최종연구보고서

KAERI/CM-1068/2007

디지털 원자로 안전계통 개발
Development of Digital Reactor Safety System

공학적안전설비-기기제어계통 설계지원
Design Support for ESF-CCS

KAERI

위탁연구기관: BNF테크놀로지(주)

한국원자력연구원

제 출 문

한 국 원 자 력 연 구 원 장 귀하

본 보고서를 “디지털 원자로 안전계통 개발” 과제 (위탁과제 “공학적안전설비-기기제어계통 설계지원”) 의 보고서로 제출합니다.

2008. 6. 12

위탁연구기관명 : BNF테크놀로지(주)
위탁연구책임자 : 김 영 진
연 구 원 : 김 정 식
연 구 원 : 김 기 태
연 구 원 : 서 미 경
연 구 원 : 김 호
연 구 원 : 유 영 제

보고서 초록

<table>
<tr><td>과제관리번호</td><td>KAERI/CM-1068/2007</td><td>해당단계
연구기간</td><td>2004. 07. 01
~ 2008. 04. 30</td><td>단계 구분</td><td colspan="2">(해당단계)2/
(총단계) 2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="5">원자력연구개발중장기계획사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5">원전혁신분과</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>세부과제명</td><td colspan="5">디지털 원자로 안전계통 개발</td></tr>
<tr><td>위탁과제명</td><td colspan="5">공학적안전설비-기기제어계통 설계지원</td></tr>
<tr><td>연구책임자</td><td>김영진</td><td>해당단계
참여연구원수</td><td>총 : 6 명
내부 : 5 명
외부 : 1 명</td><td>해당단계
연구비</td><td colspan="2">정부 : 450,000천원
기업: 천원
계: 450,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명
및
소속부서명</td><td colspan="2">BNF테크놀로지(주)
기업부설연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="6">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="6">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)</td><td>보고서
면수</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="7">▪ 공학적안전설비-기기제어계통 설계 요건서 발행
▪ 공학적안전설비-기기제어계통 연계 사양서 발행
▪ 공학적안전설비-기기제어계통 설계 사양서 발행
▪ 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 명세서 발행
▪ 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 설계명세서 발행
- 그룹제어기 소프트웨어 설계명세서
- 시험 및 연계 프로세서 소프트웨어 설계명세서
- 캐비닛운전원모듈 소프트웨어 설계명세서
- 제어채널 게이트웨이 소프트웨어 설계명세서
- 제어반신호다중기 소프트웨어 설계명세서
▪ 공학적안전설비-기기제어계통 시험계획서 발행
- 단위시험 계획서
- 통합시험 계획서
- 계통시험 계획서</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="5">계측제어시스템, 공학적안전설비-기기제어계통, 안전성, 신뢰도</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="5">I&C, ESF-CCS, Safety, Reliability</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

공학적안전설비-기기제어계통 설계지원

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

한국형 표준원전 설계를 통하여 원전 계측제어계통 설계기술은 이미 자립단계에 도달하였다. 그러나 계통구현에 사용되는 제어기기의 국산화가 이루어지지 못하여, 전량 외국회사의 제품을 수입하여 기기설계를 수행하고 있는 실정이다. 그 결과 설치할 제어기기의 종류에 따라서 계통설계가 수정되는 경우도 있으며, 외국의 원자력산업체가 국내 원전 계측제어시장의 주도권을 장악하고 있다. 이러한 외국회사의 횡포를 막고, 계통설계, 기기설계 및 설치의 전체과정을 국내 산업체가 주도적으로 수행하기 위해서는 제어기기의 국산화가 필수적이다. 본 KNICS 연구개발사업을 통하여 개발된 제어기기를 이용한 공학적안전설비-기기제어계통의 설계자립은 원전뿐만 아니라 국내 산업전자 기술수준을 향상시킬 수 있다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

- ■공학적안전설비-기기제어계통 설계 요건 개발
- ■공학적안전설비-기기제어계통 연계 사양 개발
- ■공학적안전설비-기기제어계통 설계 사양 개발
- ■공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 개발
- ■공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 설계명세 개발
- ■공학적안전설비-기기제어계통 시험 계획 개발

Ⅳ. 연구개발결과

■공학적안전설비-기기제어계통 설계 요건 개발

공학적안전설비-기기제어계통에 대한 설계 기준을 확립, 안전등급, 내진등급, 다중성, 다양성, 분리 및 격리, MMI, 유지보수, 시험, 확인 및 검증, 접근 및 유지보수, 신뢰성에 대한 요건을 도출하여 공학적안전설비-기기제어계통 설계요건서를 발행하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 연계 사양 개발

공학적안전설비-기기제어계통과 타계통(발전소감시계통, 방사선감시계통, 다양성

보호계통, 비안전 제어계통, 정보처리계통, 경보 및 지시계통)과의 연계 사양을 도출하고, 계통 내부를 구성하고 있는 제어기간의 연계 사양을 도출하여 공학적안전설비-기기제어계통의 연계 사양서를 작성하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 설계 사양 개발
공학적안전설비-기기제어계통에 대한 공학적안전설비 작동기능, 기기제어 기능, 최소재고량 기능, 다양성 ESF 수동작동 기능, 부하순차제어 기능, 상태 감시 및 표시기능, 시험 및 진단 기능에 대한 일반 기능사양을 도출하고, 계통를 구성하는 그룹제어기, 루프제어기, 시험 및 연계 프로세서, 캐비닛운전원모듈 등에 대한 상세 사양을 도출하여 공학적안전설비-기기제어계통 설계 사양서를 작성하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 개발
공학적안전설비-기기제어계통 구성 제어기별로 연계 요구사항 및 제어기별 소프트웨어 모듈 구성 및 연계 도출, 각 응용프로그램이 가져야 할 일반 요건을 도출하였다. 또한 자연어 명세와 함께 SCADE를 이용하여 소프트웨어의 요구사항을 정형명세하여 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 명세서를 작성하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 설계명세 개발
공학적안전설비-기기제어계통을 구성 제어기에 대한 소프트웨어 설계사양 및 IEEE-1016을 기반으로 해당 모듈에 대한 소프트웨어 설계명세서를 작성하였다. 소프트웨어 설계명세서 작성 시 포스콘 PLC를 통해 구현이 쉽도록 PSet의 FBD 등을 이용하여 알고리즘 등을 개발하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 시험 계획 개발
공학적안전설비-기기제어계통 시험을 위하여 IEEE-829를 기반으로 각 단계별로 시험 대상, 시험 항목, 시험 제외 항목, 시험방법 및 기법을 도출하여 각 단계별 시험 계획서를 작성하였다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

본 연구를 통해서 개발된 공학적안전설비-기기제어계통 설계 및 구현 기술을 국내 원전 계측 제어 시스템에 적용하면 안전성과 신뢰성 측면에서 해외 공급사에 대한 경쟁력을 갖추게 된다. 이를 바탕으로 신규 및 기존 가동 원전의 원전 계측 제어 계통에 국내 독자적인 시스템을 공급할 뿐만 아니라 국내 안전시스템 설계 및 구현 기술의 확립과 인허가성을 제고하는 데에 활용할 수 있다.

SUMMARY

I. Title

Design Support for ESF-CCS

II. Research Objectives

Through the design efforts for KSNP, the design technique on the nuclear power plant's I&C have been established. For the lack of a domestic platform, however, foreign products were imported. As a result, system design was subjected to critical changes for the platform characteristics, and foreign companies dominated domestic market. To take the control back from these foreign companies, domestication of the platform is indispensable. The design independence of ESF-CCS, gained through the KNICS R&D project, will give the technical maturity to the nuclear industries and electronics industries.

III. Research Scope

■System Requirements Development of ESF-CCS
■Interface Requirements Development of ESF-CCS
■Design Specification Development of ESF-CCS
■Software Requirements Development of ESF-CCS
■Software Design Specification Development of ESF-CCS
■Unit/Integrated/System Test Plan Development of ESF-CCS

IV. Research Results

■System Requirements Development of ESF-CCS
System Requirements for ESF-CCS were documented and published, after establishing the design basis for ESF-CCS and deriving various requirements on these topics; safety, seismic, diversity, redundancy, isolation, MMI, maintenance, testing, V&V and reliability.

■Interface Requirements Development of ESF-CCS
Interface Requirements for ESF-CCS were documented and published, after

deriving interface requirements for the controllers within the system and interface requirements with the external systems such as PMS, RMS, DPS, NPCS, IPS and QIAS.

■Design Specification Development of ESF-CCS
Design Specifications were documented and published, after deriving the functional specification for the system (ESF actuation function, component control function, monitoring function, diagnostic function and test function) and detailed specification for the controllers (GC, LC, ETIP and COM).

■Software Requirements Development of ESF-CCS
Software Requirements for ESF-CCS were documented and published, after deriving the various requirement for the software modules (architecture, interfaces and general functions), by the natural language and formal language with SCADE.

■Software Design Specification Development of ESF-CCS
Based on IEEE 1016, Software Design was documented and published for each controller. For the convenience of implementation, the algorithms were described in FBD.

■Test Plan Development of ESF-CCS
Test Plans were documented and published for every stages of testing (unit test, integrated test and system test), based on IEEE-829.

V. Practical Usage

From the perspectives of safety and performance, ESF-CCS developed throughout this research will enable us to be more competitive against overseas vendors when it is applied in the nuclear instrumentation and control system. Based on this competitiveness, our system can be supplied to the current or newly-developing I&C systems in nuclear power plants and used to setup the domestic technology of system design.

Contents

Chapter 1 Introduction..1
Section 1 Research Background..1
Section 2 Research Scope..3

Chapter 2 Research Trends...4

Chapter 3 Research Outcomes...5
Section 1 System Design...5
Section 2 Component(Software) Design..26
Section 3 Test and Validation...84

Chapter 4 Measurement of Research Goals..98
Section 1 System Requirements Development for ESF-CCS...................................98
Section 2 Interface Requirements Development for ESF-CCS.................................99
Section 3 Design Specification Development for ESF-CCS....................................99
Section 4 Software Requirements Development for ESF-CCS...............................100
Section 5 Software Design Specification Development for ESF-CCS.....................101
Section 6 Test Plan Development for ESF-CCS..101

Chapter 5 Practical Use of Research Outcomes...103

Chapter 6 Reference..105

Figure Contents

Fig. 3.1.1 Configuration of ESF-CCS....13
Fig. 3.1.2 Architecture of ESF-CCS Division A....14
Fig. 3.1.3 Actuation Logic Diagram of ESF-CCS....15
Fig. 3.1.4 Architecture of CIM....21
Fig. 3.1.5 Interface Architecture of Diverse ESF Manual Switch Module....23
Fig. 3.1.6 Test Coverage of ESF-CCS....25
Fig. 3.1.7 Test Architecture Diagram of ESF-CCS....27
Fig. 3.2.1 Software Configuration and Interface of GC....36
Fig. 3.2.2 Software Configuration and Interface of GC(Formal)....36
Fig. 3.2.3 Module Configuration and Interface of 'Test_Setup'....38
Fig. 3.2.4 Module Configuration and Interface of 'Test_Setup'(Formal)....38
Fig. 3.2.5 Module Configuration and Interface of 'Actuation_Logic'....41
Fig. 3.2.6 Module Configuration and Interface of 'Actuation_Logic'(Formal)..42
Fig. 3.2.7 Software Configuration and Interface of ETIP....52
Fig. 3.2.8 Software Configuration and Interface of ETIP(Formal)....53
Fig. 3.2.9 Module Configuration and Interface of 'Test_Result_Check'....55
Fig. 3.2.10 Module Configuration and Interface of 'Test_Result_Check'(Formal)....55
Fig. 3.2.11 Module Configuration and Interface of 'ETIP_Test_Setup'....57
Fig. 3.2.12 Module Configuration and Interface of 'ETIP_Test_Setup'(Formal)....58
Fig. 3.2.13 Display Configuration of COM 65
Fig. 3.2.14 Display Architecture of COM....65
Fig. 3.2.15 Display Configuration of 'System Overview'....67
Fig. 3.2.16 Display Configuration of 'Equipment Status'....68
Fig. 3.2.17 Display Configuration of 'On-line Test Status'....69
Fig. 3.2.18 Display Configuration of 'Automatic Test Status(Group Level)'....69
Fig. 3.2.19 Display Configuration of 'Automatic Test Status(Loop Level)'....70
Fig. 3.2.20 Display Configuration of 'Manual Test Status(Loop Level)'....71
Fig. 3.2.21 Display Configuration of 'Actuation Status(Loop Level)'....71
Fig. 3.2.22 Software Configuration and Interface of CCG....75
Fig. 3.2.23 Software Configuration and Interface of CCG(Formal)....76
Fig. 3.2.24 Software Configuration and Interface of CPM....80
Fig. 3.2.25 Software Module Configuration of GC Application....82
Fig. 3.2.26 Software Module Configuration of ETIP Application....83
Fig. 3.2.27 Software Module Configuration of CCG Application....83
Fig. 3.2.28 Software Module Configuration of CPM Application....84

목 차

제 1 장 연구 개발 과제의 개요.....1
제 1 절 연구개발의 목적과 필요성.....1
제 2 절 연구개발 내용.....2

제 2 장 국내외 기술 개발 현황.....4

제 3 장 연구 개발 수행의 내용 및 결과.....5
제 1 절 계통 설계.....5
제 2 절 기기(소프트웨어) 설계.....26
제 3 절 시험 및 검증.....84

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도.....98
제 1 절 공학적안전설비-기기제어계통 설계 요건 개발.....98
제 2 절 공학적안전설비-기기제어계통 연계 사양 개발.....99
제 3 절 공학적안전설비-기기제어계통 설계 사양 개발.....99
제 4 절 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 개발.....100
제 5 절 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 설계명세 개발.....101
제 6 절 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 시험계획 개발.....101

