

IEC61850기반 변전소 자동화 시스템의 신뢰도 향상 방안

이동욱, 진용우, 임성일, 이승재
 명지대학교 차세대전력기술연구센터

Reliability Enhancement Scheme of IEC61850 Substation Automation System

Dong-Wook Lee, Yong-Woo Jin, Seong-Il Lim, Seung-Jae Lee
 Myongji University Next-generation Power Technology Center

Abstract - 변전소 내 IED의 신뢰도는 전력계통 운용과 보호에 매우 중요한 주제가 되었다. 또한, 서로 다른 회사에서 제작된 다른 기술을 이용한 IED들을 사용할 경우 신뢰도 유지에 힘든것이 사실이다. 이를 해결하기 위하여 변전소 자동화의 구조 및 통신을 정의한 IEC61850이 제안되었다.

본 논문에서는 IEC61850기반의 변전소 자동화 시스템을 위한 새로운 신뢰도 향상 기법에 대해 제안한다. 제안하는 방법은 패턴 검사를 통해 IED의 고장을 검출하고, 백업 IED와 소프트웨어 이동을 이용하여 결함을 극복하는 것이다.

1. 서 론

변전소자동화를 구현하는데 있어 가장 큰 문제점은 IED마다 제작회사가 달라서 각자 독립적인 기술로 IED를 개발하므로 원활한 정보교환이 어렵다는 점이다. 이를 극복하기 위하여 변전소내의 시스템 구조 및 통신 네트워크를 포함하는 통합표준이 필요성이 대두되었다. 변전소자동화 표준에 대한 연구는 1990년대 초반 미국과 유럽에서 동시에 시작되었다. 미국에서는 EPRI가 UCA2.0을 만들고 유럽에서는 IEC가 IEC61850을 개발하였다. 이 두 가지 표준은 UCA2.0의 데이터 모델과 서비스를 기반으로 하고 이를 포괄하는 IEC61850으로 통합되었다.

전력계통에 고장이 발생하였을 때 신속히 제거하지 않으면 건전한 구간으로 고장이 파급되어 광역정전으로 확대된다. 따라서 고장을 검출하고 제거하는 기능을 하는 보호 IED의 역할은 매우 중요하며 전력계통은 어떠한 경우에도 무 보호상태로 방치되어서는 안 된다. 그런데 IED에도 하드웨어나 소프트웨어적인 고장이 발생할 수 있으므로 IED에 고장이 발생하더라도 이를 극복하고 계통보호 책무를 지속할 수 있어야 한다.

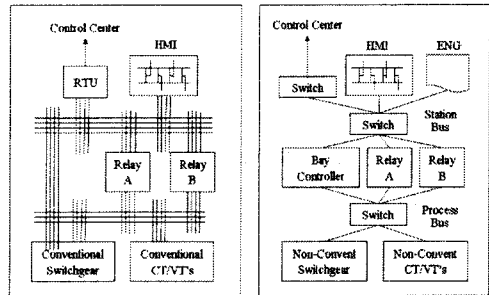
또한, 전력계통에서는 보호 IED의 고장에 대비하기 위하여 후비보호나 2계열화 방법을 사용하고 있다. 2계열화란 기기 자체의 신뢰도를 향상시키기 위해서 같은 기능의 장치를 중복하여 사용하는 것이다. 하지만 2계열화는 비용이 많이 들어서 초고압 전력설비에만 사용하고 일반적인 전력설비에는 사용되지 않는다. 때문에, 현재 변전소 IED의 신뢰도를 향상 시킬 수 있는 제대로 된 방법이 없는 실정이다.

그리하여 본 논문에서는 최근 변전소 자동화 시스템 표준으로 자리잡고 있는 IEC61850 기반의 변전소에 적용할 수 있는 새로운 IEC 신뢰도 향상 기법을 제시한다. 제시하는 스킴은 시스템 레벨의 Fault Tolerant System이다. 백업 IED를 이용하여 변전소자동화시스템의 기능을 지속하면서 온라인 상태에서 IED의 결합유무를 검사

한다. IED에 결함이 검출된 경우 백업IED가 고장난 IED의 기능을 대체함으로써 개별 IED에 결함이 있는 경우에도 이를 극복하고 주어진 기능을 지속할 수 있다.

