

IEC 61850기반 변전소 자동화 시스템에서 IED의 결합 극복 방법

이동욱, 진용우, 이덕수, 임성일, 이승재
명지대학교

Fault Tolerant of IED in IEC61850 based Substation Automation System

Dong-Wook Lee, Yong-Woo Jin, Duck-Su Lee, Seong-Il Lim, Seung-Jae Lee
Myongji University

Abstract - This paper proposes new methods which are used for trouble detecting and tolerance of IED in IEC61850 based Substation Automation System. There are three point devices for construction of this system: Trouble Detection IED, Backup IED and Engineering Unit. Trouble Detection IED tests trouble of Bay IED and sends the result to Engineering Unit. And then Engineering Unit is able to control the system. When fault occurs in Bay IED, Backup IED will be substitute the troubled Bay IED. If this proposed scheme can be used in this system, the reliability of the Power System would be greatly improved.

1. 서 론

현대 전력계통은 반도체, 통신, 전자, 제조업 등의 기간산업으로서 전력계통에서 발생하는 고장을 신속하고 정확하게 제거하지 않으면 다른 건전한 구간에도 파급되어 막대한 손실을 가져오게 된다. 그러므로 발생한 고장을 신속, 정확하게 제거하기 위해서 보호계전시스템의 역할이 매우 중요하며, 그 보호계전기는 계통의 감시를 잠시라도 중단해서는 안 된다. 하지만 보호계전기는 구성이 복잡할 뿐 아니라 운영자가 관리하기 어려운 환경에 설치되는 것이 대부분이기 때문에 혹시라도 자체적으로 결합이 발생할 경우 보호계전의 역할을 수행하지 못할 수도 있다. 이것을 방지하기 위하여 현재는 동일한 보호기기를 2계열화 하여 보호기기에 결합이 발생하였을 경우 이를 대처하게 한다. 그러나 2계열화는 부동작은 줄어들지만 오동작의 가능성은 늘어나고 전력계통의 모든 보호계전기를 2계열화해야하기 때문에 설비비용이 많이 증가된다.

이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 IEC61850을 기반으로 하여 급격히 발달하고 있는 정보통신기술을 응용한 변전소 자동화 시스템에서 설비비용의 감소뿐만 아니라 동작신뢰도를 증가 시킬 수 있는 구조를 제안한다. 변전소 자동화 시스템은 네트워크로 변전소의 IED들을 연계하여 IED들간의 상호 정보교환 능력을 증가시킴으로써 변전소의 운전능력을 향상시키기 위한 시스템이다. 변전소 자동화를 이루는데 있어서 가장 큰 문제점중의 하나는 각기 다른 회사에서 제작된 IED들간의 연결이다. 이들 IED는 각자 배타적인 기술로 제작되어 통신 프로토콜이나 통신방식이 다를 수 있어 서로간의 정보교환이 힘든 경우가 생긴다. 이를 극복하기 위하여 변전소내의 시스템 구조 및 통신 프로토콜을 통합하는 작업을 미국과 유럽에서 진행하여 UCA2.0과 IEC61850으로 만들었고, 이 두가지는 IEC61850이 UCA2.0을 감싸고 있는 형태로 통합되었다.

이런 IEC61850을 사용하여 변전소 자동화 시스템을 구성하게 되면 이전에는 불가능하였던 여러 가지 새로운

기능을 구현할 수 있다. 본 논문에서는 IEC61850 규격을 따르는 변전소자동화 시스템의 구성과 능력을 활용하여 IED에 고장이 발생하였을 경우 소프트웨어 이동에 의해 고장 난 IED의 기능을 여분의 IED가 대신하게 함으로서 고장의 발생에도 불구하고 전체 시스템은 주어진 역할을 지속적으로 수행할 수 있는 방법을 제시한다.

2. 본 론

2.1 Mobile Agent를 이용한 결합 극복 방법

IEC61850 기반의 모바일 에이전트를 이용한 결합 극복 방법은 Station UNIT, Bay IED, Trouble Detector, Process IED로 구성된다.

