

시간 동기 데이터를 이용한 광역계통 감시시스템 "K-WAMS" 구현

김상태* 김지영 이동철 송완석 장수형 김영돈
한전KDN(주) LS산전(주)

Development of "K-WAMS" Wide Area Monitoring System based on Synchro-Phasor

Sang-Tae Kim* Ji-Young Kim Dong-Chul Lee Wan-Suk Song Su-Hyung Jang, Young-Don Kim
Korea Electric Power Data Network LS Industry System

Abstract - K-WAMS based on i-PIU as a synchro-phasor data acquisition device using GPS can treat a monitoring and evaluation of wide area power system to detect a various symptoms of wide area disturbances and prevent large blackout. This paper introduced the development of K-WAMS such like WAMS(Wide Area Monitoring System).

Unit)는 LS산전에서 개발한 PMU(Phasor Measurement Unit)으로서 전압, 전류의 정상분 실효치와 주파수, 유/무효전력 등 전력계통 안전도 평가에 필요한 데이터를 0.1%의 오차율을 가지고, 1초에 60회 상위시스템으로 실시간 Synchro-Phasor 표준 규격인 IEEE C37.118-2005를 기반으로 전송한다. 그림 2는 i-PIU이다.

1. 서 론

전력산업 초기에는 모든 운영자들이 계통 운영에 신뢰도 및 안정도 향상을 꾀하였지만 현재에는 경제성에 더욱 큰 비중을 두고 있어 전력기반 시설에 투자하기보다 운전점을 계통의 안정도 한계점까지 끌어 올려 운영하고 있어 광역정전을 유발시킬 수 있다. 이를 위해 전력산업의 경제성을 추구하기 위해서는 신뢰도와 안정도를 향상시키는 것이 우선시 되어야 한다.

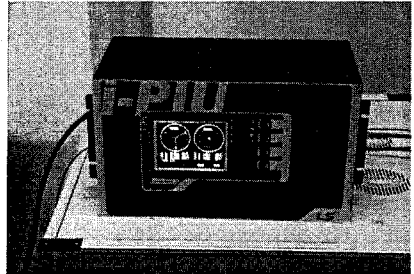


그림 2 현장에 설치된 i-PIU

본 논문에서는 광역 전력계통 감시를 위한 시간 동기 Phasor 감시를 이용한 계통 불안정성 조기 검출/경보 시스템인 K-WAMS를 소개한다.

K-WAMS는 전체 전력계통의 신뢰도와 안정도를 감시하고자 하는 시스템으로서 전력계통의 광역 정전의 징후 및 큰 의란을 미리 감지하여 운영자에게 현재 운전점의 위치를 실시간으로 제공하는 역할을 한다.

상위시스템은 크게 세가지 부분으로 나눌 수 있다. 모든 부분을 관리하는 i-PIS(Intelligent Power system Information System)는 안전도 평가 결과, 실시간 데이터 처리, 및 사용자 인터페이스(UI)를 제공한다. i-PIE(Intelligent Power system Information Evaluator)는 광역 전력계통의 안전도 평가 시스템으로 실시간 안전도 평가 알고리즘을 다루는 시스템이다. i-PIM(Intelligent Power system Manager)는 실시간 데이터, 온라인 데이터 및 오프라인 데이터를 저장 및 검색할 수 있는 DB관리 시스템이다.

2. 본 론

2.1 시스템 아키텍처

기존의 순차적으로 상위 시스템으로 전송되는 데이터 흐름을 평가우선의 원칙을 적용하여 병렬구조로 개선하였다. 그림 1은 K-WAMS의 하드웨어 구성도 이다.

i-PIU에서 전송되는 데이터는 IEEE Std. C37.118 규격을 따르도록 설계하여, 제작사가 다른 PMU를 모두 수용할 수 있도록 하였다. 그러므로 i-PIU는 상위시스템 제작사가 달라도 적용이 가능하며, 상위시스템도 다른 PMU를 수용할 수 있도록 설계 및 개발 되었다. 전 단처리장치인 FEP(Front-End-Processor)는 RTOS 기반의 임베디드 시스템으로 하위의 다수 i-PIU들로부터 전달되는 정보를 수신하고, 프로토콜을 해석하여 적절한 응답 및 처리를 수행한다. 또한 전송 경로와 i-PIU와의 통신상태를 관리하는 기능을 수행하며, 주요 기능으로는 자체진단, 구성관리, 전송 DB관리 통신 스케줄 관리 등이 있다.