제 5 장 연구 개발 결과의 활용 계획.....103

제 6 장 참고 문헌.....105

그림 목차

그림 3.1.1 공학적안전설비-기기제어계통 전체 구성 13
그림 3.1.2 공학적안전설비-기기제어계통 디비전 상세 구조 14
그림 3.1.3 공학적안전설비-기기제어계통 작동 논리도 15
그림 3.1.4 현장기기 연계모듈 구조 21
그림 3.1.5 다양성 ESF 수동작동 스위치 모듈 연계구조 23
그림 3.1.6 공학적안전설비-기기제어계통 시험 범위 25
그림 3.1.7 공학적안전설비-기기제어계통 시험 구조도 27
그림 3.2.1 그룹제어기 소프트웨어 구성 및 연계 36
그림 3.2.2 그룹제어기 소프트웨어 구성 및 연계(정형명세) 36
그림 3.2.3 시험 설정 모듈 구성 및 연계 38
그림 3.2.4 시험 설정 모듈 구성 및 연계(정형 명세) 38
그림 3.2.5 작동논리 모듈 구성 및 연계 41
그림 3.2.6 작동논리 모듈 구성 및 연계(정형 명세) 42
그림 3.2.7 시험 및 연계 프로세서 소프트웨어 구성 및 연계 52
그림 3.2.8 시험 및 연계 프로세서 소프트웨어 구성 및 연계(정형 명세) 53
그림 3.2.9 시험 결과 확인 모듈 구성 및 연계 55
그림 3.2.10 시험 결과 확인 모듈 구성 및 연계(정형 명세) 55
그림 3.2.11 ETIP 시험 설정 모듈 구성 및 연계 57
그림 3.2.12 ETIP 시험 설정 모듈 구성 및 연계(정형 명세) 58
그림 3.2.13 캐비닛운전원모듈 화면 구성 65
그림 3.2.14 캐비닛운전원모듈 화면 구조 65
그림 3.2.15 SYSTEM OVERVIEW 화면 구성 67
그림 3.2.16 기기상태 화면 구성 68
그림 3.2.17 온라인 상태 진단 화면 구성 69
그림 3.2.18 자동시험(그룹 수준) 화면 구성 69
그림 3.2.19 자동시험(루프 수준) 화면 구성 70
그림 3.2.20 수동시험 화면 구성 71
그림 3.2.21 작동상태 화면 구성 71
그림 3.2.22 제어채널 게이트웨이 소프트웨어 구성 및 연계 75
그림 3.2.23 제어채널 게이트웨이 소프트웨어 구성 및 연계(정형 명세) 76
그림 3.2.24 제어반신호다중기 소프트웨어 구성 및 연계 80
그림 3.2.25 그룹제어기 응용 소프트웨어 모듈 구성 82
그림 3.2.26 시험 및 연계 프로세서 응용 소프트웨어 모듈 구성 83
그림 3.2.27 제어채널 게이트웨이 응용 소프트웨어 모듈 구성 83
그림 3.2.28 제어반신호다중기 응용 소프트웨어 모듈 구성 84

제 1 장 연구 개발 과제의 개요

제 1 절 연구개발 배경

영광 3&4호기의 계통설계를 시작으로, 울진 3&4호기 이후의 한국형 표준원전 설계를 통하여 원전 계측제어계통 설계기술은 이미 자립단계에 도달하였다. 그러나 계통구현에 사용되는 제어기기의 국산화가 이루어지지 못하여, 전량 외국회사의 제품을 수입하여 기기설계를 수행하고 있는 실정이다. 그 결과 설치할 제어기기의 종류에 따라서 계통설계가 수정되는 경우도 있으며, 외국의 원자력산업체가 국내 원전 계측제어시장의 주도권을 장악하고 있다. 이러한 외국회사의 횡포를 막고, 계통설계, 기기설계 및 설치의 전체과정을 국내 산업체가 주도적으로 수행하기 위해서는 제어기기의 국산화가 필수적이다.

공학적안전설비-기기제어계통(ESF-CCS) 등에 사용하는 안전등급 제어기기는, 원전의 안전에 직접적인 영향을 미치므로 매우 높은 신뢰성이 요구된다. 그러므로 세계 원전 계측제어시장에서 Advant-160 및 지멘스의 Teleperm-XS 등이 안전등급 제어기기로 사용되고 있다.

국내에서는 원전계측제어시스템(KNICS) 개발 사업단 과제를 통하여 처음으로 안전등급 PLC(Programmable Logic Controller) 제어기기를 개발하고, 개발된 제어기기의 원전 적합성을 동시에 평가하기 위하여, 안전등급 제어기기를 이용한 공학적안전설비-기기제어계통의 개발을 동시에 수행하였다.

본 KNICS 연구개발사업을 통하여 개발하고 있는 안전등급 PLC 제어기기는, 기존 국내에서 산업용으로 개발하여 사용되고 있는 모델을 기반으로 원자력에서 요구하는 개발절차 및 기준에 따라 새로이 개발되었다. 개발된 제어기기는 원전뿐만 아니라 화력발전소, 화학 플랜트, 용광로 제어, 군수용 등과 같이 고신뢰도가 요구되는 산업체의 주요 공정에 적용이 가능하므로 국내 산업전자 기술수준을 향상시킬 수 있다.

또한 국내에서 생산된 제어기기를 사용하므로 고장 발생시 국내 기술진에 의한 신속한 유지보수가 가능하여 원전의 이용률이 향상되고, 신규원전 건설 및 가동원전 노후설비 교체시에 제어기기 도입에 소요되는 외화를 절감할 수 있다.

본 연구개발사업을 통하여 개발된 안전등급 PLC 제어기기를 러시아의 VVER 타입 원전에 적용하기 위한 국제공동연구를 이미 시작하였으며, 이러한 노력이 결실을 맺을 경우에는 러시아 및 러시아에서 동유럽 국가에 공급한 원전을 대상으로 수출이 가능할 것이다. 또한 커져가는 중국 및 동남아시아의 전력수급 시장에 비추어

볼 때 안전등급 PLC 제어기기의 개발은 전력기술의 수출에 중요한 기여를 하게 될 것이다.

일부에서는 원전 폐기물의 환경문제 못지않게 원전의 안전성에 대해서도 많은 우려를 갖고 있는 것이 사실이다. 원전산업을 주로 해외 수출용으로 육성하고 자국민과 타국민을 철저히 구분하는 미국에 의해 개발된 시스템의 일방적인 도입보다는, 국내 기술력으로 국내 원전에 적용될 디지털 안전계통을 개발하여 객관적인 검증을 수행한다면 원전의 안전성 향상에 기여함은 물론 대 국민 홍보에도 도움이 될 것이다.

최근 IT 기술이 우리나라의 강점 기술로 부각되고 있으나, IT 산업의 기반이 되는 컴퓨터, 통신, 제어(3C)의 기술이 종합된 원전 계측제어계통과 같은 산업전자 기술은 낙후되어 있다. 지금부터라도 원전 안전계통을 포함한 전체 계측제어계통 개발에 박차를 가하여 국내외 원전에 우리의 계측제어계통 설비가 사용된다면 경제성 제고는 물론 원전 선진국 대열에 합류할 수 있을 것이다.

제 2 절 연구개발 내용

■공학적안전설비-기기제어계통 설계 요건 개발

공학적안전설비-기기제어계통에 대한 설계 기준을 확립, 안전등급, 내진등급, 다중성, 다양성, 분리 및 격리, MMI, 유지보수, 시험, 확인 및 검증, 접근 및 유지보수, 신뢰성에 대한 요건을 도출하여 공학적안전설비-기기제어계통 설계요건서를 발행하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 연계 사양 개발

공학적안전설비-기기제어계통과 타계통(발전소감시계통, 방사선감시계통, 다양성보호계통, 비안전 제어계통, 정보처리계통, 경보 및 지시계통)과의 연계 사양을 도출하고, 계통 내부를 구성하고 있는 제어기간의 연계 사양을 도출하여 공학적안전설비-기기제어계통의 연계 사양서를 작성하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 설계 사양 개발

공학적안전설비-기기제어계통에 대한 공학적안전설비 작동기능, 기기제어 기능, 최소재고량 기능, 다양성 ESF 수동작동 기능, 부하순차제어 기능, 상태 감시 및 표시기능, 시험 및 진단 기능에 대한 일반 기능사양을 도출하고, 계통를 구성하는 그룹제어기, 루프제어기, 시험 및 연계 프로세서, 캐비닛운전원모듈 등에 대한 상세 사양을 도출하여 공학적안전설비-기기제어계통 설계 사양서를 작성하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 개발

공학적안전설비-기기제어계통 구성 제어기별로 연계 요구사항 및 제어기별 소프트웨어 모듈 구성 및 연계 도출, 각 응용프로그램이 가져야 할 일반 요건을 도출하였다. 또한 자연어 명세와 함께 SCADE를 이용하여 소프트웨어의 요구사하을 정형명세하여 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 명세서를 작성하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 설계명세 개발

공학적안전설비-기기제어계통을 구성 제어기에 대한 소프트웨어 설계사양 및 IEEE 1016을 기반으로 해당 모듈에 대한 소프트웨어 설계명세서를 작성하였다. 소프트웨어 설계명세서 작성 시 포스콘 PLC를 통해 구현이 쉽도록 PSet의 FBD등을 이용하여 알고리즘 등을 개발하였다.

■공학적안전설비-기기제어계통 단위/통합/계통 시험 계획 개발

공학적안전설비-기기제어계통 시험을 위하여 각 단계별로 시험 대상, 시험 항목, 시험 제외 항목, 시험방법 및 기법을 도출하여 각 단계별 시험 계획서를 작성하였다.

제 2 장 국내외 기술 개발 현황

현재 국내에서는 표준원전, 고리 1호기 Upgrade, 울진 5&6호기, 차세대 원전 등에 사용되는 원자로보호계통, 공학적안전설비 작동계통, 노심보호연산기계통 등을 설계한 경험이 있기 때문에 원전 안전계통 설계 기술은 이미 확보되었다고 볼 수 있드나, 공급된 보호계통들은 전량 외국사로부터 수입되고 있기 때문에 기기공급에 대한 기술 개발은 안되고 있는 실정이다. 최근 고리 1호기의 경우 보호계통의 노후화로 인하여 기존 아날로그 기기를 디지털보호기기로 대체하였다. 이 경우에도 계통설계 및 설계검증 등의 업무는 국내 업체에서 수행되었으나 기기설계 및 기기공급은 외국 업체인 Foxboro에 의해 수행되었다. 차세대 원전의 경우, 계통설계는 외국사의 제어기기 사용을 전제로 수행되고 있으며, 원자력 연구소에서는 일체형 원자로 및 액금로 원자로에 대한 안전계통 설계 및 핵심기술을 개발하고 있다.

국내 PLC 및 DCS 개발 및 공급업체의 경우 일반 산업 플랜트에 적용이 가능한 기술은 어느 정도 확보하고 있으나 원전 적용에 필수적인 안전등급 디지털계통에 대한 개발방법, 개발절차 기기개발 요건, 기기검증, 소프트웨어 개발방법론, 신뢰성 및 성능검증 등의 기술은 전무한 실정이다.

프랑스 N4는 1977년부터 1300 MWe급 원자로에 적용될 디지털 보호계통을 개발하기 시작하였고, 1987년경에는 1500 MWe급 원전에 적용할 디지털 보호계통을 개발하여 N4에 적용하여 디지털 보호계통 및 기기에 상당한 기술을 보유하고 있다.

웨스팅하우스에서는 1970년대 중반부터 하이브리드 보호계통에 대한 프로토타입 개발을 시작하여 1978년경 Q 시리즈라 불리는 디지털 보호계통을 개발하였다. 이 시스템은 8비트 마이크로프로세서와 아날로그회로가 혼합된 형태를 나타낸다. 1986년경에는 디지털 보호계통 및 제어시스템인 “Eagle Family 21"에 대한 프로토타입 개발을 시작하여 Sizewell B에 적용하였다. WH-CENP는 산업체에 사용되고 있는 PLC 기기에 보호기능을 구현하여 환경검증(EQ), S/W 확인 및 검증, 성능 검증을 자체 수행하여 보호계통에 적용하고 있다.

캐나다의 CANDU 형 원전의 디지털 보호계통은 컴퓨터 제어계통 운전경험을 반영한 점진적인 설계 개선을 통해 디지털로 개발되었다. CANDU 디지털 보호계통은 기능적 분리 요건을 만족하기 위해 SDS1, SDS2로 나누어져 구성되었다.

제 3 장 연구 개발 수행의 내용 및 결과

제 1 절 계통 설계

1. 설계 요건

가. 설계 기준

공학적안전설비-기기제어계통은 설계기준 사고에 대한 사고결과 완화 및 안전 관련 플랜트 공정 제어에 요구되는 기기의 제어 및 감시를 안전하게 수행하도록 설계한다.

나. 안전등급

공학적안전설비-기기제어계통은 안전등급 3, 전기 기기등급 1E로 설계한다.

다. 내진등급

공학적안전설비-기기제어계통은 내진범주 I로 분류되고 설계 및 검증한다. 공학적안전설비-기기제어계통 기기는 지진 발생 또는 지진 발생 후에도 기능적, 물리적 건전성을 유지하도록 설계한다.

라. 다중성

공학적안전설비-기기제어계통은 4개의 채널로 구성되며, 단일고장에 의한 공학적안전설비 기기제어기능의 장애가 발생하지 않도록 다음 요건을 만족하도록 한다.

■각 채널은 발전소보호계통 4개 채널과 방사선감시계통 2개 채널로부터 개시신호를 독립적으로 입력받아 공학적안전설비 작동기능을 수행한다.
■교류전원은 필수 모선 전원공급계통의 변환기로부터 4개의 독립적인 버스를 통해 각 채널로 공급된다.

마. 다양성

공학적안전설비-기기제어계통은 공통원인으로 인한 다중채널 고장이 발생하지 않도록 설계한다. 예상되는 공통모드고장이 발생하지 않도록 다중채널의 고장유형

및 운전조건들을 분석한다. 보조급수작동 기능을 위한 다양성보호계통과 공학적안전설비-기기제어계통은 다양성을 유지하는 기기로 구성한다. SECY 93-087의 Position 4 요건에 따라 디지털 기기의 공통모드고장에 대비한 다양성 수동 공학적안전설비 작동 기능을 제공한다. 운전원이 수동으로 공학적안전설비 기기를 작동시키기 위한 수동 스위치를 제공한다.

바. 분리 및 격리

안전관련 신호, 회로 및 격리장치를 사용하여 비안전 계통과 격리한다. 공학적안전설비 4개 채널간 및 동일 채널 내의 다중화 장치간에는 물리적 분리 및 전기적 격리를 제공한다. 채널 공통으로 사용되는 제어실 장치로부터의 제어신호는 입력격리장치와 별도의 채널 선택장치에 의하여 분리 및 격리한다.

사. 고장대책

회로의 개방 및 단락과 같은 단일고장 발생시, 공학적안전설비-기기제어계통은 정상적으로 보호기능을 수행할 수 있고 고장 발생시에는 운전원에게 고장 상태정보를 제공한다. 공학적안전설비작동을 위한 제반 기능은 시험기능의 고장으로 인한 어떠한 방해도 받지 않도록 설계한다. 전원상실을 포함하여, 제어를 위한 입력신호의 상실 또는 중복 등의 고장시에는 기 설정된 안전한 방향으로 기기상태를 유지한다.

아. MMI 일반요건

공학적안전설비-기기제어계통의 비정상 상태에 대한 경보를 제공한다. 공학적안전설비-기기제어계통의 MMI는 인적 요소를 체계적으로 고려하여 설계한다. 공학적안전설비-기기제어계통의 MMI는 운전원 및 보수요원에게 정확한 정보를 제공하여, 운전원 및 유지보수요원의 판단을 용이하게 하고 잘못된 판단을 방지할 수 있도록 설계한다. 또한 인적 오류를 감지하고 이를 정정하거나 보상하는 수단을 제공하며, 운전원 및 유지보수요원에게 의사결정 및 조치수행에 충분한 시간을 제공한다.

자. 확장 및 여유성

프로세서 및 통신부하는 적어도 40%의 성능 여유를 보유하며, 입출력을 비롯한 모든 처리장치는 발전소의 수명기간 동안 사용자가 필요한 변경 및 확장에 대비해 적어도 30%의 확장성을 갖도록 한다.