2. Structure of IEC61850 based SAS

본 논문에서 제시하는 변전소자동화시스템 신뢰도 향상방안은 IEC61850의 여러 가지 기능을 활용하여 설계되었다. 따라서 기존의 변전소 보호제어시스템에는 적용할 수 없고 IEC61850 표준을 따르는 변전소자동화 시스템에서 활용할 수 있다. 제시하는 신뢰도 향상 방안을 가능하게 하는 IEC61850 표준의 대표적인 요소는 네트워크 기반 디지털 데이터전송, 표준인터페이스, SCL기반 엔지니어링이다.



(a) 기존 SCADA (b) IEC61850 기반 SAS
 그림 1. 변전소 보호제어 시스템 구조변화

2.1 디지털 데이터 전송

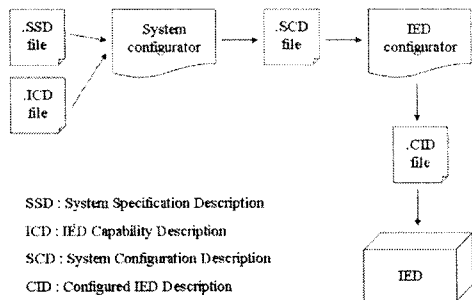
기존의 변전소 보호제어 시스템 구조에서는 변압기, 차단기 등 1차 전력설비에 설치된 CT, PT로 부터 하드 와이어를 통하여 아날로그 신호인 전압, 전류가 보호계전기로 인가된다 (그림.1-a). 기계식 보호계전기인 경우에 이 아날로그 전압, 전류가 직접 사용되고 디지털 보호계전기인 경우에는 보호계전기 내부에서 보조CT, 보조PT, 필터 및 A/D 변환기를 거쳐 아날로그 전압, 전류 신호가 디지털 데이터로 변환되어 사용된다. IEC61850 기반 변전소자동화 시스템에서는 아날로그 신호가 1차 전력설비에서 설치된 프로세스 IED에서 디지털 신호로 변환되고 프로세스 버스를 통하여 베이 IED로 전송된다 (그림.1-b). 이 두 가지 방식의 가장 큰 차이점은 운영 중에 신호의 전송경로가 달라질 수 있는가하는 점이다. 기존의 방식에서는 하드와이어로 아날로그 신호가 전송

되므로 결선을 바꾸지 않는 한 신호의 전송경로를 바꿀 수 없다. 하지만 프로세스 버스를 이용하는 경우 디지털 신호가 이더넷을 통하여 전송되므로 데이터 패킷의 목적지 주소만 바꾸면 신호 전송경로를 변경할 수 있다.

본 논문에서 제시하는 변전소자동화 시스템 신뢰도 향상방안에서는 IED의 결함을 검사하고 여분의 IED로 대체하는 과정에서 데이터의 전송 경로를 변경하기 위하여 IEC61850 표준에서 프로세스 버스와 스테이션 버스 기반으로 한 디지털 신호전송 체계를 활용한다.

2.2 SCL기반 엔지니어링

IEC61850은 다양한 IED들을 쉽게 통합하기 위하여 IED의 기능 정의와 데이터 전달체계 구현에 필요한 표준화된 엔지니어링 기법을 제시하고 있다. IEC61850의 엔지니어링은 System Configurator 와 IED Configurator, 이 두 가지 소프트웨어를 중심으로 구성된다. 그림2는 IEC61850의 엔지니어링 과정을 설명하고 있다. System Configurator는 시스템에 관한 정보를 포함한 SSD(System Specification Description) 파일과 IED에 관한 정보를 포함하는 ICD(IED Capability Description) 파일로부터 변전소내의 정보를 취득하고 그 정보들을 이용해 IED들의 기능과 데이터 흐름을 설정하는 SCD(Substation Configuration Description) 파일을 생성한다. 이 과정에서 사용되는 파일들은 XML을 기반으로 하는 SCL(Substation Configuration Language)로 구현된다. IED Configurator는 SCD 파일을 전송받아 해당 IED에 맞는 포맷의 설정 파일인 CID(Configured IED Description) 파일을 생성하여 IED에 전송한다.



SSD : System Specification Description
 ICD : IED Capability Description
 SCD : System Configuration Description
 CID : Configured IED Description

그림 2. SCL 기반 엔지니어링

본 논문에서 제시하는 변전소자동화시스템 신뢰도 향상방안에서는 IED 결함을 검출하는 과정에서 테스트 IED로 들어가거나 나오는 모든 데이터가 백업 IED로 전송되도록 시스템을 재구성하여야 하는데 이것은 SCL기반의 엔지니어링이 있으므로 가능한 것이다.