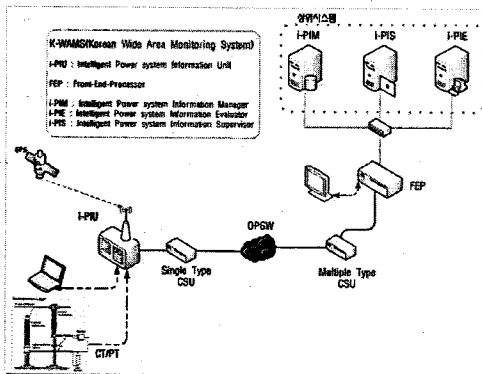


그림 1 K-WAMS의 하드웨어 구성도
i-PIU(Intelligent Power system Information

2.2 K-WAMS에 구현된 안정도 알고리즘

근래에 경험한 광역정전 및 심각한 계통 고장 파급현상은 계통 보호의 패러다임이 개별적인 설비보호의 개념에서 전체계통의 온전성(Integrity) 및 신뢰성(Reliability)를 유지하는 계통 보호에 대한 개념으로

이동하였다. 특히 K-WAMS와 같은 WAMAC(Wide Area Monitoring and Control System)은 계통 수요에 따른 계통의 동적 응답 및 연속되는 계통고장(Cascaded Outage)등에 대한 정보를 실시간으로 제공하고 그 태어 방안을 제시하는 것으로써 이는 기존의 SCADA/EMS 데이터를 바탕으로 한 안전도 평가 알고리즘에서 갖고 있던 동기 데이터 수집의 어려움과 장시간 계산의 단점을 보완한 실시간 계통 안정도 평가 및 보호 시스템이다.

2.2.1 실시간 전압 불안정성 검출 알고리즘

기존에 개발하였던 실시간 전압 불안정성 검출 알고리즘(WAVI)은 수도권 전압 불안정성을 대상으로 개발하였고, i-PIU 설치 장소에서의 취득 데이터만을 이용하였다. 현재 K-WAMS에 탑재된 알고리즘은 WAVI뿐만 아니라 향후 EMS 데이터 연계를 가정하여 일반적인 off-line 해석에서 이루어지던 조류계산 level에서의 전압안정도 해석방법을 실시간으로 수행할 수 있는 PV해석을 탑재하였다. 기존의 복상용선로 6개의 데이터와 EMS 데이터를 이용하면 그림 3과 같은 감시화면을 이용하여 계통의 유효전력 여유를 실시간으로 감시할 수 있다. 본 화면의 데이터는 2007년 한전 실계통 EMS 데이터와 DSATools의 VSAT을 이용하였다.

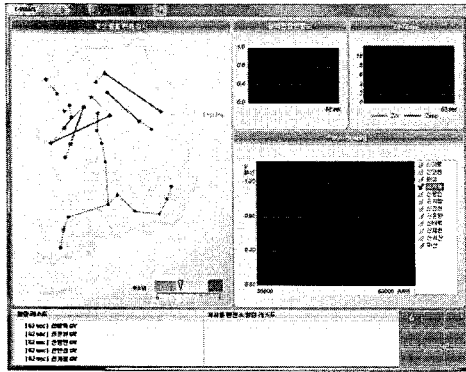


그림 3 복상용선로 감시화면

2.2.2 실시간 저주파 진동 검출 알고리즘

i-PIU가 설치된 지점의 유효전력 데이터를 이용하여 설치점의 저주파 진동을 검출할 수 있는 알고리즘을 탑재하였다. 본 알고리즘은 Prony 법을 이용하여 유효전력 데이터에 숨어있는 0.2~2Hz 저주파 진동의 Damping과 Residue를 검출하여 계통의 진동여부를 파악할 수 있도록 하였다.

2.2.3 거리계전기 연쇄동작 위험도 관리 알고리즘

i-PIU기반의 거리계전기 임피던스 궤적 감시시스템과 보호계전기 연쇄동작 위험도 감시시스템을 탑재하여 광역정전을 방지할 수 있도록 하였다. K-WAMS는 운영자가 선택한 관심선로의 임피던스 궤적 감시와 민감도 지수, 취약도 지수를 이용한 관심선로의 위험도 지수를 제공하여 거리계전기 연쇄동작을 미연에 방지하고자 하는 목적이 있다. 그림 4는 자체 Simulator를 이용하여 개발한 거리계전기 연쇄동작 위험도 감시 화면이고, 그림 5는 관심선로의 거리계전기 정정치와 임피던스 궤적 감시 화면이다.