차. EMI/RFI 내성요건 및 정전기 방전(ESD) 내성요건

공학적안전설비-기기제어계통의 장비는 요구되는 EMI/RFI 내성요건 및 정전기 방전 내성요건을 만족한다.

카. 유지보수 요건

공학적안전설비-기기제오계통의 구성품과 설비는 유지보수시 쉽게 교체 가능하고, 발전소의 수명 주기를 만족하도록 충분히 긴 평균고장간격(MTBF)과 예비부품을 확보하며, 적절한 평균수리시간(MTTR)을 고려하여 설계한다.

타. 시험 요건

공학적안전설비-기기제어계통은 원자로의 출력운전 또는 정지 중에 공학적안전설비-기기제어계통의 전체를 주기적으로 시험할 수 있도록 설계한다. 모든 시험은 동시에 두 개 이상의 채널 시험과 계통의 자동작동 기능의 방해 및 현장 기기의 작동 등을 방지할 수 있도록 설계한다.

파. 확인 및 검증 요건

공학적안전설비-기기제어계통은 계통의 모든 기능이 정확하게 구현되고 요구사항을 만족시키는지 확인하기 위하여 철저하고 체계적인 확인 및 검증 프로그램을 수행한다. 소프트웨어 오류 발생 가능성을 최소화하도록, 소프트웨어 개발자와 검증자 간에는 독립성을 유지한다.

하. 접근 및 유지보수

공학적안전설비-기기제어계통 캐비닛은 잠금 장치로 통제한다. 운전원의 접근과 장비의 시험, 유지/보수 및 시험이 용이하도록 충분한 공간을 확보한다.

거. 신뢰성 요건

공학적안전설비-기기제어계통은 IEEE 603을 만족하도록 신뢰성 분석을 수행한다.

너. 품질보증 요건

공학적안전설비-기기제어계통은 10 CFR 50, Appendix B에 따라 품질보증요건을 만족한다.

2. 연계 사양

가. 계통 연계

공학적안전설비-기기제어계통은 다음과 같은 계통과 연계한다.

■발전소보호계통
■방사선감시계통
■다양성 보호계통
■비안전 제어계통
■정보처리계통
■경보 및 지시계통

각각의 디비젼은 발전소보호계통 4개의 채널로부터 NSSS 관련 공학전안전설비 개시신호를 받는다. 발전소보호계통에서 제공하는 공학적안전설비 개시신호는 SIAS, CIAS, MSIS, CSAS, AFAS-1, AFAS-2이며 그룹제어기는 각 작동기능별로 2/4 동시논리를 수행한다. 발전소보호계통의 개시신호와 공학적안전설비-기기제어계통 각 디비젼간에 요구되는 격리 및 분리는 광케이블에 의하여 제공된다. 공학적안전설비-기기제어계통는 NSSS 관련 공학적안전설비에 대한 개시신호 상태와 작동상태 및 공학적안전설비-기기제어계통의 시험상태를 발전소보호계통에 제공한다. 발전소보호계통으로의 전송은 일대일 데이터링크를 이용한 단방향 전송을 사용한다.

방사선감시계통은 BOP 관련 공학적안전설비인 CREVAS, CPIAS, FHEVAS에 대한 개시신호를 공학적안전설비-기기제어계통에 제공한다. 공학적안전설비-기기제어계통 각각의 디비젼은 방사선감시계통 2개의 채널로부터 광케이블을 통하여 제공받아 1/2 동시논리를 수행한다. 공학적안전설비-기기제어계통은 BOP 관련 공학적안전설비의 개시상태와 작동상태 및 공학적안전설비-기기제어계통의 시험상태를 데이터링크를 사용하여 방사선감시계통에 제공한다.

다양성보호계통은 보조급수펌프와 밸브의 작동신호를 격리장치를 통하여 실배선으로 공학적안전설비-기기제어계통의 현장기기연계모듈 (CIM)에 제공한다.

비안전 제어계통은 공학적안전설비-기기제어계통을 위한 기기연동신호를 제공한다. 비안전 제어계통으로부터의 신호는 격리와 고장-안전요건을 만족하도록 한다. 공학적안전설비-기기제어계통은 비안전 제어계통에 기기연동신호를 제공한다. 비안전 제어계통으로의 연계는 단방향이며 격리장치를 사용한다.

공학적안전설비-기기제어계통은 공학적안전설비의 개시 및 작동상태, 공학적안전설비-기기제어계통의 장치 및 시험 상태, 현장기기 상태 및 공정계측 값 등에 대한 정보를 정보처리계통에 제공한다. 정보처리계통으로의 전송은 공학적안전설비-기기제어계통의 캐비닛운전원모듈이 정보처리망을 통하여 제공하며 단방향이고 격리요건을 만족한다.

공학적안전설비-기기제어계통은 공학적안전설비의 개시 및 작동상태와 기기오류상태, 공학적안전설비-기기제어계통의 장치 및 시험오류 등에 대한 경보를 경보 및 지시계통에 제공한다. 경보 및 지시계통으로의 전송은 공학적안전설비-기기제어계통의 시험 및 연계 프로세서가 경보 및 지시망을 통하여 제공하며 단방향이고 격리요건을 만족한다.

나. 캐비닛 연계

공학적안전설비-기기제어계통 각각의 디비전은 그룹캐비닛과 루프캐비닛으로 구성된다. 각 디비젼에는 2개의 그룹캐비닛이 있으며, 그룹제어기, 시험 및 연계 프로세서, 캐비닛운전원모듈, 제어채널게이트웨이, 통신장치 등이 나누어져 장착된다. 또한, 각 디비젼에는 루프제어기, 현장기기연계모듈, 통신장치 등을 포함하는 다수의 루프캐비닛이 있으며 이들 루프캐비닛은 현장에 분산 배치된다.

각 캐비닛 간은 채널 내부 통신망과 루프제어망을 통하여 연계한다. 채널 내부 통신망은 시험이나 기기상태 정보의 교환에 이용되며 루프제어망은 그룹캐비닛으로부터 발생한 공학적안전설비 작동신호를 분산된 여러 루프제어기에 전송하는 기능을 수행한다.

공학적안전설비-기기제어계통은 주제어실에 설치되는 다양성 ESF 수동작동 스위치, 계통수준의 ESF 수동작동 스위치, 최소재고량제어 스위치, 제어반신호다중기 및 소프트제어기 등과 연계를 갖는다. 다양성 ESF 수동작동 스위치는 공학적안전설비-기기제어계통의 모든 디지털 기기를 우회하여 현장기기연계모듈(CIM)에 실배선으로 직접 제공되며 ESF 수동작동 스위치는 발전소보호계통의 개시회로에 실배선으로 제공된다. 최소재고량제어 스위치는 제어반신호다중기를 거쳐 공학적안전설비-기기제어계통의 루프제어망을 통하여 루프제어기와 연계한다. 제어반신호다중기는 루프제어망을 통하여 최소재고량 수동작동 신호를 제공하며 소프트제어기로부터의 채널선택 확인신호를 데이터링크를 이용하여 제어채널게이트웨이에 제공한다. 소프트제어기의 개별기기 제어신호는 소프트제어망을 통하여 제어채널게이트웨이에 제공되며 제어채널게이트웨이는 루프제어망을 통하여 이들 신호를 루프제어기에 제공한다. 루프제어기로부터의 개별기기 상태정보는 루프제어망, 제어채널게이트웨이 및

소프트제어망을 이용하여 소프트제어기에 제공한다.

원격정지실에 위치하는 소프트제어기는 소프트제어망, 제어채널게이트웨이 및 루프제어망을 통하여 루프제어기와 연계하며 MSIS 수동작동 신호는 발전소보호계통의 개시회로에 제공된다.

3. 설계 사양

가. 일반기능 사양

공학적안전설비-기기제어계통은 설계기준사고(DBE)시 발전소보호계통과 방사선감시계통으로부터 공학적안전설비 구동신호를 받아 공학적안전설비계통 기기를 작동한다. 또한, 공학적안전설비-기기제어계통은 공학적안전설비 관련 기기를 포함한 모든 안전관련 기기의 제어기능을 수행한다. 공학적안전설비-기기제어계통은 운전원으로부터의 수동작동 신호를 받아 요구되는 기기제어 기능을 수행하고 관련 기기의 상태 감시 기능을 제공한다.

(1) 공학적안전설비 작동기능

공학적안전설비-기기제어계통은 발전소보호계통 및 방사선감시계통으로부터 공학적안전설비 개시신호를 받아 다음과 같은 작동 기능을 수행한다.

■안전주입작동 (SIAS)
■격납용기격리작동 (CIAS)
■주증기격리작동 (MSIS)
■격납용기살수작동 (CSAS)
■보조급수작동 (AFAS)
■주제어실비상환기작동 (CREVAS)
■핵연료취급지역 비상환기작동 (FHEVAS)
■격납용기퍼지격리작동 (CPIAS)

(2) 기기제어 기능

공학적안전설비-기기제어계통은 공학적안전설비를 비롯한 모든 안전관련 플랜트 하부기기에 대한 이산 (Discrete) 상태 제어와 연속적인 조절제어 기능을 제공한다. 기기 제어논리는 루프제어기에서 수행되며, 각 구동기기에 따라 다음과 같은 5가지 유형으로 분류된다.

■솔레노이드 밸브제어
■역회전 전동기 시동자 제어
■비 역회전 전동기 시동자 제어
■중전압 스위치기어 및 부하반 제어
■전기유압식 전동기 댐퍼 제어

공학적안전설비-기기제어계통은 제어실 및 원격정지실의 소프트제어기에서 운전원이 원격으로 개별 기기를 제어할 수 있는 기능을 제공한다.

(3) 최소재고량제어 기능

공학적안전설비-기기제어계통은 비상운전절차에 따라 요구되는 최소재고량제어 관련 기기의 수동작동 기능을 제공한다.

(4) 다양성 ESF 수동작동 기능

공학적안전설비-기기제어계통은 디지털 기기의 공통유형 고장에 대비한 수동작동 기능을 제공한다.

(5) 부하순차제어 기능

공학적안전설비-기기제어계통은 안전주입작동, 보조급수작동, 격납용기살수작동 및 소외전원상실 사고시 동시에 대용량의 부하들의 요구로 인한 디젤발전기의 과부하 방지 기능을 위하여 부하순차 제어기능을 제공한다.

(6) 상태 감시 및 표시기능

공학적안전설비-기기제어계통은 계통 또는 기기 상태 데이터를 감시 및 취득하고 캐비닛운전원모듈, 제어실 운전원 제어반, 경보 및 정보계통에 공급함으로써 이들 모듈과 계통을 통하여 상태감시 및 표시기능을 제공한다.

(7) 시험 및 진단 기능

공학적안전설비-기기제어계통은 하드웨어 건전성 시험을 위한 자가진단시험과 자동 및 수동에 의한 완전한 주기시험 기능이 제공된다. 주기시험은 공학적안전설비-기기제어계통의 모든 논리와 동작에 대한 자동 점검 기능과 그룹 또는 개별기기

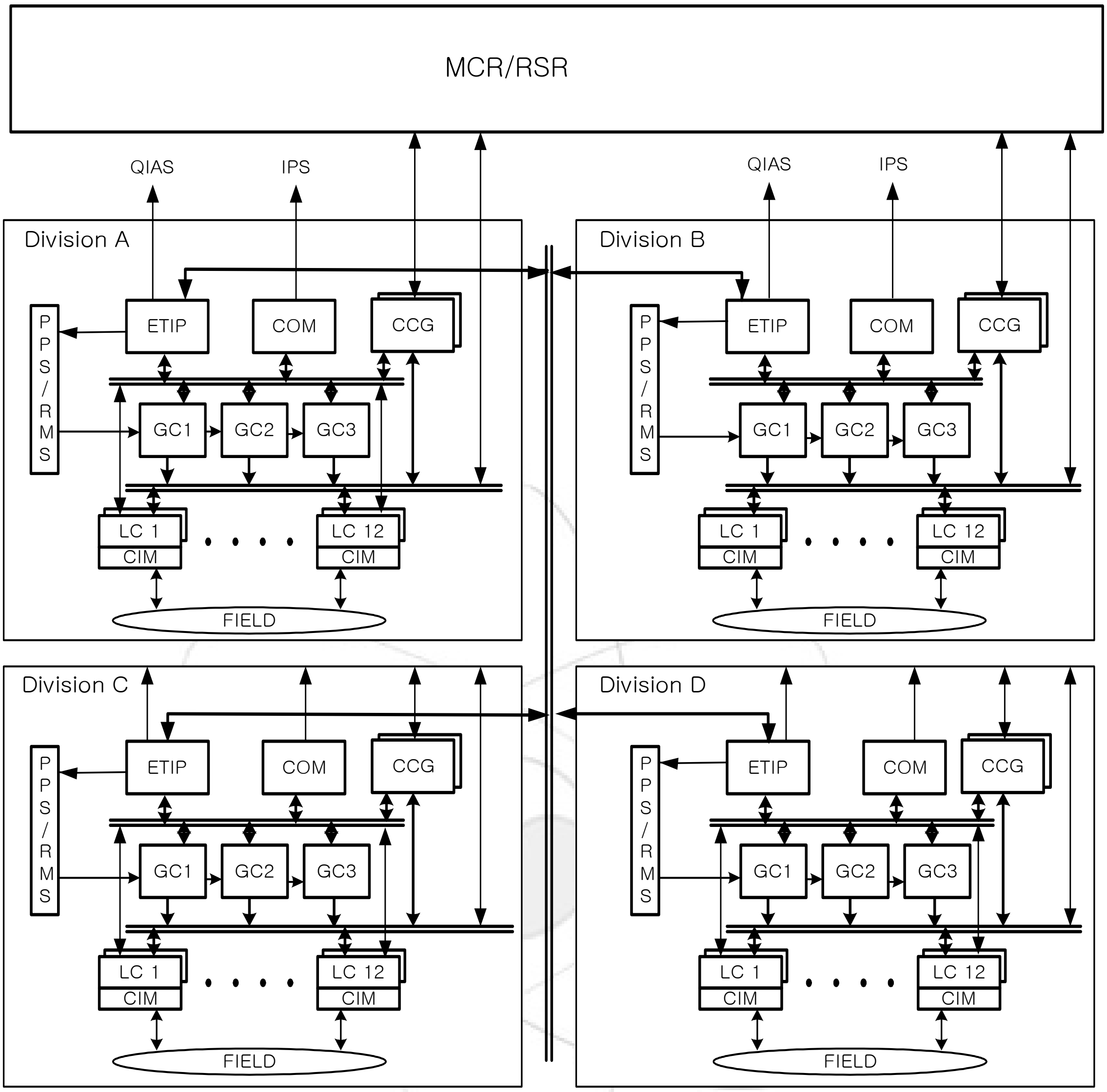
에 대한 선택적 수동개시에 의한 수동 점검기능으로 구성되어 공학적안전설비 개시신호부터 공학적안전설비-기기제어계통의 개별기기 제어 출력신호까지를 포함한다.

