

초고압 가스절연개폐기의 베이 컨트롤러 개발 및 성능시험

논문
59P-2-9

The Development and the Performance Test of Bay Controller for the High-Voltage Gas Insulated Switchgear

우 천 희[†] · 이 보 인*
(Chun-Hee Woo · Bo-In Lee)

Abstract - The digital substation automation system has contributed hugely to increasing the stability of power systems by providing not only protection and control of power systems but diagnostic features alongside them. Digital substation automation systems in the scale of substations consist of integrated operation systems and intelligent electronic devices. The main intelligent electronic devices currently in use are digital protection relays and the bay controllers in Gas insulated switchgears. Proficiently accomplishing the coordination of protection within the power system as a means of ensuring reliability and contriving for the stability of power supply through connection of function, the application of bay controllers is crucial, which collectively manage the protection relay at the bay level in order to achieve both.

In this research, the bay controllers to be used in high-voltage Gas insulated switchgear has been localized, and in particular, the logic function and editor required in order to minimize the complicated hardware-like cable connections in the local panel have been developed. In addition, to ensure the strength and reliability of the bay controller hardware developed herein, the type tests from KERI have been successfully completed.

Key Words : IEC61850, Bay Controller, GIS, Type Test, Intelligent Electronic Device

1. 서 론

전력계통에서의 사고의 최소화, 보수점검의 합리화 및 전력설비의 신뢰도 향상을 위하여 최근에는 IEC61850 통신방식의 지능형제어장치(IED)를 기반으로 하는 디지털형 변전소 자동화 시스템을 채택하여 적용하고 있다[1]. 현재 사용하고 있는 주요 지능형제어장치로는 디지털 보호계전기와 가스절연개폐기(GIS)의 베이 컨트롤러가 핵심을 이루고 있다. 특히 전력계통에서 보호협조를 원활히 수행하기 위해서 계통을 보호하는 계전기들을 베이 레벨에서 통합 운영하는 베이 컨트롤러의 적용은 필수적이라 할 수 있다.

초고압 변전소의 최적의 운전 환경과 신뢰성을 제공하는 핵심적인 전력설비인 가스절연개폐기에 설치되는 베이 컨트롤러는 계통 연계에 의한 상호 인터락 기능이 중요시 되며, 다양한 보조계전기의 접점을 사용하며 그 결과를 경보 표시 장치로 표시하고 있다. 이에 따라 현재의 판넬 내부는 많은 결선과 다량의 단자대로 구성되어 있어 제작 및 유지 보수 시에 많은 어려움이 있는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 계통을 베이 레벨로 제어하는 가스절연개폐기용 제어기를 국산화하였으며, 복잡한 시퀀스 로직을 기능 블록(Function block)으로 대체함으로써 하드웨어

적인 결선작업을 디지털 로직으로 대체하는 로직입력용 도구를 개발하였다. 또한 개발되어진 베이 컨트롤러의 하드웨어의 강건성 및 신뢰성을 확보하기 위하여 공인기관으로부터 개발시험을 성공적으로 마무리 하였다.

2. 가스절연개폐기용 베이 컨트롤러 개발

2.1 초고압 GIS용 Bay Controller의 시제품 제작

디지털 변전소 자동화 시스템에 분산 설치되는 지능형 제어장치들은 정보를 공유하면서 변전소의 전력설비에 대한 감시·제어·계측 및 보호 기능을 수행하도록 요구되고 지고 있다. 또한 지능형제어장치의 하드웨어는 다른 제어기의 장에 영향을 받지 않도록 독립적인 장치로 구성해야 하며, 시스템의 각 구성장치는 별도의 프로세서로 완전한 개방성을 가짐으로써 교체 및 성능개선에 유연해야 하고 향후 장치 확장성에 충분한 여유를 가질 수 있는 개방형 구조를 만족하여야 한다.