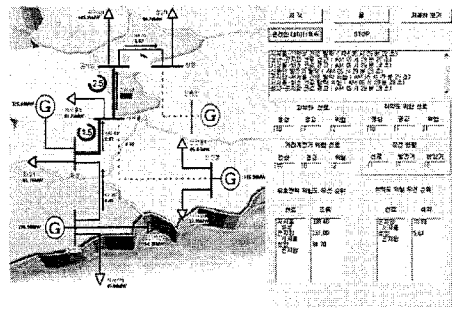


그림 4 위험도 감시화면

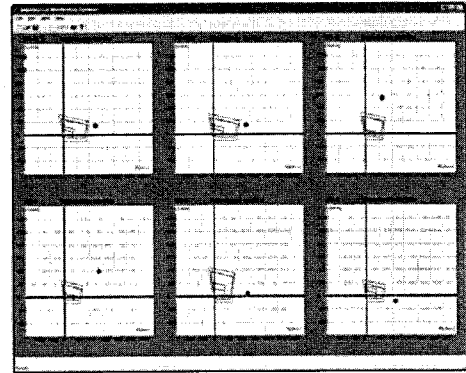


그림 5 관심선로 임피던스 감시화면

3. 현장 시험

3.1 현장 설치

개발된 K-WAMS를 검증하기 위하여 i-PIU를 실계통에 연결하여 그 데이터를 취득하였다. 본 Test를 위한 구성도는 그림 6과 같다.

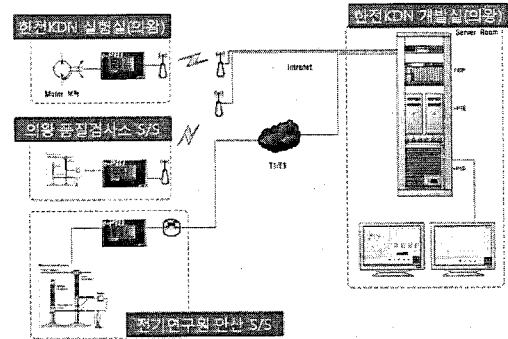


그림 6 실증을 위한 시스템 구성도

22.9kV급 변전소 2개소에 i-PIU를 설치하였다. 상위 시스템은 한전KDN 연구원이 있는 의왕 한국전력 품질검사소에 설치하여 Test 하였다. 품질검사소 구내 변전소의 i-PIU 데이터는 한전 사내망을 이용하여 데이터를 전송 받았고, 한국전기연구원 안산분원 변전소에서는 KT망의 1Mbps급 데이터 전용회선을 사용하여 데이터를 전송 받았다. 또한 한전KDN 실현실에 설치되어 있는 모터 부하에도 연결하여 총 3개소에서의 데이터를 전송받아 처리하였다.

본 Test는 데이터의 정확성, 신뢰성 및 시간 동기화를

검증하는 Test로서 전력계통을 감시할 수 있는 기본적인 데이터인 PQV(유/무효전력, 전압, 주파수)와 3개 소의 위상차를 실시간으로 감시하고, 안정도 알고리즘은 지역 저주파진동검출 알고리즘을 검증하였다. 지역 저주파진동검출 알고리즘의 정확성은 1단계에서 Simulator를 이용하여 검증하였지만, 실제계통에서의 첫 적용이며, 본 Test에서는 실제 저주파 진동치를 알지 못하므로 검증이 어려웠고, 알고리즘 연산 시간이 정해진 시간 내에서 수행되는지 여부를만을 관찰했다. 그림 7은 실제 변전소에 Test를 위해 i-PIU를 설치하는 그림이다.

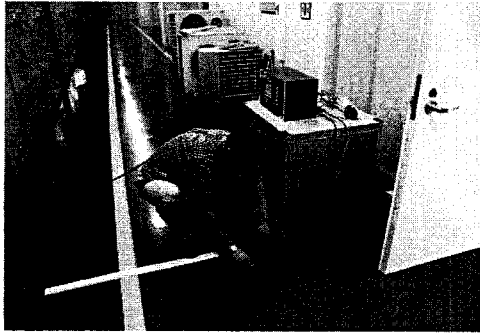


그림 7 한국전기연구원 안산분원 i-PIU 설치

3.1.1 기본 데이터 감시

그림 8은 K-WAMS의 전국 계통을 감시할 수 있는 초기 화면이다. 본 시스템은 345kV 이상 변전소 감시를 목적으로 한바, Test를 위해 22.9kV 변전소를 선택하여 화면에 지역은 임의대로 설정하였다.