나. 상세 기능사양

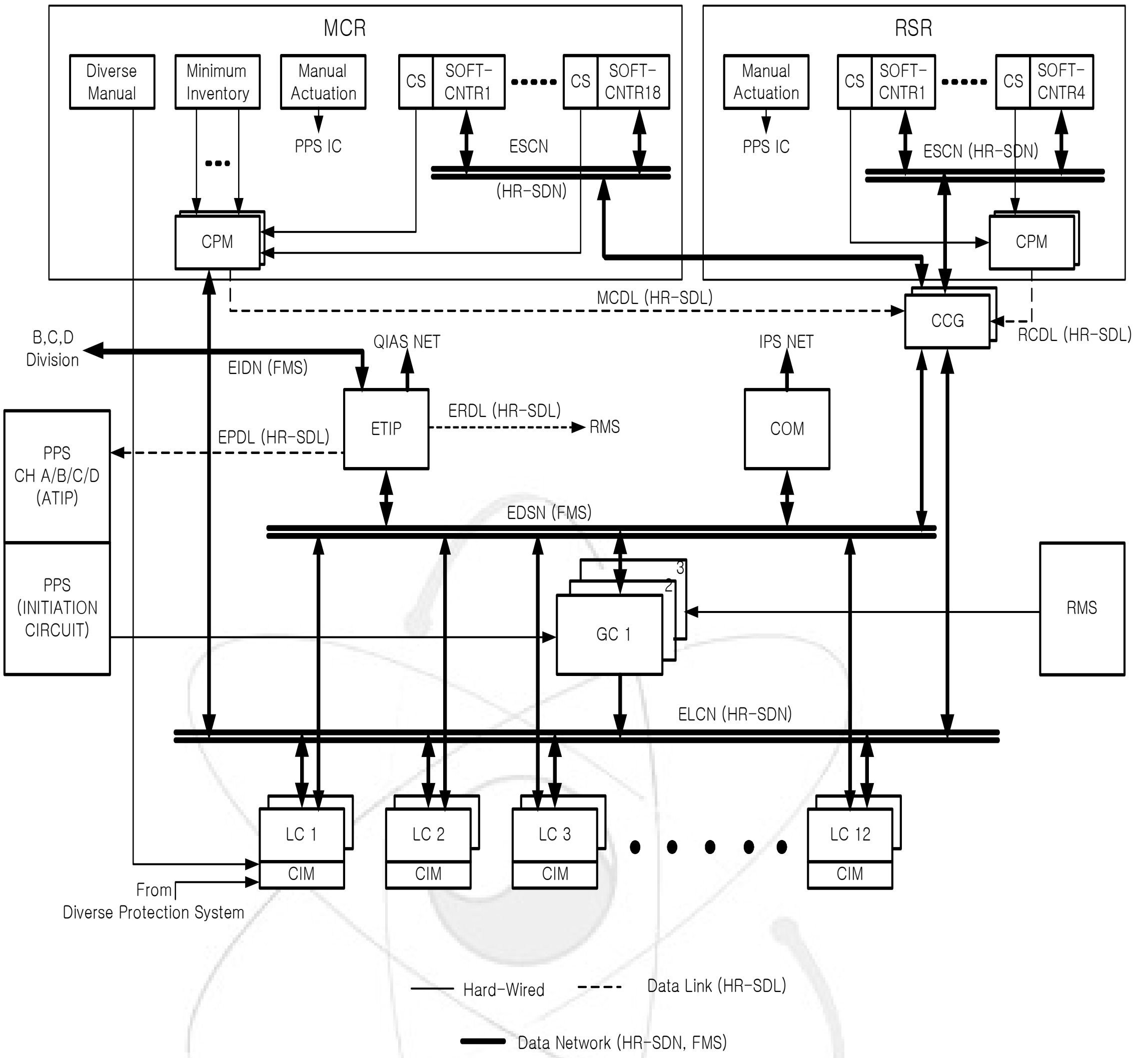
공학적안전설비-기기제어계통은 그림 3.1.1과 같이 독립적인 4개의 디비젼으로 구성되며, 각각의 디비젼은 그림 3.1.2와 같이, 작동논리를 수행하는 그룹제어기와 개별기기 제어 기능을 수행하는 루프제어기, 시험 및 연계 프로세서, 캐비닛운전원모듈 , 현장기기연계모듈 및 통신장치 등으로 구성된다. 또한, 공학적안전설비-기기제어계통은 주제어실과 원격정지실에 위치하는 각종 수동작동 스위치와 소프트제어기 및 관련 통신장치와 MMI 기기 등을 포함한다.

발전소보호계통 및 방사선감시계통에서 생성된 공학적안전설비 개시신호는 광송수신 변환기를 거쳐 공학적안전설비-기기제어계통의 그룹제어기로 입력된다. 그림 3.1.3과 같이, 그룹제어기는 4개 또는 2개 채널로부터의 개시신호를 수신하여 2/4 또는 1/2 논리를 수행하고 계통 수준의 작동여부를 결정하여 그 결과를 루프제어망을 통하여 루프제어기에 전송한다. 루프제어기는 그룹제어기로부터의 공학적안전설비 작동신호를 수신하여 2/3 논리를 수행하고 해당 기기에 대한 작동여부를 결정한다. 루프제어기는 결정된 공학적안전설비 작동신호와 운전원에 의한 개별기기 제어신호를 받아 해당 제어논리를 수행하고 현장기기에 요구되는 동작 명령을 출력한다.

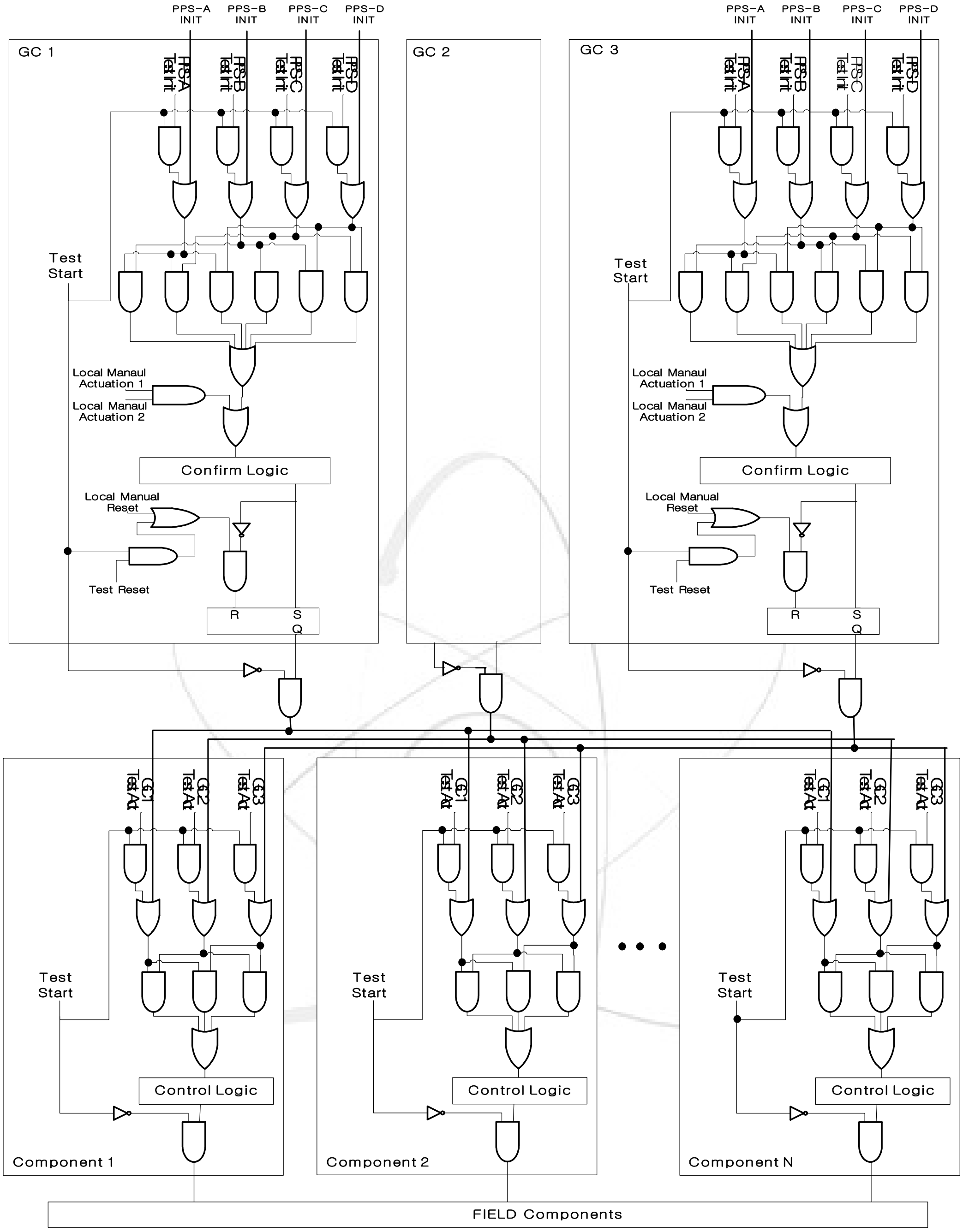
시험 및 연계 프로세서는 공학적안전설비-기기제어계통의 자동시험 기능을 관장하며, 캐비닛운전원모듈은 공학적안전설비 작동상태, 개별기기 작동상태, 각 모듈의 동작 상태 등 모든 상태 정보를 운전원에게 제공한다. 제어채널 게이트웨이는 소프트제어기로부터의 개별기기 제어 명령을 소프트제어망을 통하여 수신하고, 이를 제어반신호다중기를 경유하여 입력되는 채널선택 신호를 확인하여 해당 채널 및 기기의 루프제어기에 전송하는 게이트웨이 기능을 제공한다. 또한, 개별기기 제어를 위한 소프트제어기, 계통수준의 공학적안전설비 수동 작동을 위한 스위치 모듈, 최소재고량 관련 기기 제어를 위한 스위치 모듈 및 다양성 ESF 수동작동을 위한 스위치 모듈이 제어실에 제공된다.



[그림 3.1.1] 공학적안전설비-기기제어계통 전체 구성.



[그림 3.1.2] 공학적안전설비-기기제어계통 디비젼 상세 구조.



[그림 3.1.3] 공학적안전설비-기기제어계통 작동 논리도.

(1) 그룹제어기

하나의 디비젼은 입출력 장치와 프로세서가 완전히 분리된 3개의 그룹제어기에 의한 삼중화 구조를 갖으며, 각각의 그룹제어기는 프로세서 모듈, 개시신호 입력용 디지털입력모듈, 디비젼 내부의 상태 정보 연계용 통신모듈 및 작동신호 연계용 통신모듈을 보유해야 한다.

그룹제어기는 광케이블을 통해 발전소보호계통의 네 개의 채널 및 방사선감시계통의 두 개의 채널로부터 지속적으로 공학적안전설비 작동을 위한 개시신호를 입력받아 각각 그림 3.1.3과 같이 2/4, 1/2 작동논리을 수행하고 그 결과를 루프제어기에 제공한다. 일단 작동된 공학적안전설비 작동신호는 래치되어, 작동신호 해제시에도 자동으로 리셋되지 않도록 해야 한다. 래치된 작동신호는 로컬 ESF 수동리셋 스위치에 의하여 제거 될 수 있도록 해야 한다. 또한, 각 공학적안전설비의 수동 작동을 위한 로컬 ESF 수동작동기능이 공학적안전설비-기기제어계통 그룹케비닛에 제공되어야 한다. 그룹제어기가 루프제어기에 제공하는 공학적안전설비 작동신호는 다음과 같다.

■안전주입작동신호 (SIAS)
■격납용기격리작동신호 (CIAS)
■주증기격리작동신호 (MSIS)
■격납용기살수작동신호 (CSAS)
■보조급수작동신호 (AFAS)
■주제어실비상환기작동신호 (CREVAS)
■핵연료취급지역 비상환기작동신호 (FHEVAS)
■격납용기퍼지격리작동신호 (CPIAS)

그룹제어기의 입력모듈이 고장상태인 경우 해당 입력모듈을 통한 개시신호는 트립 상태로 간주되어야 한다.

그룹제어기는 입력 또는 작동논리의 순시오류에 의한 작동을 방지하기 위하여, 작동논리 출력이 2회 연속 작동일 경우에 최종 작동신호를 루프제어기에 출력하는 결정논리를 갖도록 해야 한다.

방사선감시계통에 의한 공학적안전설비 작동과 보조급수작동의 밸브 사이클링 기능은 래치되지 않아야 한다. 보조급수작동의 경우, 사고 후에도 발전소보호계통에서 증기 발생기 수위를 제어할 수 있도록 보조급수계통 밸브를 사이클링 할 수 있어야 한다.

그룹제어기의 모든 논리는 수동 또는 자동시험에 의해 그 건전성이 확인되어야 한다. 그룹제어기의 시험시에는 두 개 이상의 그룹제어기가 동시에 수행되지 않도록 하여야 하며, 공학적안전설비 작동을 위한 자동 개시신호가 발생하면 모든 시험신호는 오버라이드(override) 되어야 한다.

그룹제어기의 모든 논리 및 작동 상태와 시험 결과는 캐비닛운전원모듈과 시험 및 연계 프로세서에 전송되어야 하며, 개시신호 입력 상태는 발전소보호계통과 방

사선감시계통에 전송되어야 한다.

(2) 루프제어기

하나의 디비젼은 Hot-Standby 방식의 CPU 이중화 구조를 갖는 12개의 루프제어기로 구성된다. 각 루프제어기는 최대 20개의 독립된 기기제어 논리를 수행할 수 있어야 하며, 루프제어망 연계를 위한 통신모듈과 현장기기 연계를 위한 입출력모듈을 보유해야 한다.

루프제어기는 3개의 그룹제어기로부터의 공학적안전설비 작동신호, 제어채널게이트웨이를 통해 입력되는 소프트제어기 개별기기 제어신호 및 제어반신호다중기를 통해 입력되는 최소재고량 관련 기기 제어신호를 받는다. 루프제어기는 이들 기기 제어신호를 받아 공학적안전설비 기기를 작동시키기 위한 제반 제어 논리를 수행하고 모터제어반이나 전기분전반을 통하여 관련 현장기기에 작동 명령을 출력해야 한다.

루프제어기에 의해 구동되는 현장기기는 솔레노이드 밸브제어, 역회전 전동기 시동자 제어, 비 역회전 전동기 시동자 제어, 중전압 스위치기어 및 부하반 제어, 전기유압식 전동기 댐퍼 제어등과 같은 5가지 유형으로 분류되고, 기기제어 기능에 요구되는 공통적인 요건은 다음과 같다.

■운전원에 의한 기기의 수동운전은 원격정지실의 전환(Transfer) 스위치 신호의 유무에 의하여 제어실 또는 원격정지실 신호를 선택하여 제어해야 한다.

■공학적안전설비 작동신호가 발생하면, 공학적안전설비 고유 기능 수행을 제외한 제어신호는 비활성화되어야 한다. 즉, 공학적안전설비 작동신호에 의하여 여타의 제어신호는 오버라이드(override)되어야 한다.