본 연구에서 개발되어진 베이 컨트롤러는 IEC60255에서 규정 다양한 보호계전기와 제어기류를 통합화하여 상호 연동되도록 물리적 장치들을 로직화 하였으며, 다양한 기능들을 만족시키도록 DSP를 사용하여 제어기를 제작하였다[2-3].

제작되어진 베이 컨트롤러가 제공하는 기능은 표시기능, 제어기능, 통신기능 외에 하드웨어 테스트와 같은 자기진단 기능을 포함하고 있다. 6.4인치 LCD 및 터치패널 방식을 사용하여 운전자의 인터페이스 기능을 강화시켰으며, 현장에서의 유지 보수를 위해 카드 착탈식 입출력 모듈 구조로 제작하였다[3].

[†] 교신저자, 정회원 : 명지전문대학 전기과 교수·공박

E-mail : chwoo@mjc.ac.kr

* 정 회원 : (주)유투에스 대표

접수일자 : 2010년 4월 16일

최종완료 : 2010년 5월 19일

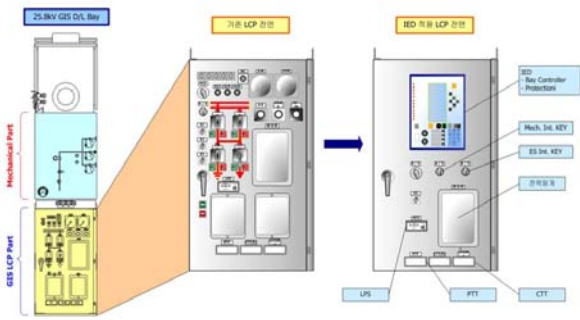


그림 1 베이 컨트롤러를 25.8KV GIS에 적용하기 위한 개념도
 Fig. 1 The configuration of 25.8KV GIS local panel using bay controller

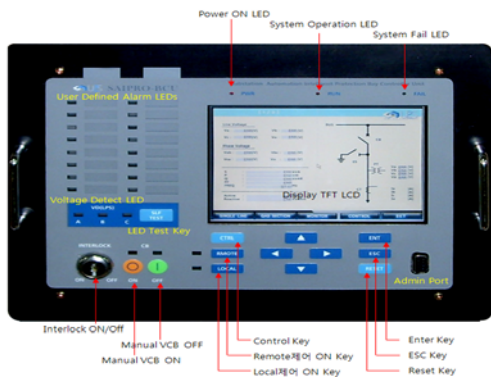


그림 2 개발되어진 베이 컨트롤러
 Fig. 2 The proto-type of bay controller

2.2 베이 컨트롤러용 래더 로직의 제작 및 적용

디지털화 변전소의 기술적 형태를 보면 기존(Legacy) 변전소의 자동화시스템은 각각의 목적에 필요한 제어용 기기를 따로 설치했을 뿐 아니라 비표준규격 통신시스템으로 인해 느림, 확장성, 상호연동성 등 시스템 신뢰성 문제가 상당부분 존재해왔다.

본 연구에서 개발된 베이 컨트롤러를 가스절연개폐기에 적용하면 많은 보조계전기와 메터 및 램프류를 그림3과 같이 제거할 수 있으며 이에 따라 단자대의 결선을 획기적으로 줄일 수 있어 판넬의 크기를 대폭 줄였으며, 제어회로의 안정성 및 신뢰성을 향상시켰다.

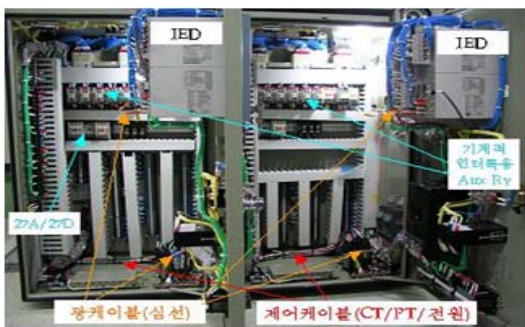


그림 3 베이 컨트롤러로 대체된 판넬의 전장부 내부회로
 Fig. 3 The internal cable connection of GIS local panel using developed bay controller