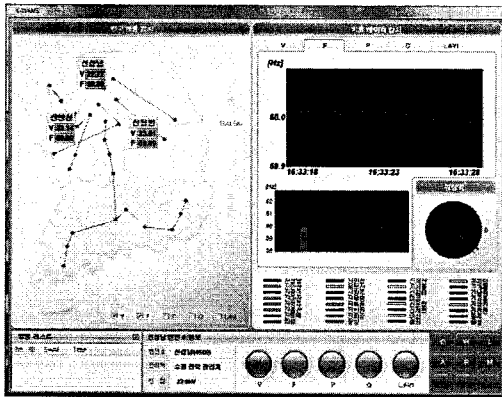


그림 8 K-WAMS 초기 화면

그림 7에서 좌측의 화면은 우리나라 계통상에서 기본 데이터를 디지털 값으로 감시할 수 있도록 하였다. 우측 상단의 경우 기본 데이터를 시계열 추이로 감시할 수 있고, 전국의 관심 변전소의 데이터를 함께 출력하여 상대 비교할 수 있는 감시화면이다. 현재 그림은 주파수의 추이를 보여주고 있다. 그림의 좌측 그림은 현재 들어오는 데이터의 크기를 비교하는 그림이며, 우측의 그림은 위상차이를 감시하는 그림이다. 실제 안산과 외항간에 약 10° 정도의 위상차를 가지고 운전되었다.

그림 하단은 Alarm/Event를 표현하는 그림이다. i-PIU에 설정되어 있는 기본적인 계전요소의 임계치를 벗어날 경우 색깔을 바꾸어 사용자가 계통에 Event가 발생하였음을 알 수 있도록 하였다.

그림 9는 특정 변전소의 데이터를 감시하는 화면이다.

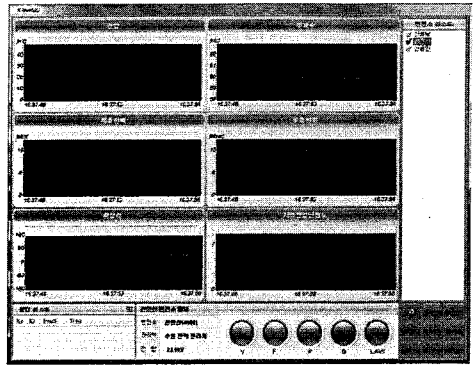


그림 9 특정변전소 기본 데이터 감시화면

특정 변전소의 데이터를 자세히 보기위한 화면으로 전압, 주파수, 유/무효전력, 위상등을 감시할 수 있다. 그림 하단의 임계치 화면의 경우 앞절의 내용과 동일하게 적용되었다.

3.1.2 지역 저주파진동 감시

K-WAMS에 탑재된 알고리즘 가운데 검증이 가능한 알고리즘은 지역 저주파 진동 알고리즘이며, 그림 10은 저주파 진동 감시를 위한 화면이다.

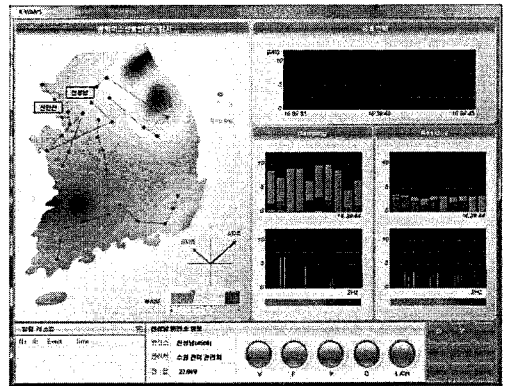


그림 10 지역 저주파진동 감시 화면

그림 10의 좌측은 광역 저주파진동을 감시하는 화면이다. 본 알고리즘을 계산하기 위해서는 전국의 주요 변전소 데이터가 필요하나 현재 i-PIU를 3개소에 설치하였기 때문에 감시가 어렵다. 우측 상단의 화면은 한국전기연구원 안산분원 변전소의 유효전력 데이터이며, 그 하단에 표현되는 데이터는 Damping과 Residue 화면이다.

4. 결 론

서로 다른 지역의 데이터를 60cycle/sec의 실시간으로 감시할 수 있는 시스템을 우리나라에서 최초로 Test하였다. 또한 기 발표된 논문을 통해 대용량 데이터 처리방안을 해결하여 제안된 K-WAMS는 실용화단계에 들어섰고, 설치 운영된다면 향후 계통 운영의 신뢰성 확보가 가능하다.