2.1.1 각 디바이스의 역할

Mobile Agent를 이용한 결합 극복 방법에서 사용되는 디바이스는 4가지로 구성된다.

먼저 Station UNIT은 전체 시스템을 관리하는 장치로, Bay IED들이 필요로 하는 계전 소프트웨어들을 가지고 있고 그 소프트웨어를 전송한다. 또한 Process IED에게 데이터 전송 경로를 지정해주고 Bay IED가 고장이 났을 경우 Backup IED로 소프트웨어를 전송 해 줄 뿐만 아니라 Process IED에게 새로운 전송경로를 지정해 준다. 그리고 데이터베이스에 모든 상황을 저장하여 HMI가 접속하여 변전소의 상태에 대한 내용을 알 수 있게 한다.

Bay IED는 Station UNIT으로부터 계전기 소프트웨어를 전송 받은 후 실행을 시켜서 보호계전기의 역할을 한다.

또한 Trouble Detector는 Bay IED들에게 테스트 패턴을 보내고 그 결과물을 받아서 자신이 가진 데이터와 비교 후, Bay IED의 내부적인 결합을 검출할 뿐만 아니라 데이터의 응답이 없을 경우, 하드웨어 결합으로 인지하고 Station UNIT에게 결합이 발생한 Bay IED를 알려준다.

Process IED는 기존의 CT, PT의 역할을 하는 장치로써 Station UNIT의 명령을 받고 Bay IED들에게 디지털 데이터를 보낸다.

2.1.2 동작 Scheme

그림 1은 Mobile Agent를 이용하여 결합이 발생한 IED Backup IED로 대체하는 것을 보여준다.

1. Trouble Detector가 Bay IED들을 실시간으로 검사하는 도중 Bay IED #2에 고장이 발생하여 Trouble Detector에 의해 검출 됨.
2. Trouble Detector가 결합이 발생한 Bay IED를 Station UNIT에게 알려 줌.

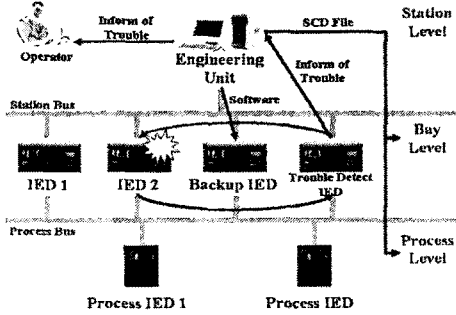


그림 1 Mobile Agent를 이용한 결합극복 방법

3. Station UNIT은 Trouble Detector로부터 받은 정보를 이용하여 Backup Bay IED에게 결합이 발생한 Bay IED와 동일한 계전 소프트웨어를 전송하고 Process IED에게 결합이 발생한 Bay IED로 보내던 데이터를 Backup Bay IED로 전송하라고 명령을 보낸다.
4. Process IED는 Station UNIT으로부터 받은 명령대로 Backup Bay IED로 데이터를 전송한다.

2.1.2 Trouble Detector의 결합검출 방법

IED 하드웨어 및 소프트웨어의 결합을 검출하는 방법은 간단한 자기진단(Self diagnosis)에서 최신의 바운더리 스캔(Boundary scan)에 이르기 까지 다양한 방법이 있다. 본 논문에서 제시하는 방법은 결합검출 IED가 베이레벨 IED의 기능에 따라 미리 정해진 테스트 패턴을 프로세스 버스를 통하여 전송하고 각 IED의 계산결과 받아 미리 계산된 결과와 비교함으로써 베이레벨 IED의 고장을 검출하는 방법이다.

