은 인공위성의 GPS (Global Positioning System) 신호를 이용하여 변전소, 급전구분소, 보조급전구분소 등 측정하는 각 지점마다 시간을 동기화하여 전력계통의 정보를 페이지 형태로 얻는 기술이다. 현재 약 2~4 초마다 데이터를 취득하는 SCADA 시스템(Supervisory Control and Data Acquisition)과 비교하여 1 초에 30~60 개의 데이터 취득이 가능하여 광역계통의 정보들을 보다 정밀하게 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 동기화된 신호 사이의 분석을 통해 교류전기철도 시스템 보호계전시스템에 시간동기화 기능을 적용을 고장점 위치를 정확하게 표정하는 역할을 한다.

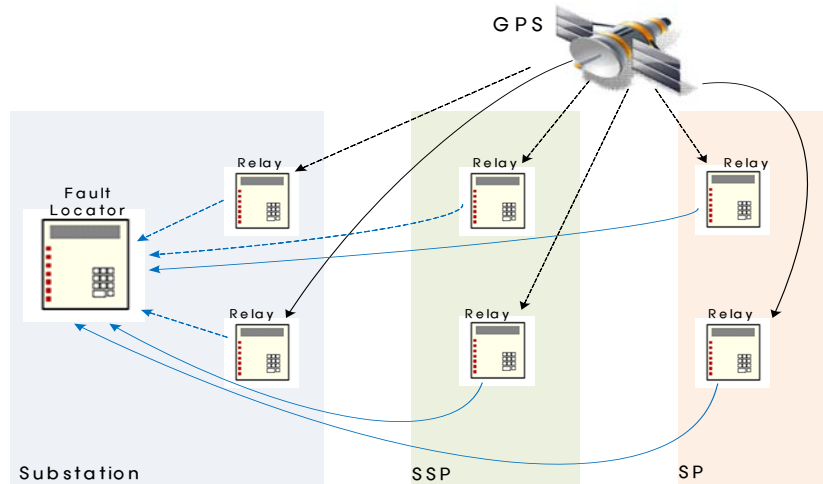


Fig.1 시간 동기화 기술 활용 개념도

PMU 는 이러한 Synchrophasor 기술 구현을 위해 개발된 장치로써 국제 표준인 IEEE C37.118 2005 기준을 만족하도록 설계되어야 하며, 교류 전압과 전류, 주파수의 값을 페이지 형태로 제공해주는 장비이다. 2014 년 기준으로 북미에는 약 1100 여대의 PMU 가 설치되어 일부 운영 중에 있으며, 현재 국내에서는 동기화된 페이지 신호를 얻기 위해 PMU 장비를 확대 설치하여 일부에서 운용 중에 있다.

앞서 언급한 바와 같이 기존의 측정 장비와 비교해서 PMU 가 가지는 가장 큰 특징은 GPS 신호를 이용하여 변전소 전력계통에서 일어나는 상황을 같은 시간으로 측정할 수 있다는 점이다. 또한 백만분의 1 초 단위로 측정이 가능하며, 기존 시스템보다 정밀한 측정 및 다양한 분석이 가능하다는 점이 큰 특징이 감시 및 해석, 제어가 가능하게 하며, 보다 정밀한 감시 및 제어에 적용이 가능하다고 판단할 수 있다.

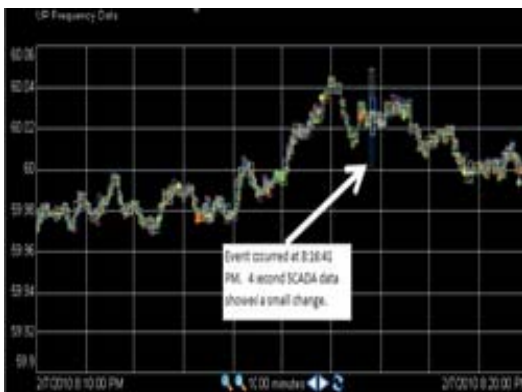


Fig.2 second scan rate SCADA

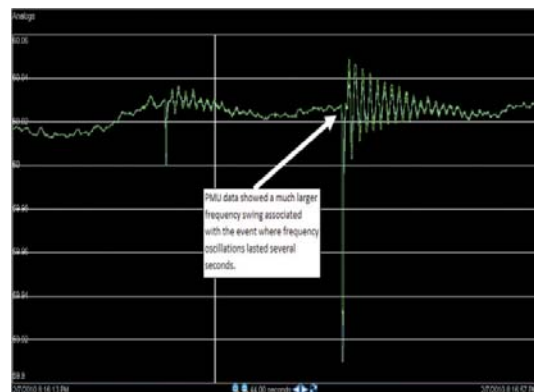


Fig.3 PMU 신호

NERC 에서 발간한 관련 동향 보고서에 의하면 Synchrophasor 기술은 Table 1 과 같이 크게 실시간 운영(real time operation)과 오프라인 응용기술(off line applications)로 구분할 수