가스절연개폐기용 베이 컨트롤러를 개발함에 있어 가장 중요한 모듈은 계전(제어, 보호, 계측) 및 프로세스 제어용 로직 에디터이며, 계통 보호를 위한 입출력 포인트 및 계전 동작 요소를 기존의 시퀀스 로직 방식으로 사용자가 손쉽게 수정이 가능하도록 설계하였다. 또한 연계 운영 중인 베이 컨트롤러간의 상호 인터락(Inter-Lock) 신호를 처리하여야 하는데, 이것은 로직의 안정적 동작을 보장하는 중요한 기능 중의 하나라 할 수 있다.

다음의 그림4는 154KV/22.9KV 전력계통을 단선도로 나타내었으며, 25.8KV 배전계통의 주변압기 2차측을 보호하는 차단기(4144)의 투입, 차단을 위한 로직을 예를 들어 설명하였다.

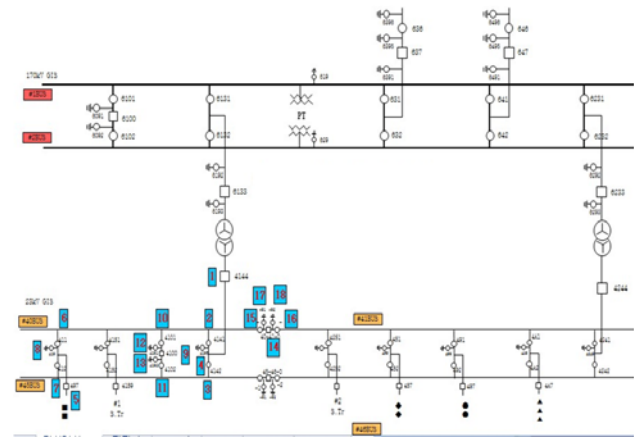


그림 4 154KV/22.9KV 변전소의 계통 단선도
 Fig. 4 The single line diagram of 154/22.9KV D/L substation

2.2.1 차단기(4144)의 투입 순서 및 래더 로직

- 01) 전원 SW ON
- 02) 43-52 Local 위치
- 03) 3-52 조작 SW Close 위치
- 04) D2X 접점 OFF
(#2DS가 ON/OFF 동작 중일 때 ON 되는 Ry)
- 05) D1X 접점 OFF
(#1DS 및 ES가 ON/OFF 동작 중일 때 ON 되는 Ry)
- 06) M.Tr 보호 배전반 인터락(51SN 및 86T 직렬) 부동작
- 07) M.Tr 1차 GIS 인터락
[(6133'a'*6192'b'*6193'b')+ 4195'a'] ON
- 08) LS2(Spring Charging 중 ON) OFF
- 09) LS1-a(Spring Charging 완료시 ON) ON

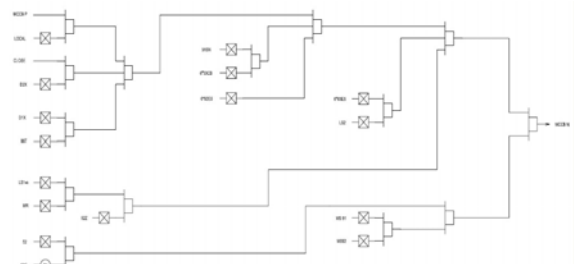


그림 5 차단기(4144)의 투입을 위한 로직도
 Fig. 5 The logic diagram for CB(4144) closing

- 10) MR(Spring Charging중 ON 되는 Ry) OFF
- 11) 52Z(Trip Free 방지용 보조 Ry) OFF
- 12) 52(CB 보조접점) OFF
- 13) MS91(#1DS 및 ES 조작용 수동핸들) OFF
- 14) MS93(#2DS 조작용 수동핸들) OFF