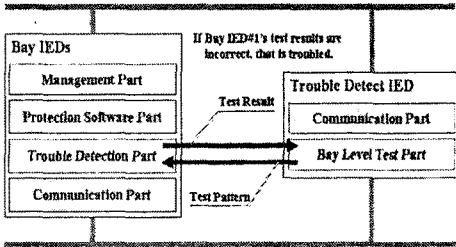


그림 2 IED 결합검출 방법

2.2 IEC61850 적용방안

본 논문에서 제시된 IED 결합극복 방법은 기존의 변전소 구조와 신호전송 방식에서는 구현될 수 없었으나 IEC61850기반의 시스템이 제공하는 여러 가지 구조와 기능을 사용하면 구현이 가능하다. IEC61850이 가지는 여러 가지 특징 중에서 본 논문에서 제시하는 IED 결합극복 방법 구현을 가능하게 하는 특징을 소개한다. IEC61850의 통신 구조는 버스 혹은 링 방식의 통신 구조를 사용하고 있다. 이러한 통신구조하에서는 기존의 중앙집중식의 시스템 구조에서 분산형 시스템 구조가 가능하다. 또한 다른 제조업체의 장비들 간의 정보 교환을 가능케하기 위해서 표준의 데이터 모델과 서비스 모델을 LN라는 표준의 인터페이스를 만들어 제공하고 있으며, SCL(Substation Configuration Language)기반의 표준화된 엔지니어링 방법을 소개하고 있다.

2.2.1 프로세스 버스

초기의 변전소 감시제어장치는 계기용 변성기, 보호계전기, 제어기, HMI 및 RTU(Remote Terminal Unit)

가 모두 하드웨어로 연결되어 있는 구조이다. 모든 데이터는 하드웨어를 통하여 아날로그 형태로 전달되어 RTU에서 디지털화 되며, 통신을 통하여 상위 운용 시스템으로 전송된다. IEC61850 환경에서는 변전소 내의 모든 데이터 전달이 디지털 통신으로 이루어지며 이를 위하여 초기 변전소 구조의 하드웨어를 스테이션 버스와 프로세스 버스가 대신하는 구조로 변경된다.

기존의 변전소는 베이레벨 IED에 보조CT, 보조PT와 A/D 변환기가 설치되고 스위치야드 전력설비의 계기용 변성기로부터 전압, 전류가 하드웨어를 통하여 연결된 구조였다. IEC61850 기반의 변전소자동화에서는 계기용 변류기에서 아날로그 신호를 디지털로 변환하고 이더넷을 통하여 베이레벨의 IED로 신호를 전송하는데 이 네트워크를 프로세스 버스라 한다. 기존의 방식에서는 하드웨어를 사용하므로 계기용 변성기에서 하나의 베이 IED로 신호를 전송하다가 필요에 따라 다른 베이 IED로 신호를 전송하도록 경로를 바꾸는 것이 불가능하였다. IEC61850기반 변전소 자동화에서는 프로세스 버스를 사용하여 통신으로 데이터를 전송하므로 데이터 전송경로를 바꾸는 것이 가능하다.

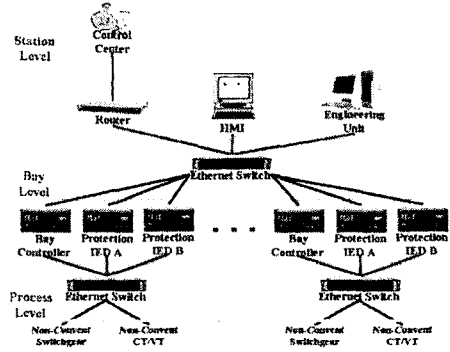


그림 3 IEC61850기반 SAS

2.2.2 표준 인터페이스

IEC61850에서는 변전소내의 모든 정보를 LN이라는 표준 인터페이스로 모델링 하고 데이터는 이 LN사이에 전달되는 것으로 표현하고 있다. 즉, IED 하드웨어의 구성이 다르고 내부 알고리즘과 그 구현방법이 달라도 표준 인터페이스인 LN만 일치되면 상호교환성(Interchangeability)이 있어 정보교환이 가능하다는 것이다.