■기타 현장 기기에 설치되어 있는 수동운전 스위치에 의한 신호나, 타 기기 운전 상황과의 연동에 의한 운전신호를 고려해야 한다.

■주제어실 또는 원격정지실로부터 자동운전 신호가 발생하면 공정계측값에 따라 자동으로 기기를 제어해야 한다. 이 자동운전 모드는 운전원에 의한 수동운전 신호나 공학적안전설비 작동신호, 기기의 오류 발생시 자동으로 해제되어야 한다.

■기기의 열림(시작) 혹은 닫힘(정지)에 대한 Permissive 신호가 존재하는 경우, 이 신호와 조합하여 기기 제어신호를 출력해야 한다. 출력된 제어신호는 래치되어야

하며, 이 래치된 제어신호와 제어전원 상태신호를 조합하여 최종 제어신호가 생성되어야 한다.

■타 기기로 부터의 입력 연동신호가 존재하면, 이를 조합하여 기기제어 신호를 생성해야 한다. 타 기기로의 출력 연동신호가 존재하면, 기기의 동작 상태신호를 해당 기기의 제어논리로 출력해야 한다.

또한, 루프제어기는 부하순차제어를 위한 기능을 수행해야 한다. 부하순차제어용 루프제어기는 공학적안전설비 작동시, 동시에 대용량 부하들의 요구로 인한 비상 디젤발전기의 과부하를 방지하기 위해, 부하를 순차적으로 인가하는 비상 디젤발전기 부하 순차제어논리를 수행해야 한다. 비상 디젤발전기의 자동기동신호는 비상전원 디비젼내 2개의 4.16kV 모선에 저전압 조건이 발생하거나, 안전주입 작동신호, 보조급수 작동신호, 원자로건물살수 작동신호가 발생했을 때 전송되며, 이후 비상 디젤발전기의 필수 운전변수가 충족되면 부하순차제어용 루프제어기는 8단계 계수기로 구성된 부하순차 제어논리를 수행하여 안정적으로 현장기기에 전원을 공급해야 한다.

루프제어기는 3개의 그룹제어기로부터의 공학적안전설비 작동신호에 대한 기기수준의 작동결정을 위한 2/3 논리와 공학적안전설비 작동신호, 소프트제어기 개별기기 제어신호 및 최소재고량 관련기기 제어신호에 대한 우선순위 논리를 보유해야 한다.

공학적안전설비 자동 및 수동 작동신호는 루프제어기 기기제어 논리에 대한 최우선권을 갖고, 최소재고량스위치 및 소프트제어기로부터의 기기제어명령을 오버라이드 할 수 있어야 한다. 최소재고스위치에 의한 수동 제어명령은 소프트제어기로부터의 제어명령에 우선권을 갖고, 소프트제어기 명령을 오버라이드 할 수 있어야 한다. 발전소 안전상태 도달에 따른 공학적안전설비 작동신호 해제시에는, 운전원이 우선순위 2에 해당하는 연동신호 (ESF-2)를 최소재고량스위치 및 소프트제어기를 통하여 오버라이드 할 수 있도록 해야 한다.

그룹제어기 오류시 해당 그룹제어기에 대한 공학적안전설비 작동신호는 트립 상태로 간주되며, 제어채널게이트웨이 및 제어반신호다중기 오류시에는 해당 제어신호는 AS-IS로 간주되어야 한다.

루프제어기의 모든 논리는 수동 또는 자동시험에 의해 그 건전성이 확인되어야 하며 개별 또는 그룹차원의 기기를 시험할 수 있는 수단이 제공되어야 한다. 기기에 대한 시험시에는 한번에 한 개의 선택된 기기 또는 그룹의 선정에 의하여 불필

요한 공학적안전설비의 작동을 방지해야 한다.

(3) 시험 및 연계 프로세서

각 디비전에는 하나의 시험 및 연계 프로세서가 제공되며, 각 시험 및 연계 프로세서는 캐비닛 상태 입력용 디지털입력모듈, 디비전 내부의 상태 정보 연계용 통신모듈, 발전소보호계통 및 방사선감시계통과의 상태 정보 연계용 통신모듈, 타 디비전 연계용 통신모듈, 경보 및 지시계통 연계용 통신모듈을 보유해야 한다.

시험 및 연계 프로세서는 공학적안전설비-기기제어계통의 운전상태를 감시하고, 일정 시간마다 그룹제어기와 루프제어기의 논리를 자동으로 시험하고, 운전원 요구에 의한 수동 시험을 수행 할 수 있는 기능이 제공되어야 한다. 또한, 이들 시험에 대한 결과를 피드백 받아 결과에 대한 건전성을 확인할 수 있어야 한다.

시험 및 연계 프로세서는 캐비닛 내부의 전원공급장치, 온도검출기, 도어 개방신호 및 팬 작동 등을 감시할 수 있는 기능을 갖도록 해야 한다.

다음 조건시, 시험 및 연계 프로세서는 시험을 개시하지 않아야 한다.

■공학적안전설비 개시신호 발생
■공학적안전설비 작동신호 발생
■그룹제어기 및 루프제어기의 하드웨어 오류 발생
■자체 하드웨어 오류 발생
■타 디비젼이 시험 중이거나 타 디비젼의 시험 및 연계 프로세서 오류 발생

(4) 캐비닛운전원모듈

각 디비전에는 하나의 캐비닛운전원모듈이 제공되며, 각 캐비닛운전원모듈은 터치기능을 갖는 디스플레이, 컴퓨터, 트랙볼/키보드 등의 주변장치, 디비전 내부 연계용 통신모듈, 정보처리계통 연계용 통신모듈을 보유해야 한다.

캐비닛운전원모듈은 디비전 내 모든 제어기의 상태정보, 현장 기기에 대한 상태정보 및 시험에 대한 결과를 입력받아 운전원에게 제공하며, 운전원에 의한 시험지원 기능을 제공해야 한다..

캐비닛운전원모듈의 운전화면은 안전기준 및 인간공학적 기준에 따라 운전원이 쉽게 인지하고 정보의 접근이 용이하도록 설계되어야 한다.

(5) 제어채널 게이트웨이

각 디비전에는 이중화된 제어채널 게이트웨이가 제공되며, 각 제어채널 게이트웨이는 소프트제어기 연계용 통신모듈, 루프제어기 연계용 통신모듈, 디비전 내부 연계용 통신모듈, 제어반신호다중기 채널선택 신호 수신용 통신모듈을 보유해야 한다.

제어채널 게이트웨이는 주제어실과 원격정지실의 소프트제어기로부터 개별기기에 대한 제어 명령을 수신하고, 이를 제어반신호다중기를 경유하여 입력되는 채널선택 신호를 확인하여 해당 채널 및 기기의 루프제어기에 전송하는 게이트웨이 기능을 수행해야 한다. 주제어실과 원격정지실의 기기제어 권한은 전환 스위치 신호에 의해 선택되어야 한다.

제어채널 게이트웨이는 타 디비전의 개별기기 제어신호 및 운전원에 의하여 확인되지 않은 제어 명령이 루프제어기에 입력되는 것을 방지할 수 있어야 한다.

제어채널 게이트웨이는 루프제어기로부터의 개별기기 상태, 공정계측값, 개별기기 오류 상태를 입력받아 소프트제어망을 통해 소프트제어기에 전송해야 한다.

(6) 제어반신호다중기

주제어실과 원격정지실에는 각 디비전별로 이중화 구조를 갖는 제어반신호다중기가 제공되어야 한다. 각 제어반신호다중기는 주처리 프로세서, 소프트제어기 채널선택 확인신호 수신용 디지털입력모듈, 입력받은 채널선택 확인신호의 제어채널 게이트웨이 전송용 통신모듈, 최소재고량 관련 기기에 대한 제어신호 입력용 디지털입력모듈, 루프제어기 연계용 통신모듈을 보유해야 한다.

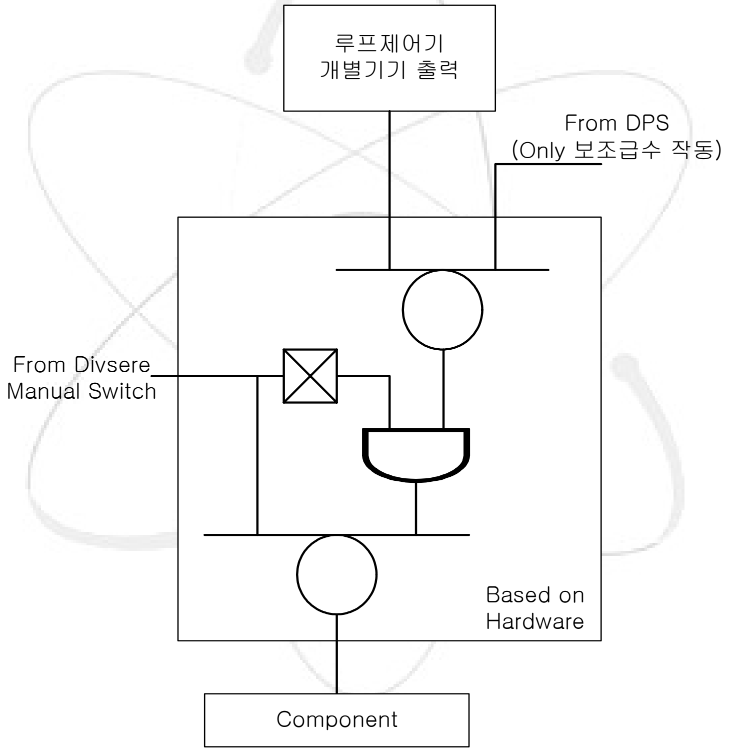
제어반신호다중기는 최소재고량 관련 기기에 대한 제어신호를 실배선으로 취득하여, 이를 디지털 데이터화 및 다중화하고 루프제어망을 통하여 루프제어기로 전송해야 한다.

제어반신호다중기는 제어실의 소프트제어기 채널선택 확인신호를 실배선으로 취득하고 이를 데이터링크를 통하여 해당 채널의 제어채널 게이트웨이로 전송해야 한다.

(7) 현장기기 연계모듈

각 디비전의 현장기기 출력단에는 루프제어기 출력, 다양성 ESF 수동작동 신호 및 다양성보호계통으로부터의 보조급수 작동신호를 OR 할 수 있는 현장기기 연계 모듈이 제공되어야 한다. 현장기기 연계모듈은 소프트웨어적인 기능을 배제한 하드웨어 근간의 게이트들로 구성되어야 한다.

현장기기 연계모듈은 디지털 공통모드고장에 대비한 제어실의 다양성 ESF 수동작동신호 및 다양성보호계통으로부터 실배선으로 전송되는 보조급수작동 신호의 접속 기능을 수행해야 하므로, 소프트웨어적인 기능을 배제한 하드웨어 근간의 게이트들로 구성되어야 한다. 현장기기 연계모듈은 그림 3.1.4와 같은 구조로 설계되어야 한다.



[그림 3.1.4] 현장기기 연계모듈 구조.

(8) 최소재고량 스위치모듈

공학적안전설비-기기제어계통은 제어실에 비상운전절차에 따라 요구되는 안전관련 최소재고량제어기기의 수동작동 기능을 위한 스위치모듈을 보유해야 한다. 최소재고량 스위치모듈의 작동출력은 제어반신호다중기에 실배선으로 입력된 후, 디지털 데이터화 되어 루프제어망을 통해 해당 기기제어를 위한 루프제어기에 입력되어야 한다.

(9) 소프트제어기

소프트제어기는 공학적안전설비-기기제어계통의 운전원에 의한 개별 기기제어 기능제공을 위하여 주제어실 및 원격정지실에 각각 설치된다.

소프트제어기는 제어실의 정보 표시화면과 연동하여 공학적안전설비-기기제어계통의 모든 개별기기에 대한 제어 수단을 제공할 수 있어야 한다.

각각의 소프트제어기는 공학적안전설비-기기제어계통 모든 디비젼의 기기를 제어할 수 있어야 하며, 운전원에 의한 채널확인 스위치에 의해 디비젼을 선택함으로써 디비젼간의 분리 요건을 만족할 수 있어야 한다.

소프트제어기의 개별기기 제어신호는 소프트제어망을 통해 제어채널 게이트웨이로 입력되고 운전원의 채널선택 신호를 확인한 후 루프제어망을 통하여 해당 루프제어기에 입력되어야 한다.

채널선택 신호는 소프트제어기의 개별기기 제어신호와 다른 경로인 제어반신호다중기를 통해 제어채널 게이트웨이에 입력되어야 한다.

소프트제어기를 위한 정보 표시화면은 정보처리계통을 통하여 데이터를 입력 받으며, 이와는 별도로 루프제어기에서 전송되는 기기상태 정보를 제어채널 게이트웨이를 거쳐 소프트제어기가 직접 입력 받음으로써 정보 표시화면의 기능 상실시에도 최소한의 기기제어 기능을 할 수 있어야 한다.

(10) 다양성 ESF 수동작동 스위치모듈

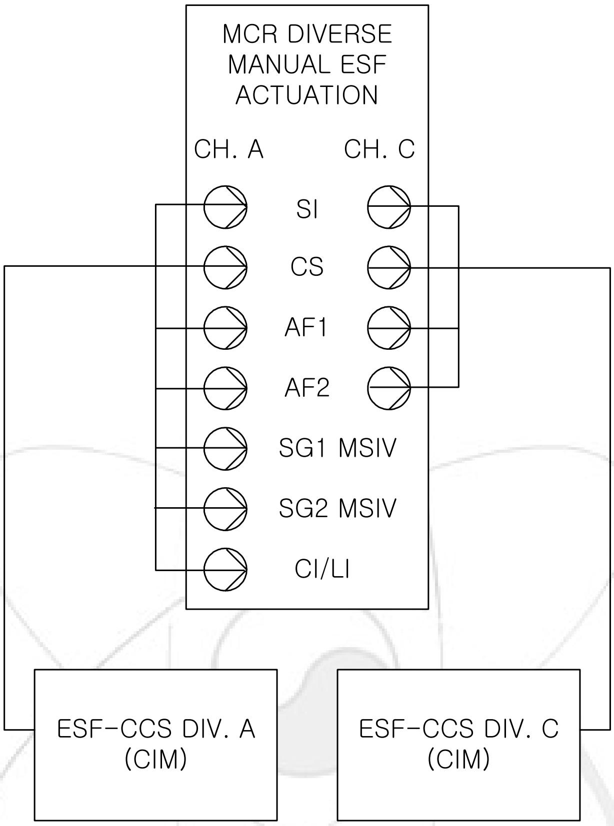
디지털 장비를 사용하는 공학적안전설비-기기제어계통의 잠재적인 공통모드고장에 의한 시스템 기능상실에 대비하기 위해 계통 수준의 다양성 ESF 수동작동 스위치모듈이 제어실에 제공되어야 한다.

다양성 ESF 수동작동 스위치는 공학적안전설비 기능별로 스위치가 제공되고, 실배선을 통해 모든 공학적안전설비-기기제어계통의 디지털 장치를 우회하여 기기 제어를 위한 최종 출력단인 현장기기 연계모듈로 접속되도록 해야 한다.