2.2.2 차단기(4144)의 트립 순서 및 래더 로직

- 01) 전원 SW ON
- 02) 43-52 Local 위치
- 03) 3-52 조작 SW Open 위치
- 04) 52(CB 보조접점) ON



그림 6 차단기(4144)의 트립을 위한 로직도
 Fig. 6 The logic diagram for CB(4144) trip

3. 가스절연개폐기용 베이 컨트롤러의 개발시험

3.1 개발시험을 위한 일반 조건

제작된 베이 컨트롤러의 시제품(SAIPRO-BCU)의 성능을 시험하기 위하여 공인인증기관으로부터 개발시험을 수행하였으며, 사용주파 및 뇌임펄스 내전압 시험, 전파 및 서지간섭시험, 진동시험 및 충격시험을 진행하였다. 개발시험을 위한 일반적인 조건은 표1과 같다[6-7].

표 1 개발시험조건

Table 1 The standard environmental conditions

항목	내용
대기온도	25 ⁰ C ± 10 ⁰ C
상대습도	60% ± 10%
대기압력	960mbar ± 100mbar
적용규격	IEC60255-21, IEC60255-22, CISPR 22

3.2 버스트 내성시험(Burst immunity test)

개발되어진 베이 컨트롤러의 버스트 내성시험을 위하여 디지털 입출력 단자를 버스트 파형 인가장치에 연결하였으며, 1MHz 버스트, EFT(Electrical fast transient) 버스트 및 서지 버스트 내성시험을 실시하였다. 그림7은 시험을 위해 피시험을 설치한 모습이며, 시험 조건 및 결과는 표2-표4에서 제시하였다.

1MHz 버스트 내성시험은 IEC60255-22-1, EFT 버스트 내성시험은 IEC60255-22-4 그리고 서지 버스트 내성시험 IEC60255-22-5 에서 규정한 내용에 따라 시험을 실시하였으며, 실시 결과 피시험의 이상 동작이나 손상이 발생되지 않았다.

표 2 1MHz 버스트 내성시험 조건 및 결과

Table 2 The 1MHz burst immunity test conditions and results

항목	내용
Voltage rise time	75[ns]
Oscillation frequency	1[MHz]
Repetition rate	400[Hz]
Decaying	50% of peak value between 3rd and 6th periods
Output impedance	200[Ω]
Polarity	정, 부
Relation to power supply	Asynchronous
Burst duration	not less than 2[sec]

Test port	Test mode	Test voltage
Aux. Power	Common	2.5[KV]
	Differential	1.0[KV]
DI	Common	2.5[KV]
	Differential	1.0[KV]
DO	Common	2.5[KV]
	Differential	1.0[KV]
Communication (RJ45, RS485)	Common	1.0[KV]

표 3 EFT 버스트 내성시험 조건 및 결과

Table 3 The EFT burst immunity test conditions and results

항목	내용
Voltage rise time	5[ns]
Duration time to 50% peak voltage	50[ns]
Burst duration	15[ms]
Burst period	300[ms]
Polarity	정, 부
Relation to power supply	Asynchronous
Test duration	60[sec]

Test port	Test mode	Test voltage	Repetition rate
Aux. Power	Common	4.0[KV]	5.0[KHz]
DI	Common	4.0[KV]	5.0[KHz]
DO	Common	4.0[KV]	5.0[KHz]
Communication	Common	2.0[KV]	5.0[KHz]
Positive earth	Common	4.0[KV]	5.0[KHz]

표 4 서지 내성시험 조건 및 결과

Table 4 The surge immunity test conditions and results

항목	내용
Voltage waveform	1.2 x 50[μs]
Current waveform	8 x 20[μs]
Output impedance	2[Ω]
Relation to power supply	Asynchronous
Polarity	정, 부
Repeat	5[times]
Repetition rate	60[sec]

Test port	Test mode	Test voltage[KV]
Aux. Power	Common	2.0, 1.0, 0.5
	Differential	1.0, 0.5
DI	Common	2.0, 1.0, 0.5
	Differential	1.0, 0.5
DO	Common	2.0, 1.0, 0.5
	Differential	1.0, 0.5
Communication	Common	1.0, 0.5