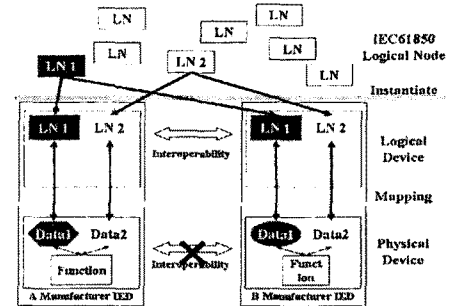


그림 4 Interchangeability 개념도

예를 들어 제작사 A에서 만든 베이 IED가 거리제전과 고장기록저장 소프트웨어를 수행하고 있으며 LN PDIS, RDRE, etc. 로 구성되어 있다고 할 때 제작사 B가 만든 베이 IED에 A사와는 상이한 알고리즘으로 만들어진 거리제전과 고장기록저장 소프트웨어를 탑재했다 할지라도 표준화되어 있는 LN PDIS, RDRE, etc. 만 같으면 B사

의 IED를 A사의 IED와 교체하더라도 주변 IED들과 인터페이스에 전혀 문제가 없이 자기 기능을 수행할 수 있게 되는 것이다.

2.2.3 엔지니어링

변전소를 구성하는 전력 기기와 IED들을 통합하여 상호 유기적으로 작용하게 함으로써 변전소 자동화 기능을 구현 하는 일을 엔지니어링이라고 부른다. 이를 위하여 구성요소 각각의 역할을 정의하고 상호간의 정보 전달 체계를 구축하여야 한다. 이러한 작업을 위해서는 변전소의 구성 요소들과 그것들 상호간의 관계를 기술할 수 있는 표준적인 포맷이 필요하다. IEC61850은 전력 기기와 IED의 다양한 종류와 기능에 대한 오브젝트 모델을 정의한다. 그리고 IED 구성과 파라미터에 관계된 통신 시스템의 구성, 스위치 야드의 구조와 그것들 간의 상호 관계를 기술하는 파일 포맷을 정의한다. 변전소 자동화를 진행하는 각각의 단계에서 다양한 엔지니어링 틀 간의 데이터 교환이 가능하기 위해서는 이를 표현하는 표준적인 파일 포맷이 필요하다. IEC61850에서는 이러한 것들을 Substation Configuration Language(SCL)로 정의하고 있으며 변전소 구성, IED, 통신 시스템을 규격에 정의되어 있는 오브젝트 모델로서 표현한다. SCL을 위한 언어는 Extensible Markup Language(XML) 버전 1.0이 사용된다.

엔지니어링은 여러 제작회사에서 개발된 다양한 IED를 모아서 하나의 변전소자동화 시스템을 구성할 때 각각 IED의 역할을 정의하고 데이터 및 제어신호의 흐름을 정의한다. 이 기능을 수행하기 위해서는 전체 시스템과 IED를 구성하는 두개의 소프트웨어가 필요하다. IED 구성 소프트웨어가 ICD(IED Capability Description)파일을 시스템 구성 소프트웨어로 전송하면 시스템 구성 소프트웨어는 외부로부터 SSD(System Specification Description)파일을 받아 SCD(Substation Configuration Description)파일을 만들어 IED 구성 소프트웨어로 전송한다. IED 구성 소프트웨어는 CID(Configured IED Description) 파일을 생성하여 IED로 전송하여 기능을 구현하게 한다. IEC61850에서는 이러한 엔지니어링 기능을 이용하여 IED를 교체할 수 있다. IED에 고장이 발생되어 백업 IED가 투입된 경우 엔지니어링 기능을 이용하여 백업 IED에게 고장난 IED가 수행하던 기능을 할당하고 고장난 IED로 데이터를 받거나 주던 주변의 IED에게 시스템 구성을 변경하는 구성 파일을 다운로드 함으로서 시스템을 재구성 할 수 있게 한다.