다양성 ESF 수동작동 기능에는 안전주입, 격납용기 살수, 보조급수-1과 2에 대한 계통수준의 두 디비젼과 증기발생기-1,2의 주증기 격리밸브 및 격납용기격리/유출

격리밸브가 포함되어야 한다.

다양성 ESF 수동작동 스위치는 그림 3.1.5와 같은 연계구조를 갖도록 해야 한다.



[그림 3.1.5] 다양성 ESF 수동작동 스위치 모듈 연계구조.

(11) 주제어실/원격정지실 ESF 수동작동 스위치모듈

공학적안전설비-기기제어계통은 공학적안전설비작동 기능에 대한 계통차원의 수동작동 스위치가 주제어실 및 원격정지실에 제공되어야 한다. 주제어실은 모든 공학적안전설비작동을 위한 수동작동 스위치가 제공되어야 하며, 원격정지실에는 최소한, 주증기격리작동을 위한 수동작동 스위치가 제공되어야 한다.

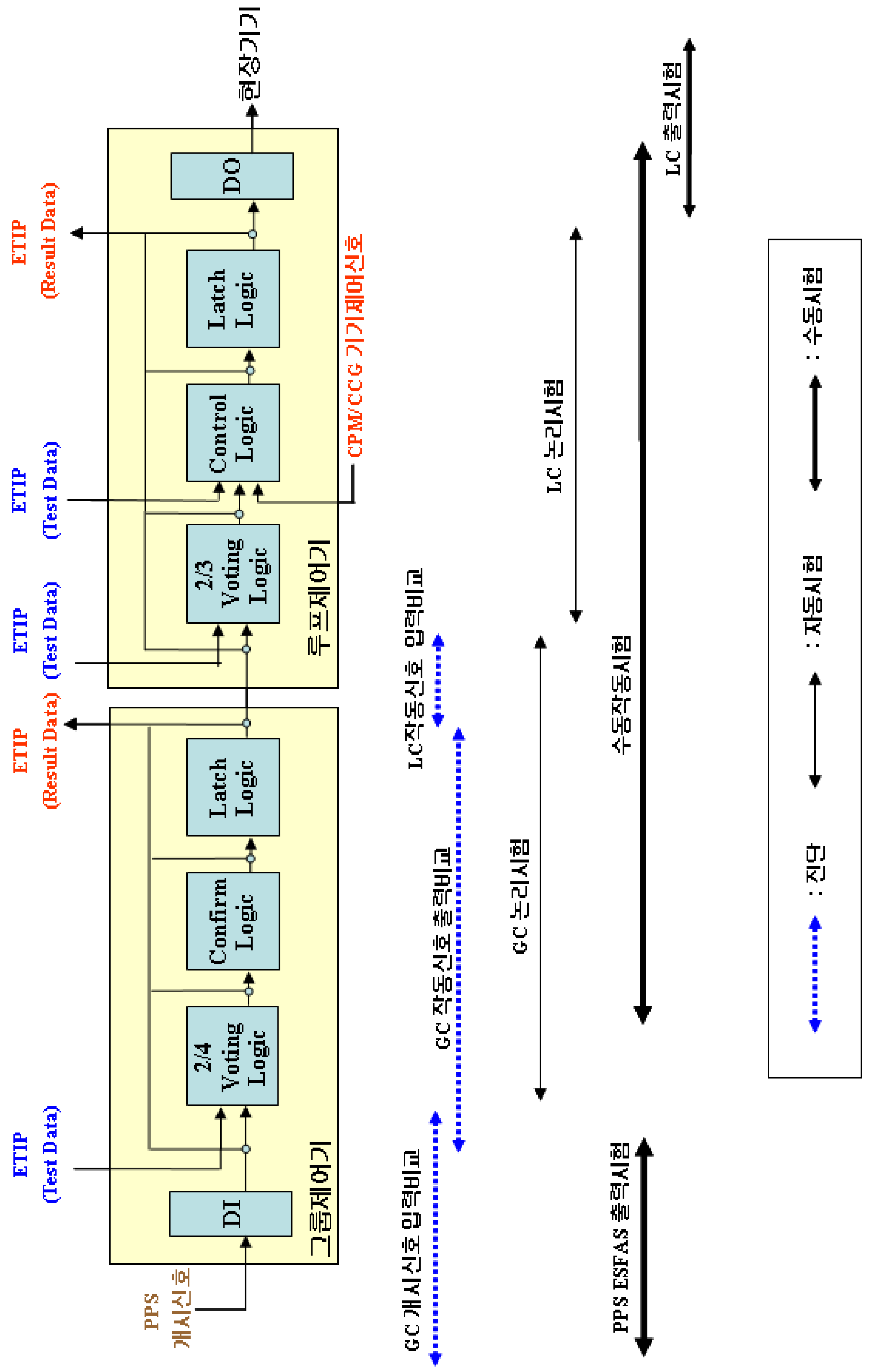
(12) 로컬 ESF 수동작동 스위치모듈

공학적안전설비-기기제어계통의 각 디비젼 그룹제어기 캐비닛에는 공학적안전설비작동신호별로 수동작동 스위치와 수동리셋 스위치가 제공되어 각 디비젼별 현장수동 작동 수단이 제공되어야 한다.

다. 시험 및 진단 사양

공학적안전설비-기기제어계통은 원자로의 출력운전 또는 정지 중에 계통의 건전성을 주기적으로 시험 및 진단할 수 있는 기능을 보유해야 한다. 시험 및 진단 기능은 공학적안전설비-기기제어계통의 개시신호 입력부터 개별기기 제어를 위한 작동신호 출력까지의 전체 범위를 포함해야 한다. 시험 및 진단 기능은 시스템의 복잡성 증가나 기본기능의 저해를 유발하지 않도록 해야 하며, 참고문서 3.1.3과 3.2.3의 기준을 만족하도록 설계되어야 한다.

공학적안전설비-기기제어계통을 위한 시험 및 진단 기능은 자동시험, 수동시험 및 진단 기능을 포함하고, 그림 3.1.6과 같이 상호 보완적이고 중첩됨으로써, 계통 전체의 건전성을 확인할 수 있도록 해야 한다.



[그림 3.1.6] 공학적안전설비-기기제어계통 시험 범위.

(1) 시험 기준

공학적안전설비-기기제어계통을 위한 모든 시험은 시험으로 인하여 고유의 안전기능이 방해를 받거나 불필요한 작동을 막기 위해 다음과 같은 시험기준이 적용되어야 하며 그림 3.1.7에 제시된 시험구조를 만족할 수 있어야 한다.

(가) 한번에 한개의 디비젼만 수행

시험 및 연계 프로세서는 타채널의 시험 및 건전성 상태를 확인 한 후에 시험을 수행해야 한다. 시험 및 연계프로세서간에는 시험상태와 채널 모듈오류 상태를 포함하는 시험연동 신호를 주기적으로 교환해야 한다. 시험 및 연계프로세서는 시험 개시 이전에 타 채널에 통보하고 확인 신호를 받은 후 시험을 시작해야 한다.

(나) 한번에 한개의 그룹만 수행

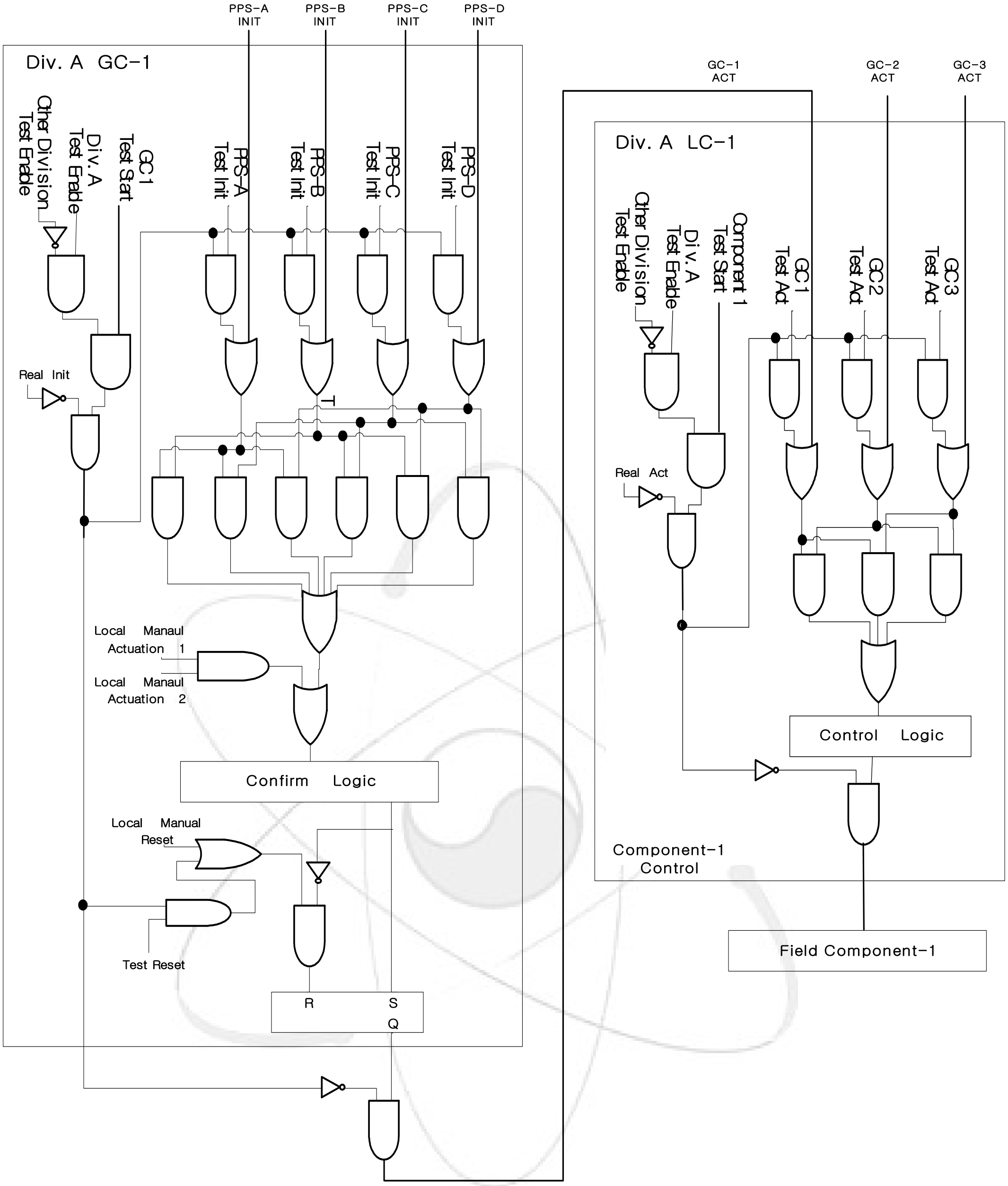
시험 및 연계프로세서는 그룹제어기 또는 개별기기 하부 그룹시험 수행시에 한번에 한개의 그룹씩 순차적으로 수행해야 한다. 또한, 각각의 그룹별로 고유 식별자를 부여하고 이를 확인 함으로써 데이터 오류 경우에도 두개 이상의 그룹에 대한 시험 수행을 방지할 수 있어야 한다.

(다) 시험에 의한 작동 기능의 방해 방지

개시신호 발생시에는 시험을 금지하고 수행중인 시험을 중단해야 한다. 또한, 작동논리를 개시신호와 시험신호의 OR 논리로 구성함으로써 개시신호 발생시 시험신호에 의하여 작동신호 출력이 영향을 받지 않도록 해야 한다.

(라) 시험에 의한 기기 오작동 방지

시험에 의한 불필요한 기기의 작동을 방지하기 위하여, 각 시험구간의 최종단에서 시험에 의한 출력을 차단해야 한다.



[그림 3.1.7] 공학적안전설비-기기제어계통 시험 구조도.

(2) 자동시험

자동시험은 그룹제어기와 루프제어기의 논리에 대한 시험을 제공해야 한다. 그룹제어기 논리시험은 2/4(1/2) 논리시험, 결정논리시험을 포함해야 하며, 루프제어기 논리시험은 ESF 2/3 작동논리 시험과 제어논리 시험을 제공해야 한다.

(가) 그룹제어기 2/4 (1/2) 논리시험

공학적안전설비-기기제어계통은 그룹제어기의 2/4 또는 1/2 논리에 대한 건전성을 확인하기 위한 시험이 제공되어야 한다. 이 시험은 시험 및 연계 프로세서 또는 운전원의 요구에 의해 온라인 중에 수행 가능해야 한다.

시험 및 연계 프로세서는 2/4 또는 1/2 논리시험을 위한 시험신호를 생성하고 이를 그룹제어기에 전송해야 한다. 시험 및 연계 프로세서는 시험에 대한 결과값을 피드백 받아 이를 예상값과 비교하여 그 결과를 운전원에게 제공해야 한다.

발전소보호계통 및 방사선감시계통으로부터의 개시신호 발생시, 2/4(1/2) 논리시험은 중단되어야 한다.

(나) 그룹제어기 결정논리시험

공학적안전설비-기기제어계통은 그룹제어기의 결정논리에 대한 건전성을 확인하기 위한 시험이 제공되어야 한다. 이 시험은 시험 및 연계 프로세서 또는 운전원의 요구에 의해 온라인 중에 수행 가능해야 한다.

시험 및 연계 프로세서는 결정논리 시험을 위한 시험신호를 생성하고 이를 그룹제어기에 전송해야 한다. 시험 및 연계 프로세서는 시험에 대한 결과값을 피드백 받아 이를 예상값과 비교하여 그 결과를 운전원에게 제공해야 한다. 결정논리 시험은 시험에 의하여 발생된 래치의 해제 기능을 포함해야 한다.

(다) 루프제어기 개별기기 ESF 작동논리 시험

공학적안전설비-기기제어계통은 루프제어기의 개별기기별로 ESF 작동을 위한 2/3 논리의 건전성을 확인하기 위한 시험이 제공되어야 한다. 이 시험은 시험 및 연계 프로세서 또는 운전원의 요구에 의해 온라인 중에 수행 가능해야 한다.

시험 및 연계 프로세서는 2/3 논리시험을 위한 시험신호를 생성하고 이를 루프제어기에 전송해야 한다. 시험 및 연계 프로세서는 시험에 대한 결과값을 피드백 받아 이를 예상값과 비교하여 그 결과를 운전원에게 제공해야 한다.

(라) 루프제어기 개별기기 제어논리 시험

공학적안전설비-기기제어계통은 루프제어기의 개별기기 제어논리에 대한 건전성을 확인하기 위한 시험을 제공해야 한다. 개별기기 논리시험은 개별 또는 그룹별로

시험할 수 있어야 한다. 시험에 의한 현장기기로의 출력은 차단되어 불필요한 공학적안전설비의 작동을 방지할 수 있어야 한다.

(3) 수동시험

수동시험에는 발전소보호계통 ESFAS 출력시험, 캐비닛 내부의 팬, 도어, 온도 감지기 시험, 로컬 ESF 수동작동 및 리셋 시험, 개별기기 출력시험 등이 포함되어야 한다.