있으며, 각각 다양한 Synchrophasor 응용 기술이 주목받고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 응용 기술들은 기존의 SCADA 시스템 보다 정밀한 광역계통 감시와 운영에 도움이 될 수 있으며, 신재생 에너지원 계통 연계 등 다양한 스마트 그리드 분야에 적용될 수 있다. 특히 교류전기철도 급전시스템에서 고장점 표정을 위한 시각동기화 기술에 유효하게 적용될 수 있다.

이 규격은 변전보호계통에서 동기화된 페이지 측정 시스템에 대한 것이다. 이것은 동기화된 페이지 (synchrophasor), 주파수, 주파수 변화율(rate of change of frequency, ROCOF) 측정에 대해 정의한다

Table 1 Synchrophasor 응용 기술

| | 응용기술 |
|------------------------------------|---|
| Real time operation applications | <ul style="list-style-type: none"> • Wide area situational awareness • Frequency stability monitoring and trending • Power oscillation monitoring • Voltage monitoring and trending • Alarming and setting system operating limits, event detection and avoidance • Resource integration • State estimation • Dynamic line ratings and congestion management • Outage restoration • Operations planning |
| Planning and off line applications | <ul style="list-style-type: none"> • Baselineing power system performance • Event analysis • Static system model calibration and validation • Dynamic system model calibration and validation • Power plant model validation • Load characterization • Special protection schemes and islanding • Primary frequency (governing) response |
| Wide area controls | <ul style="list-style-type: none"> • Wide area controls |

이것은 Time tag 와 위의 3 가지 측정을 위한 동기화 요구사항을 설명한다. 이것은 측정을 평가하는 방법과 정상상태와 과도 상태의 요구사항을 구체화한다. 이것은 독립형 및 다른 장비와 연동하여 사용 가능한 고 정밀페이저측정장치(phasor measurement unit, PMU)를 정의한다. 이 규격은 하드웨어, 소프트웨어나 Phasor, 주파수, 주파수 변화율에 대한 Computing 기법은 제시하지 않는다.

3. 결론

시간동기화를 위하여 GPS 수신 장치 및 Driver 와 CPU 의 연동을 위한 Test Board 를 설계하였으며, 시간동기화 기술을 탑재한 보호계전기의 개별 기능은 Fig.4 와 같으며, Fig.5 와 같이 전압/전류 정보에 시간 정보를 제공하기 위한 알고리즘을 구현하기 위해 GPS 수신 장치 및 Driver 와 CPU 의 연동을 위한 Tst Board 제작하였다.