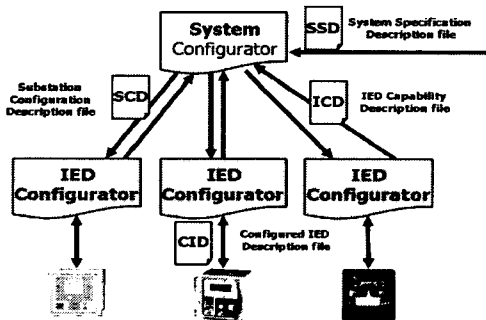


그림 5 SCL기반 엔지니어링

2.3 검증 시스템 구성

전력계통 과도현상 시뮬레이터인 RSCAD를 이용하여 전력계통을 모의하고 실시간 디지털시뮬레이터인 RTDS를 이용하여 계기용변성기에서 제공되는 아날로그 신호를 발생하였다. 프로세스 레벨의 머징유닛은 개인용 PC로서 PCI 인터페이스 A/D 컨버터를 장착하여 아날로그

신호를 디지털로 변환하고 TCTR 로지컬 노드를 통해 MSVCB(Multi Cast Sampled Value Control Block)을 통해 멀티캐스팅으로 프로세스 네트워크를 통해 샘플링 신호를 전송한다. Bay IED는 산업용 컴퓨터로 구성되어 있는데 실시간성을 확보하고 소프트웨어 이동을 편리하게 하기 위하여 Real Time Linux에 Virtual Machine을 탑재하였다.

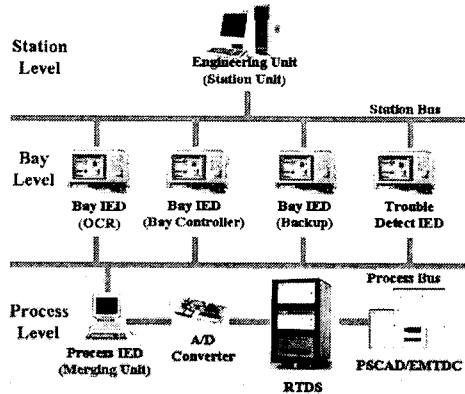


그림 6 시뮬레이션 구성도

보호계전 소프트웨어는 과전류계전기, 거리계전기와 고장기록기를 인터프리터 방식의 자바 언어로 작성하였다. 고장검출 IED 테스트 패턴과 결과 값을 가지고 있으며 테스트 패턴 전송을 위하여 XXTB라는 사용자 정의 LN을 만들었다. 엔지니어링 유닛은 PC로 구성하였고 시스템 구성 소프트웨어, 3개의 IED 구성 소프트웨어와 보호계전 소프트웨어를 담고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 IEC61850 표준을 이용하여 베이레벨 IED 고장시 여분의 IED에 필요한 소프트웨어를 이동하고 역할을 설정하고 데이터흐름을 변경하여 대체케 함으로서 시스템의 기능을 지속할 수 있는 고신뢰 변전소 자동화 시스템을 제안하였다. IEC61850 기반으로 변전소 구성을 변경함으로서 기존에는 생각할 없었던 새로운 개념의 동작이 가능하며 본 논문은 이러한 가능성 중에 하나를 제시하였다. 제안되는 시스템은 변전소 자동화 시스템 상에서 IED의 오동작 감소, 2계열화로 인한 여분 IED의 비용 최소화, 결함 검출 방법을 이용한 IED의 고장유무 검사로 용이한 유지보수 등의 많은 장점을 가져올 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] D.P. Siewiorek and R.S. Swarz, The Theory and Practice of Reliable System Design
- [2] Laura L. Pullum, "Software Fault Tolerance Techniques and Implementation", Artech House computing library, 20 01
- [3] Stucki, L. G., and G. L. Foshee, "New Assertion Concepts for Self-Metric Software Validation," Proceedings of 19 75 International Conference on Reliable Software, 1975, p p. 59-71.
- [4] Avizienis, A., "The N-Version Approach to Fault-Tolerant Software," IEEE transactions on Software Engineering, Vol. SE-11, No. 12, 1985, pp.1491-1501