그림 7 1MHz, EFT 버스트 및 서지 내성시험사진
Fig. 7 The picture for the 1MHz burst, electrical fast transient burst and surge immunity test

3.3 전자파 교란시험(Electromagnetic disturbance test)

무선전자파에 의한 교란을 견디어 내기 위한 내성시험은 보사형태의 내성은 IEC60255-22-3, 전도성 교란에 대해서는 IEC60255-22-6에서 규정한 대로 시험을 실시하였다.

복사성 교란의 경우 80[MHz]~1,000[MHz] 주파수 범위에서 80%의 AM 정현파를 인가하였으며, 전도성 교란의 경우 150[KHz]~80[MHz] 주파수 범위에서 복사파와와 같은 정현 시험파를 인가하였다. 그림8은 전자파 교란시험을 위해 피시험을 설치한 모습이며, 시험 조건은 표5와 표6에 제시하였다.

표 5 전도성 전자파 교란시험 조건 및 결과

Table 5 The conducted disturbance test conditions and results

항목	내용
Frequency	150[KHz] - 80[MHz]
Modulation	80% AM 1KHz Sine wave
Dwell time	2[s]
Step Size	1% of fundamental

Test port	Test mode	Test voltage[KV]
Aux. Power	Common	2.0, 1.0, 0.5
	Differential	1.0, 0.5
DI	Common	2.0, 1.0, 0.5
	Differential	1.0, 0.5
DO	Common	2.0, 1.0, 0.5
	Differential	1.0, 0.5
Communication	Common	1.0, 0.5

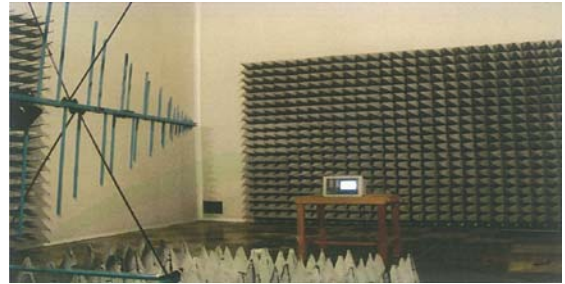
표 6 복사성 전자파 교란시험 조건 및 결과

Table 6 The radiated electromagnetic field disturbance test conditions and results

항목	내용	Test point	Field strength
Frequency	80[KHz] - 1[GHz]	Enclose	10[V/m]
Modulation	80% AM 1KHz Sine wave		
EUT Position	Front		
Dwell time	1[s]		
Field polarization	Vertical and Horizontal		
Placement	0.8m above GPR		
Step Size	기본파의 1%		



(a) 전도성 전자파 교란시험



(b) 복사성 전자파 교란시험

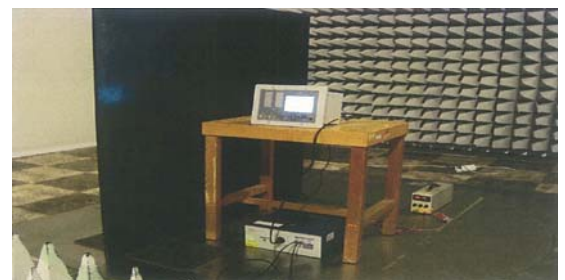
그림 8 무선전자파 교란시험 사진

Fig. 8 The picture for the electromagnetic field disturbance test

3.4 방사시험(Emission test)

CISPR 22(class A)에서 규정한 바와 같이 전도성과 복사성 방사시험을 그림9와 같이 실시하였다.

전도성 방사시험은 0.5에서 30[MHz] 영역에서 시험하기로 되어 있으므로 본 시험은 20[MHz]에서 실시하였으며, 평균 56[dBμV] 로써 한계치 10.5[dBμV/m] 보다 훨씬 양호하게 측정되었다.