개별기기 출력시험은 루프제어기의 개별기기 출력신호가 루프제어기의 디지털 출력모듈을 통해 정확하게 출력되는 지를 확인할 수 있어야 한다. 개별기기 출력시험은 개별 또는 그룹차원의 기기를 시험할 수 있어야 하며 기기에 대한 시험시에는 한번에 한 개의 선택된 기기 또는 그룹의 선정에 의하여 불필요한 공학적안전설비의 작동을 방지할 수 있어야 한다.

(4) 진단

공학적안전설비-기기제어계통의 진단기능은 하드웨어 자가진단, 박동신호 감시, 개시신호와 작동신호에 대한 건전성 감시 기능을 포함해야 한다.

(가)하드웨어 자가진단

공학적안전설비-기기제어계통은 계통을 구성하는 모든 제어기의 하드웨어 상태를 지속적으로 감시하여 그 상태를 운전원에게 제공할 수 있는 하드웨어 자가진단 기능을 보유해야 한다. 하드웨어 자가진단에는 다음의 기능이 포함되어야 한다.

(나) 박동신호 감시

공학적안전설비-기기제어계통은 프로세서 모듈의 건전성을 확인할 수 있는 박동신호 감시기능을 보유해야 한다. 각 프로세서 모듈이 박동신호를 시험 및 연계 프로세서로 전송하면, 시험 및 연계 프로세서는 박동신호의 오류여부를 판정하여 이를 운전원에게 제공해야 한다.

(다) 개시신호 및 작동신호 건전성 감시

공학적안전설비-기기제어계통은 발전소보호계통 및 방사선감시계통의 각 채널에서 입력된 개시신호 상태를 상호 비교하여 그에 대한 일치성 여부를 확인할 수 있

는 개시신호 입력비교 기능, 로컬 ESF 수동작동신호 및 리셋 신호 상태에 대한 입력비교 기능 및 3개의 그룹제어기로부터 각 루프제어기에 입력된 작동신호 상태를 상호 비교하여 그에 대한 일치성 여부를 확인할 수 있는 작동신호 입력 비교 기능을 통한 건전성 감시 기능을 보유해야 한다.

제 2 절 기기(소프트웨어) 설계

1. 소프트웨어 요구사항

가. 그룹제어기

(1) 연계 요구사항

(가) 하드웨어 입력

그룹제어기는 발전소보호계통 및 방사선감시계통으로부터 디지털 입력모듈을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■개시신호
- 채널 A, B, C, D 안전주입작동개시신호
- 채널 A, B, C, D 격납용기격리작동 개시신호
- 채널 A, B, C, D 주증기격리작동 개시신호
- 채널 A, B, C, D 격납용기살수작동 개시신호
- 채널 A, B, C, D 보조급수작동-1 개시신호
- 채널 A, B, C, D 보조급수작동-2 개시신호
- 채널 A, B 주제어실비상환기작동 개시신호
- 채널 A, B 핵연료취급지역 비상환기작동 개시신호
- 채널 A, B 격납용기퍼지격리작동 개시신호

그룹제어기는 캐비닛 로컬수동스위치로부터 디지털 입력모듈을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■수동작동신호
- 안전주입작동 수동작동신호1, 2
- 격납용기격리작동 수동작동신호1, 2
- 주증기격리작동 수동작동신호1, 2

- 격납용기살수작동 수동작동신호1, 2
- 보조급수작동-1 수동작동신호1, 2
- 보조급수작동-2 수동작동신호1, 2
- 주제어실비상환기작동 수동작동신호1, 2
- 핵연료취급지역 비상환기작동 수동작동신호1, 2
- 격납용기퍼지격리작동 수동작동신호1, 2

■수동리셋신호
- 안전주입작동 수동리셋신호
- 격납용기격리작동 수동리셋신호
- 주증기격리작동 수동리셋신호
- 격납용기살수작동 수동리셋신호
- 보조급수작동-1 수동리셋신호
- 보조급수작동-2 수동리셋신호

(나) 통신 입력

그룹제어기는 시험 및 연계 프로세서로부터 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■시험 시작신호

■시험 종료신호

■시험 식별신호

■시험데이터

(다) 통신 출력

그룹제어기는 루프제어기로 ELCN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■작동신호
- 안전주입작동 작동신호
- 격납용기격리작동 작동신호
- 주증기격리작동 작동신호
- 격납용기살수작동 작동신호
- 보조급수작동-1 작동신호

- 보조급수작동-1N 작동신호
- 보조급수작동-2 작동신호
- 보조급수작동-2N 작동신호
- 주제어실비상환기작동 작동신호
- 핵연료취급지역 비상환기작동 작동신호
- 격납용기퍼지격리작동 작동신호

■시험 상태(시험중 여부)
- 안전주입작동 시험 상태(시험중 여부)
- 격납용기격리작동 시험 상태(시험중 여부)
- 주증기격리작동 시험 상태(시험중 여부)
- 격납용기살수작동 시험 상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-1 시험 상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-1N 시험 상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-2 시험 상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-2N 시험 상태(시험중 여부)
- 주제어실비상환기작동 시험 상태(시험중 여부)
- 핵연료취급지역 비상환기작동 시험 상태(시험중 여부)
- 격납용기퍼지격리작동 시험 상태(시험중 여부)

■그룹제어기 박동신호

그룹제어기는 시험 및 연계 프로세서로 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 안전주입작동 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 격납용기격리작동 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 주증기격리작동 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 격납용기살수작동 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 보조급수작동-1 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 보조급수작동-2 개시신호 상태
- 채널 A, B 주제어실비상환기작동 개시신호 상태
- 채널 A, B 핵연료취급지역 비상환기작동 개시신호 상태
- 채널 A, B 격납용기퍼지격리작동 개시신호 상태

■보팅논리 결과 상태
- 안전주입작동 보팅논리 결과

- 격납용기격리작동 보팅논리 결과
- 주증기격리작동 보팅논리 결과
- 격납용기살수작동 보팅논리 결과
- 보조급수작동-1 보팅논리 결과
- 보조급수작동-2 보팅논리 결과
- 주제어실비상환기작동 보팅논리 결과
- 핵연료취급지역 비상환기작동 보팅논리 결과
- 격납용기퍼지격리작동 보팅논리 결과

■확인논리 결과 상태
- 안전주입작동 확인논리 결과 상태
- 격납용기격리작동 확인논리 결과 상태
- 주증기격리작동 확인논리 결과 상태
- 격납용기살수작동 확인논리 결과 상태
- 보조급수작동-1 확인논리 결과 상태
- 보조급수작동-2 확인논리 결과 상태
- 주제어실비상환기작동 확인논리 결과 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 확인논리 결과 상태
- 격납용기퍼지격리작동 확인논리 결과 상태

■작동신호 상태
- 안전주입작동 작동신호 상태
- 격납용기격리작동 작동신호 상태
- 주증기격리작동 작동신호 상태
- 격납용기살수작동 작동신호 상태
- 보조급수작동-1 작동신호 상태
- 보조급수작동-2 작동신호 상태
- 주제어실비상환기작동 작동신호 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 작동신호 상태
- 격납용기퍼지격리작동 작동신호 상태

■로컬 수동작동 상태
- 안전주입작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 격납용기격리작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 주증기격리작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 격납용기살수작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 보조급수작동-1 수동작동 신호1, 2 상태

- 보조급수작동-2 수동작동 신호1, 2 상태
- 주제어실비상환기작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 격납용기퍼지격리작동 수동작동 신호1, 2 상태

■로컬 수동리셋 상태
- 안전주입작동 수동리셋 신호 상태
- 격납용기격리작동 수동리셋 신호 상태
- 주증기격리작동 수동리셋 신호 상태
- 격납용기살수작동 수동리셋 신호 상태
- 보조급수작동-1 수동리셋 신호 상태
- 보조급수작동-2 수동리셋 신호 상태

■시험 상태(시험중 여부)
- 안전주입작동 시험 상태(시험중 여부)
- 격납용기격리작동 시험 상태(시험중 여부)
- 주증기격리작동 시험 상태(시험중 여부)
- 격납용기살수작동 시험 상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-1 시험 상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-1N 시험 상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-2 시험 상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-2N 시험 상태(시험중 여부)
- 주제어실비상환기작동 시험 상태(시험중 여부)
- 핵연료취급지역 비상환기작동 시험 상태(시험중 여부)
- 격납용기퍼지격리작동 시험 상태(시험중 여부)

■그룹논리 시험종료 상태
- 안전주입작동 시험종료 상태
- 격납용기격리작동 시험종료 상태
- 주증기격리작동 시험종료 상태
- 격납용기살수작동 시험종료 상태
- 보조급수작동-1 시험종료 상태
- 보조급수작동-2 시험종료 상태
- 주제어실비상환기작동 시험종료 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 시험종료 상태
- 격납용기퍼지격리작동 시험종료 상태

■그룹논리 시험결과
- 안전주입작동 시험결과
- 격납용기격리작동 시험결과
- 주증기격리작동 시험결과
- 격납용기살수작동 시험결과
- 보조급수작동-1 시험결과
- 보조급수작동-2 시험결과
- 주제어실비상환기작동 시험결과
- 핵연료취급지역 비상환기작동 시험결과
- 격납용기퍼지격리작동 시험결과

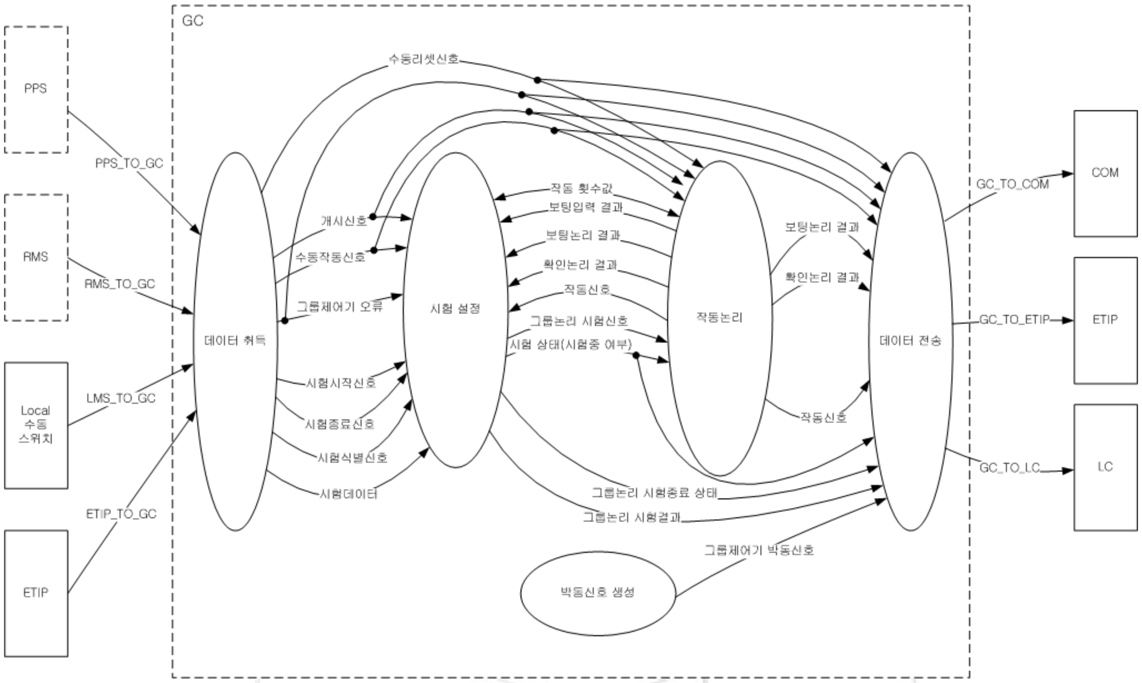
■그룹제어기 오류(대표값)

■그룹제어기 박동신호

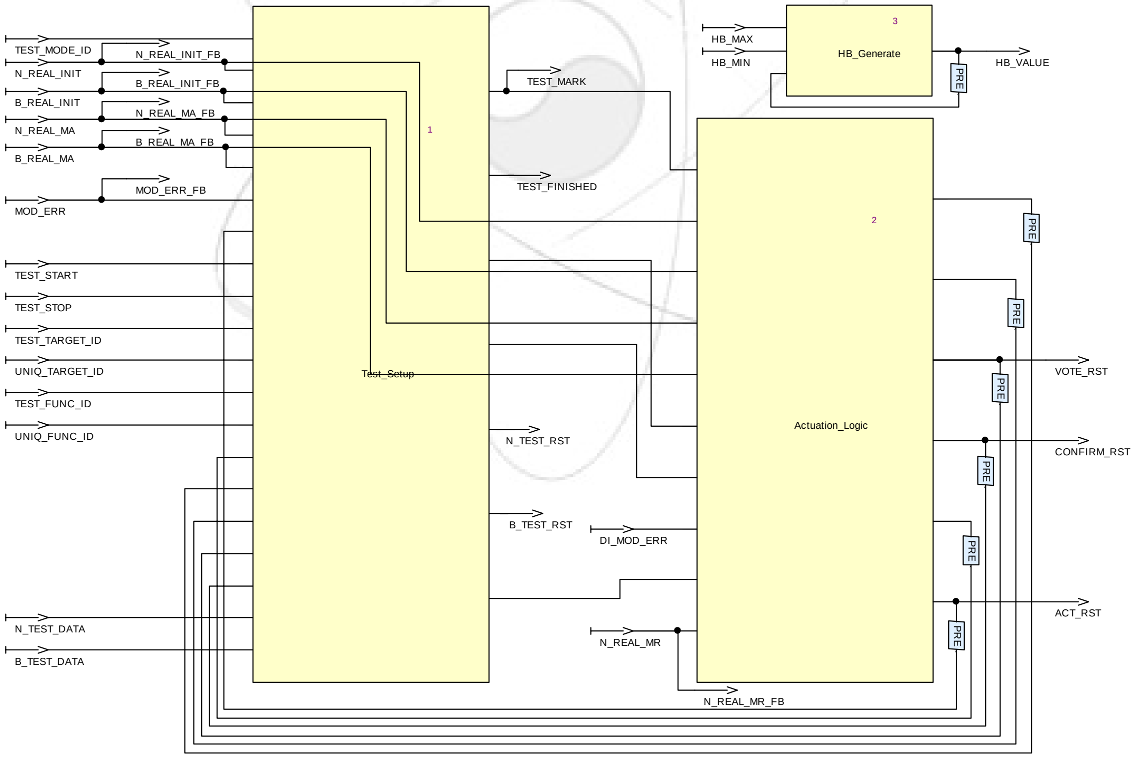
(2) 기능 요구사항

그룹제어기 소프트웨어는 다음과 같은 기능을 수행할 수 있어야 하며, 각 기능을 하는 모듈의 구성 및 연계는 그림 3.2.1과 같다.

■데이터 취득
■데이터 전송
■시험 설정
■작동논리
■박동신호 생성



[그림 3.2.1] 그룹제어기 소프트웨어 구성 및 연계.