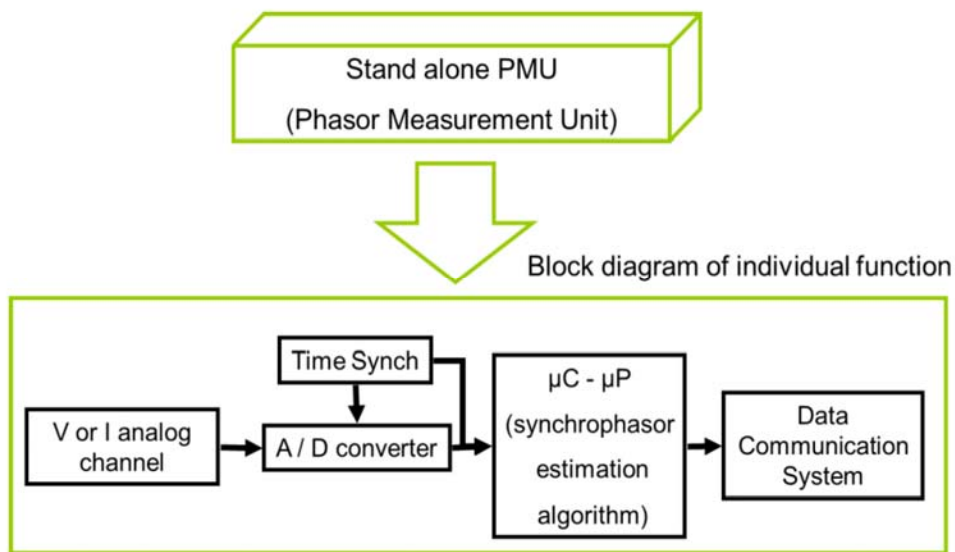


Fig.4 Block diagram of a stand alone PMU

기존의 방식과 달리 고장점 오차를 줄이고 고장점 표정을 위한 여러 보호계전기로부터 고장전류 정보를 받아 고장지점을 연산하고, 동일한 고장시점의 고장정보를 취득하여 정확한 고장점 표정하도록 하는 기술을 특허 출원하였으며, 본 연구개발에서는 변전소, 보조급전구분소(병렬급전구분소), 급전구분소 간의 거리가 원거리인 교류전기철도 급전시스템에서 보다 정확한 고장점 표정을 위해 시각동기화 기술을 적용개발하고 있다. 시각동기화 기술을 이용하여 보호계전기들이 취득하는 사고 전류에 시간정보를 추가로

저장하고, 이러한 정보를 고장점 표정장치에 전송하여 고장점 위치를 보다 정확하게 연산할 수 있도록 구성하였다. GPS 시각동기화 기술을 보호계전기에 적용하기 위한 기술기준(IEEE C37.118) 내용을 검토하였다

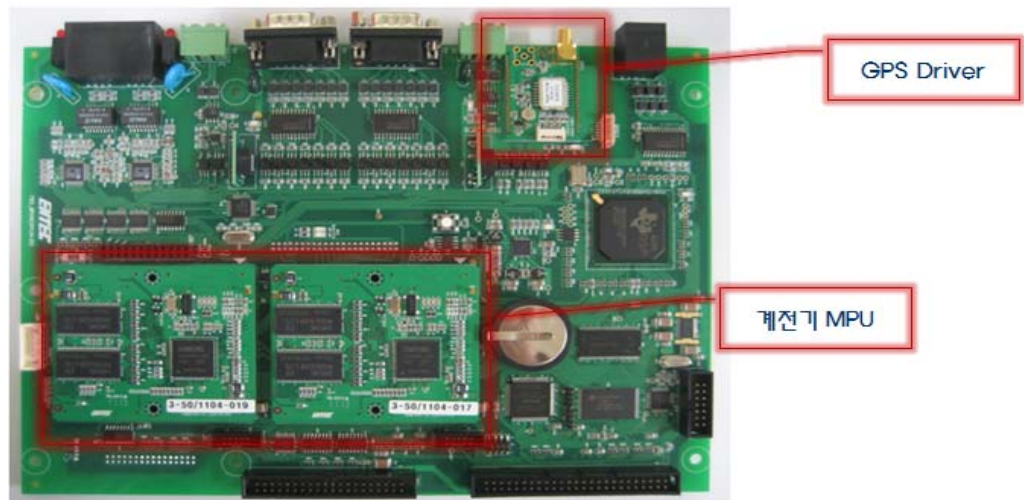


Fig.5 GPS 수신 장치와 보호계전기 CPU 와 연동을 위한 test board

교류전기철도 급전시스템에서 고장의 원인은 크게 변전소 내 및 급전회로에의 단락 및 지락이 있고 고장전류가 큰 특고압이기 때문에 순시에 검출하여 고장을 제거할 필요가 있다. 따라서 변전소 내 보호계전기의 적절한 배치 및 정정을 통하여 고장을 검출함과 동시에 전차선로에도 보호가 용이하도록 회로를 구성하도록 하여야 한다. 또한 최근에는 전기차량의 고속화와 더불어 부하전력의 증가와 전력회생을 하는 전기차량을 사용하고 있기 때문에 고장전류와 부하전류 간의 큰 차이가 없어 부하전류에 의한 보호계전기의 오작동을 방지하기 위한 고도의 보호시스템이 필요하다. 이러한 고도의 보호시스템을 구현하기 위해서는 급전계통의 구성요소 모델링 및 보호계전기알고리즘 개발을 하여야 하며, 동기화된 시간을 찾아야 정확한 고장시점에 발생한 교류 전압과 전류, 주파수의 값을 페이지 형태로 받아들여 분석해야 정확하게 고정점 표정 및 고장을 분석할 수가 있다

참고문헌

- [1] 권성일, “시간동기화 기능을 갖는 교류 철도용 통합보호계전시스템 기술개발”
1차년도 연구개발계획서 한국철도공사, 2014.8.29.
- [2] 권성일, “시간동기화 기능을 갖는 교류 철도용 통합보호계전시스템 기술개발”
2차년도 연차실적·계획서 한국철도공사, 2015.4.29.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도핵심 부품/장치 기술개발 2 단계 연구개발사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.