(a) 전도성 방사시험

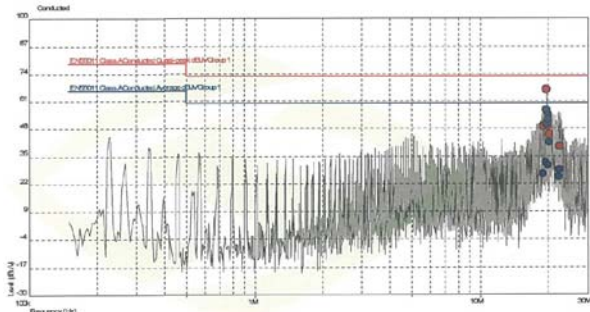


(b) 복사성 방사시험

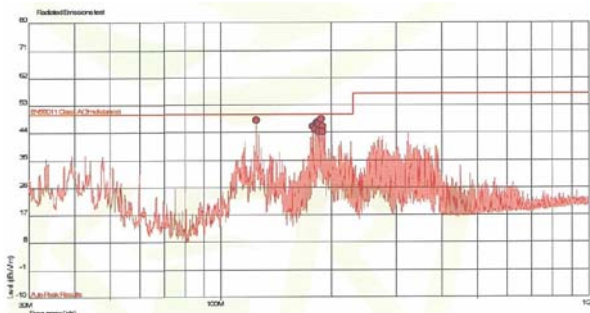
그림 9 방사시험 사진

Fig. 9 The picture for the emission test

복사성 방사시험은 30에서 230[MHz] 영역에서 주파수를 변화시켰으며, 안테나 높이 역시 1[m]에서 2.5[m]까지 변화를 주었다. 시험 결과치는 46[dB μ V/m]에서 48[dB μ V/m]로 나타나 한계치를 훨씬 초과하는 결과를 보여주었다.



(a) 전도성 방사시험



(b) 복사성 방사시험

그림 10 방사시험 결과 파형

Fig. 10 The graph of emission test results

3.5 진동 및 내진시험

베이 컨트롤러의 진동 및 내진에 강인함을 측정하기 위하여 IEC60255-21-1, IEC60255-21-3에서 규정하는 내용으로 시험을 하였다. 진동시험은 베이 컨트롤러가 동작하는 상태에서 디지털 입출력 단자를 측정기에 연결하고 주파수를 10[Hz]에서 150[Hz]로 변동시켜가며 x, y, z 축에 대하여 표7의 조건으로 시행하였다. 그림11은 진동 및 내진시험 위해 피시험품을 설치한 모습이다.

표 7 진동시험 조건

Table 7 The vibration test conditions

항목		내용	
Vibration response	Frequency	10 - 150[Hz]	
	Crossover Frequency	60[Hz]	
	Test parameter	60[Hz]이하	displacement 0.035[mm]
		60[Hz]이상	0.5G
	Sweep cycle	1(약 8분)	
Direction	±(x, y, z) axis		
Vibration endurance	Frequency	10 - 150[Hz]	
	Acceleration	1G	
	Sweep cycle	20(약 160분)	
	Direction	±(x, y, z) axis	

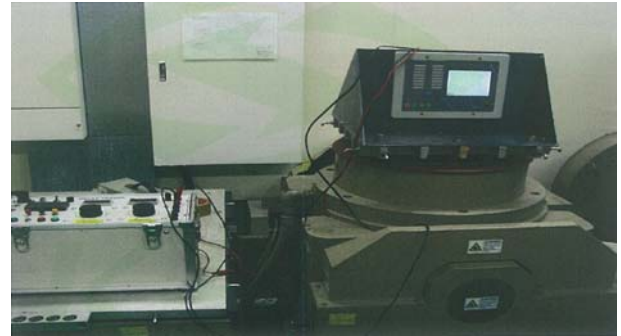


그림 11 진동 및 내진시험 사진

Fig. 11 The picture for the vibration and seismic test

내진시험은 IEC60255-21-3에서 규정하는 바와 같이 x, y, z 축에 대하여 수평 가속도는 1G, 수직 가속도는 0.5G로 인가하였으며 그 결과 베이 컨트롤러의 동작에는 오동작이나 기계적 손상이 전혀 없었다.