2.3 표준 인터페이스

IEC61850에서는 변전소내의 모든 정보를 LN(Logical Node)이라는 표준 인터페이스로 모델링하고 있다. 즉, IED 하드웨어의 구성이 다르고 내부 알고리즘과 구현방법이 달라도 표준 인터페이스인 LN만 일치되면 데이터의 상호 교환을 자유롭게 할 수 있다.

그림3에서 볼 수 있듯이, 서로 다른 제작사에서 만들어진 두 대의 거리계전기 IED가 있다고 할 때 신호 필터링, 실효치 계산, 고장관점 등의 알고리즘과 하드웨어 구조가 서로 다르더라도 외부 인터페이스에 사용되는 L

ogical Node 및 서비스가 같다면 데이터의 상호교환이 가능하다는 것이다. LN기반의 표준 인터페이스는 다른 회사에서 다르게 구현된 기능들의 연결을 가능하게 해준다.

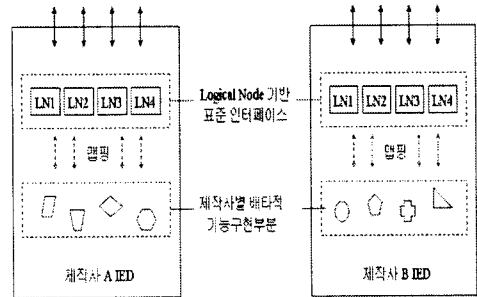


그림 3. LN기반 표준 인터페이스

3. 결함 검출 및 IED 대체 절차

3.1 시스템 구성

본 논문에서 제시하는 IEC61850 기반 변전소자동화시스템 신뢰도 향상 기법의 구조는 그림4와 같다. 그림4에서 Station Unit, Bay IED, Process IED 및 Engineering 유닛은 IEC61850 표준을 따르는 일반적인 변전소자동화시스템 구성이다. 신뢰도 향상을 위하여 추가된 부분은 Backup IED와 Trouble Manager이다. Trouble Manager는 테스트 패턴을 베이 IED로 전송하고 계산결과를 미리 정해진 결과와 비교하여 베이레벨 IED의 결함을 검출한다. Backup IED는 여분의 IED로서 베이 IED에 고장이 발생하면 엔지니어링 유닛으로부터 소프트웨어를 다운받고 시스템에 투입된다.

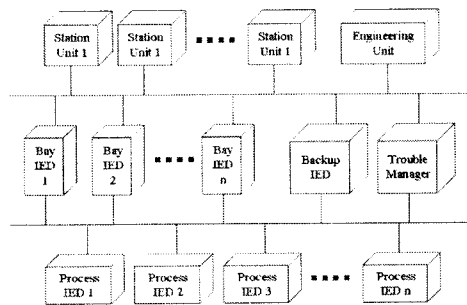


그림 4. SAS 신뢰도 향상 시스템 구성

3.2 IED 결함검사 절차

IED 결함을 검출하기 위한 동작순서는 다음과 같다.

- 1 Trouble Manager 가 Engineering Unit에게 검사대상 Bay IED와 Backup IED의 정보와 함께 시스템 재구성을 요청한다.
- 2 Engineering Unit은 검사대상 Bay IED의 기능을 Backup IED에 알려주어 Backup IED가 검사대상 Bay IED의 역할을 수행하도록 내부루틴을 구성한다.
- 3 Engineering Unit은 검사대상 Bay IED와 데이터 교환을 하는 모든 IED가 Backup IED에게 데이터를 전달하도록 설정하는 .SCD 파일을 만든다.

- ④ Engineering Unit은 각 IED 제작사에서 제공된 IED Configurator를 이용하여 .SCD 파일을 .CID 파일로 변환하여 IED로 전송한다. 이 단계에서 Backup IED는 검사대상 Bay IED를 대체하도록 재구성이 완료된다.
- ⑤ Engineering Unit은 검사대상 Bay IED의 .CID 파일을 수정하여 Trouble Manager로 부터 데이터를 입력받고 출력도 Trouble Manager로 전송하도록 설정한다.
- ⑥ Trouble Manager는 미리 마련되어 있는 테스트 패턴을 프로세스 버스를 통하여 검사대상 Bay IED로 전송한다. Trouble Manager는 정상적으로 계산된 결과값을 가지고 있다.
- ⑦ 검사대상 Bay IED는 입력패턴에 대하여 정해진 출력을 스테이션 버스를 통하여 Trouble Manager로 전송한다.
- ⑧ Trouble Manager는 입력패턴에 대한 검사대상 Bay IED의 결과값을 검사하여 검사대상 Bay IED의 결함유무를 판정한다.
- ⑨ 검사대상 Bay IED에 결함이 없다고 판단된 경우에는 Engineering Unit에게 요청하여 검사대상 Bay IED가 원래의 역할을 수행하도록 시스템을 재구성하고 다음 Bay IED에 대한 결함검사를 계속한다. 검사대상 Bay IED에 결함이 있다고 판단된 경우에는 운영자에게 알리고 수리하도록 한다. 이 경우 Backup IED는 수리가 완료될 때까지 검사대상 Bay IED의 역할을 수행한다.