표 8 내진시험 조건

Table 8 The seismic test conditions

항목	내용	
Frequency	1 - 35[Hz]	
Crossover Frequency	8.5[Hz]	
Horizontal parameter	8.5[Hz] 이하	displacement 3.5[mm]
	8.5[Hz] 이상	1G
Vertical parameter	8.5[Hz] 이하	displacement 1.5[mm]
	8.5[Hz] 이상	0.5G
Sweep cycle	1(약 10분)	
Direction	±(x, y, z) axis	

4. 결 론

본 연구에서는 초고압 가스절연개폐기에 장착되어질 베이 컨트롤러를 개발하였다. 기존의 현장 판넬은 많은 보조계전기 및 램프류의 결선에 의해 복잡하고 공간을 많이 차지하는 단점이 있었다. 판넬 내의 많은 결선을 개발되어진 제어기의 래더 로직으로 대체함으로써 컴팩트한 구조로 개선하게 되었으며 오결선에 의한 결함을 제거함으로써 전력 전송의 안정성을 제고하였다. 또한 개발되어진 시제품의 성능을 검증하기 위하여 IEC 규격에서 정의한 대로 버스트 내성시험, 전자파 교란시험, 진동시험 및 내진시험을 공인기관으로부터 성공적으로 완료하였다.

향후 연구에서는 IEC61850 통신방식을 기반으로 하는 변전소자동화시스템에 적용하기 위해서는 베이 컨트롤러에 장착할 서버 모듈에 대한 개발을 추가로 마무리하고 이에 필요한 공인인증시험을 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(과제번호: 2009T100100727)

참 고 문 헌

- [1] 한전KDN, “송변전분야 전력IT 구현을 위한 IEC61850 기반 변전소자동화 시범사업 보고서”, 2008. 5
- [2] 우천희, 이보인, “IEC61850용 게이트웨이 개발 및 성능 시험”, 대한전기학회논문집, 59P-1-6, pp.35-39, 2010. 3
- [3] 명지전문대학, “IEC61850기반 GIS용 BC 및 PMS 개발 보고서”, 2007. 11
- [4] 우천희, 이보인, 안형준, “IEC61850 기반 GIS용 Bay Controller의 시제품 제작”, 2008년 대한전기학회 하계학술대회, 2008.7.16-18
- [5] 한전일반구매규격, “IEC61850기반 변전소자동화 시스템”, 2006.11
- [6] KERI test report, “Substation Automation intelligent protection Bay Controller Unit”, April. 2010
- [7] IEC61850-3, “Communication networks and system in substation, part 3 : General Requirements”, 2002
- [8] IEEE Std 1613, “IEEE Standard Environmental and Testing Requirements for Communication Networking Devices in Electric power Substations”, 2003

저 자 소 개



우 천 희 (禹天熙)

1961년 6월 5일생. 1985년 연세대 전기과 졸업. 동 대학원 석사(1993). 동 대학원 전기컴퓨터 공학박사(2000). 1985-1995 현대중공업 중앙연구소 선임연구원. 1995-현재 명지전문대학 전기과 교수.

관심분야: 디지털형 제어시스템, 실시간 제어

Tel : 02-300-1266

Fax : 02-300-1093

E-mail : chwoo@mjc.ac.kr



이 보 인 (李寶仁)

1964년 7월 23일생. 1988년 광운대 전자과 졸업. 동 대학원 석사(1990). 1992-2006 현대중공업 중앙연구소 책임연구원 재직. 2006-현재 (주)유투에스 대표이사.

관심분야: IEC61850 기반 SA 시스템, 디지털 계전기 제어

Tel : 031-429-0123

Fax : 031-429-2029

E-mail : bilee@u2s.co.kr