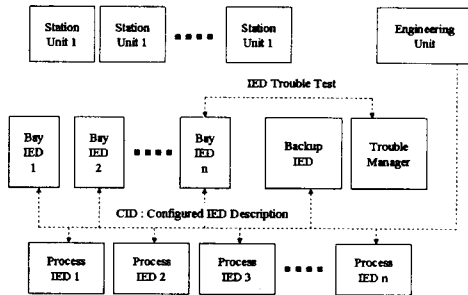


그림 5. IEC61850 기반 표준 인터페이스

3.3 IED 결함검출 방법

어떠한 시스템이 임의의 입력에 대하여 이에 상응하는 적절한 출력을 생성하지 못하는 경우 결함이 있다고 정의할 수 있다. 시스템의 결함을 검출하기 위해서는 가능한 모든 입력패턴에 대한 출력을 검사하는 것이 확실한 방법이다. 그러나 이것은 현실적으로 불가능하므로 제한된 범위의 입력패턴에 대해서만 출력을 검사하고 시스템의 결함유무를 판정하여야 한다. 따라서 테스트 패턴을 어떻게 정하는가하는 것이 매우 중요한 문제이다.

본 논문에서는 Process IED가 Bay IED로 전송하는 샘플 데이터의 일부 패턴을 테스트 패턴으로 정하여, Trouble Manager가 프로세스 버스를 통하여 검사대상 Bay IED에 전송하고 결과를 스테이션 버스를 통하여 전송받아 비교함으로써 IED의 결함유무를 판정한다(그림6). 테스트 패턴은 전력계통 과도현상해석 장비인 EMTDC를 이용하여 생성하였으며 IED의 종류에 따라 내부 루틴들을 모두 검사할 수 있도록 테스트 패턴 세트를 구성하였다.

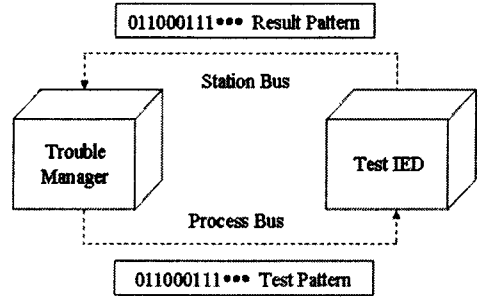


그림 6. 결합검출 방법

4. 결 론

본 논문에서는 최근 국제적인 표준으로 자리잡고 있는 IEC61850기반의 변전소자동화시스템에 적용할 수 있는 새로운 신뢰도 향상기법을 제시한다. 본 논문에서 제시한 방법은 운영자의 손을 거치지 않고 보호기능에 전혀 영향을 주지 않으면서 온라인 상태에서 자동으로 IED들의 고장유무를 검사하고 고장발생시 여분의 IED로 고장 IED의 대체하여 시스템 레벨에서 결함을 극복한다. 본 논문에서 제시된 시스템의 유용성을 검증하기 위하여 신뢰도 평가를 수행하였으며 결과적으로 비용이 적게 들면서 신뢰도가 높은 시스템이라는 것을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC61850 International Standard
- [2] Elmendorf, W. R., "Fault-Tolerant Programming," Proceedings of FTCS-2, Newton, MA, pp. 79-83, 1972
- [3] Laura L. Pullum, "Software Fault Tolerance Techniques and Implementation", Artech House computing library, 2001
- [4] Stucki, L. G., and G. L. Foshee, "New Assertion Concepts for Self-Metric Software Validation," Proceedings of 1975 International Conference on Reliable Software, pp. 59-71, 1975
- [5] Avizienis, A., "The N-Version Approach to Fault-Tolerant Software," IEEE transactions on Software Engineering, Vol. SE-11, No. 12, pp. 1491-1501, 1985