[그림 3.2.2] 그룹제어기 소프트웨어 구성 및 연계(정형명세).

(가) 자극/응답 순서(Stimulus/Response Sequence)

■초기화

전원 인가 또는 중앙처리장치(CPU) 리셋 후, 그룹제어기 소프트웨어의 모든 데이터는 초기화되고, 새로 입력되는 신호에 의해 논리가 수행되어야 한다. 즉 전원 인가 또는 중앙처리장치(CPU) 리셋 이전의 값에 의해 공학적안전설비 작동신호를 발생시키지 말아야 한다.

■ 오류 응답

- 입력모듈 오류시 해당 입력모듈에 대한 개시신호는 Trip
- 입력모듈 오류시 해당 입력모듈에 대한 수동작동신호는 Trip
- 모듈(CPU, I/O, Network 등) 오류시 자동시험 해제

(나) 데이터 취득

디지털 입력모듈을 통하여 입력되는 발전소보호계통 및 방사선감시계통의 개시신호, 캐비닛의 수동작동 및 수동리셋신호, 시험 및 연계 프로세서로부터 통신모듈을 통해 입력되는 시험관련 신호에 대한 데이터를 취득하 기능을 수행한다. 데이터 취득은 복잡한 논리를 포함하지 않고, 단지 입력되는 데이터에 대하여 PLC 메모리에 Mapping 시켜주는 기능만을 수행한다.

(다) 데이터 전송

그룹제어기의 통신모듈을 통해 루프제어기, 시험 및 연계 프로세서, 캐비닛운전원모듈에 필요한 정보를 전송하는 기능을 수행한다. 데이터 전송은 복잡한 논리를 포함하지 않고, 단지 출력되는 데이터에 대하여 PLC 메모리에 Mapping 시켜주는 기능만을 수행한다.

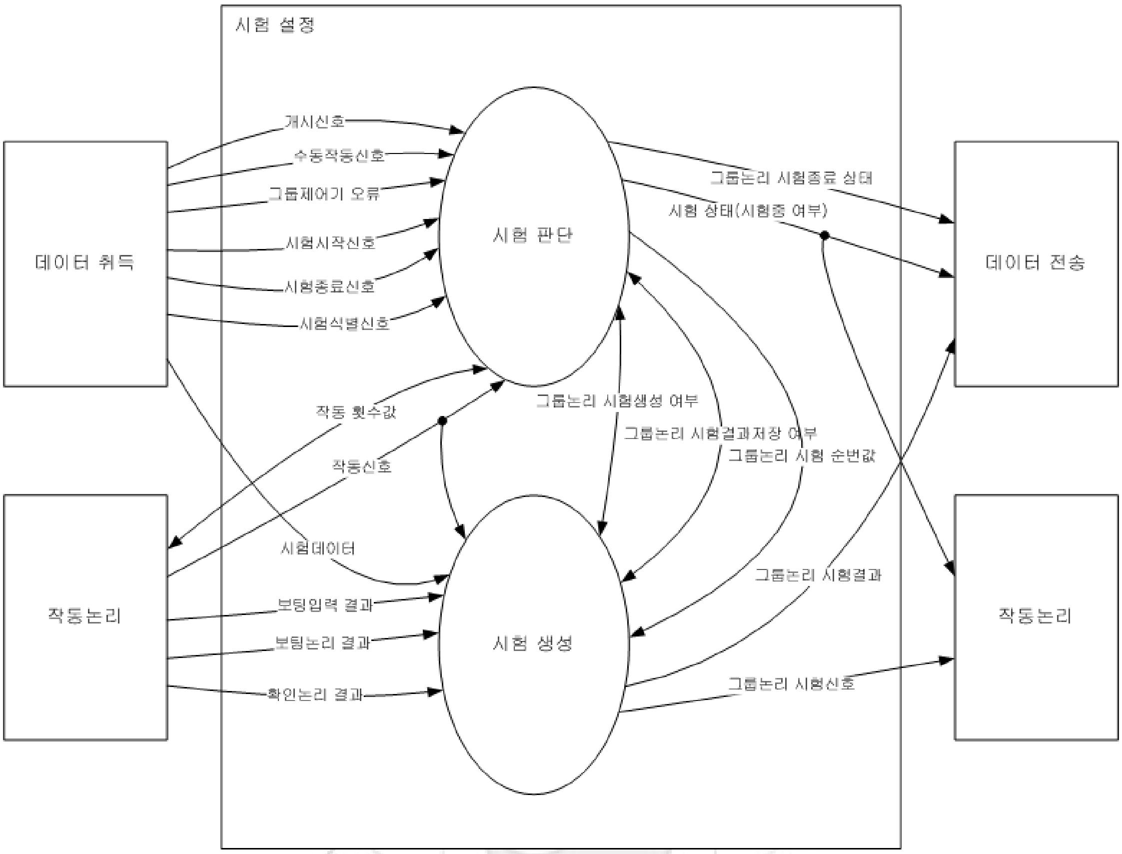
(라) 시험 설정

시험 설정 기능은 시험 및 연계 프로세서의 시험시작신호, 시험식별신호(대상, 기능, 종류), 시험데이터에 따라 시험을 설정하는 기능을 수행한다. 단, 개시신호, 수동작동신호, 작동신호, 시험 종료신호, 제어기 오류의 상태에 따라 시험을 해제한다.

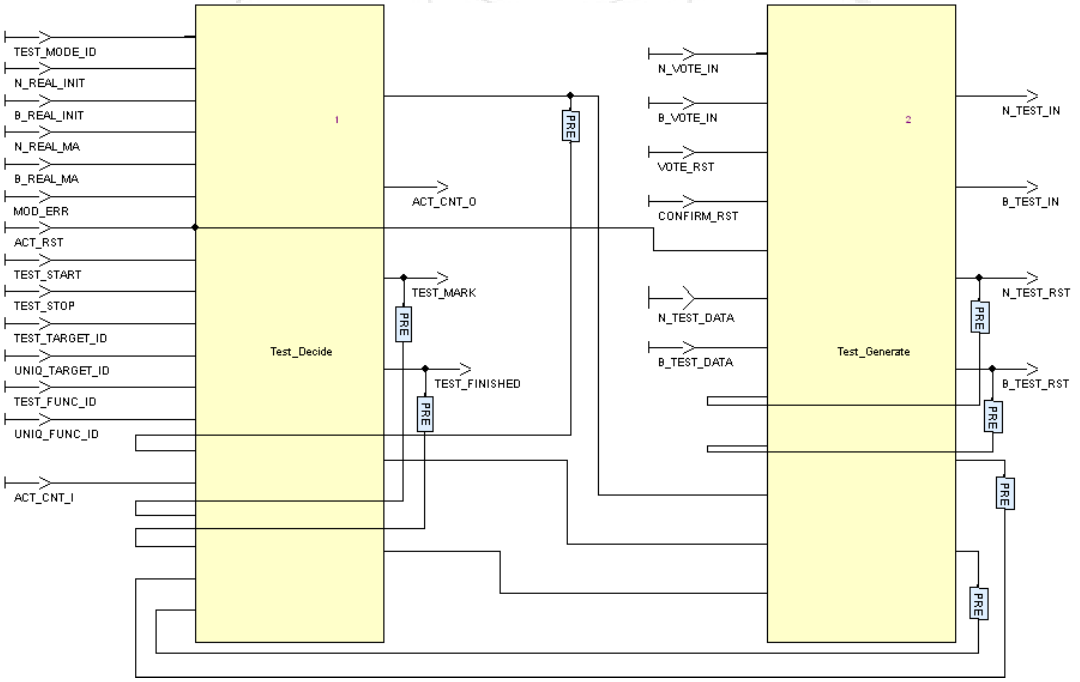
시험 설정은 다음과 같은 모듈로 구성된다.

■시험 판단
■시험 생성

① 모듈 구성



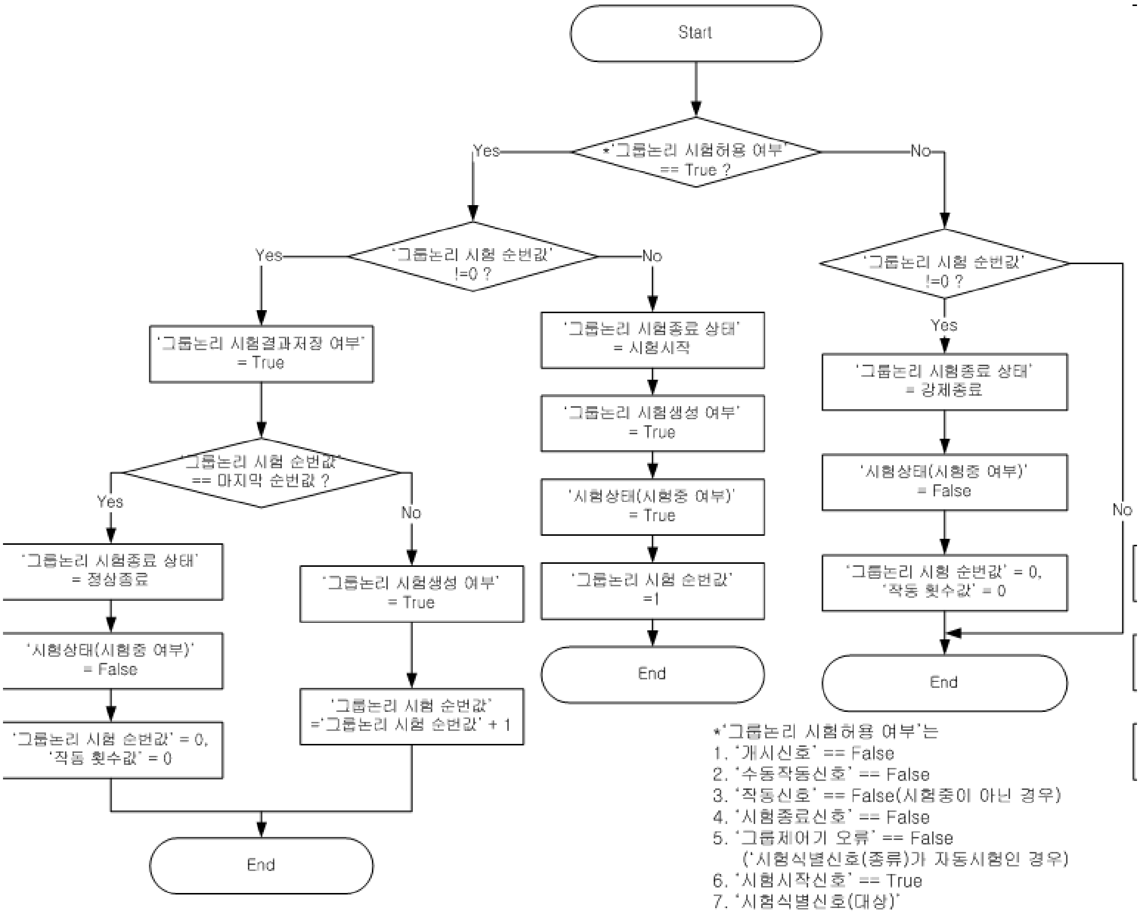
[그림 3.2.3] 시험 설정 모듈 구성 및 연계.



[그림 3.2.4] 시험 설정 모듈 구성 및 연계(정형 명세).

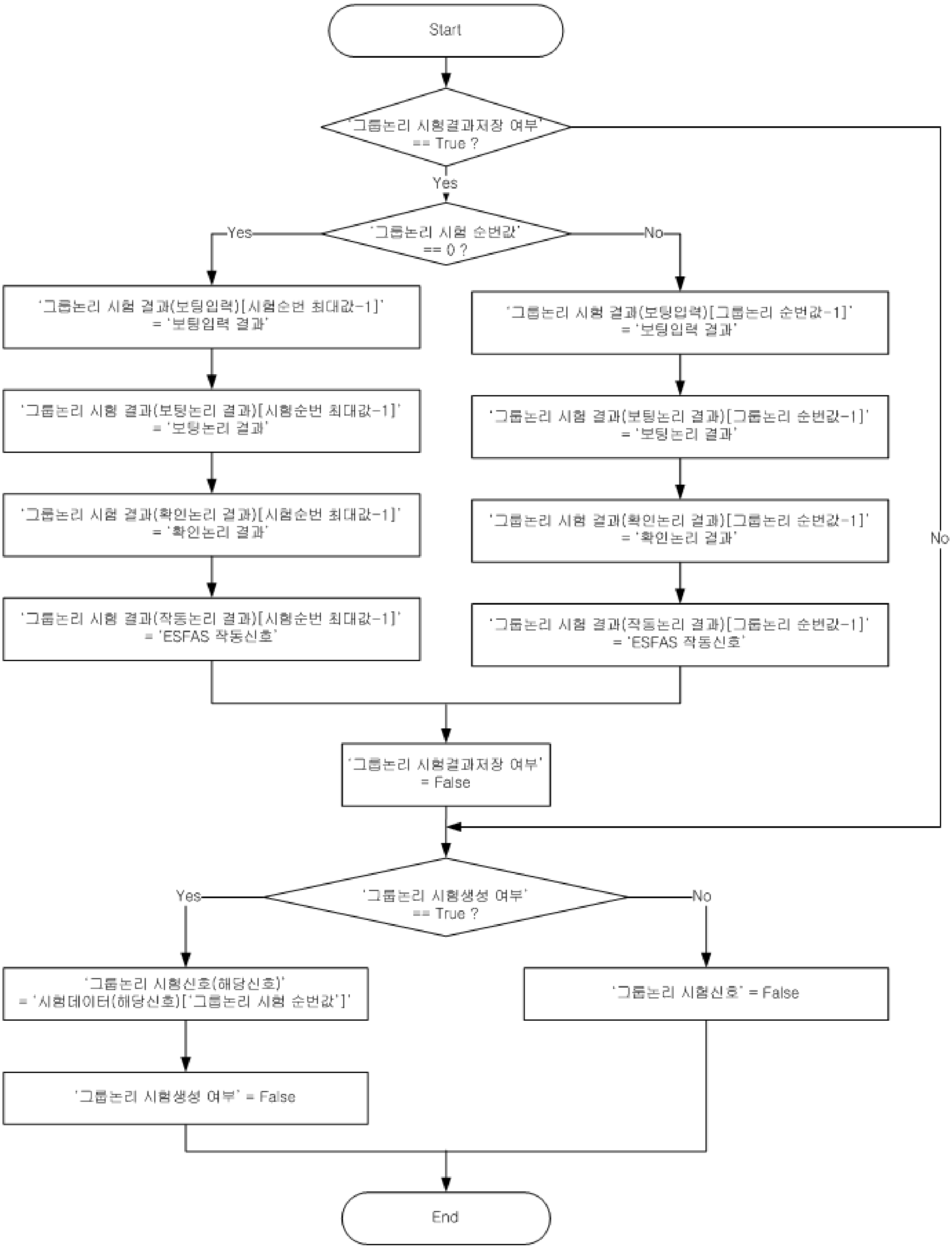
② 모듈 논리

■시험 판단



*'그룹논리 시험허용 여부'는
1. '개시신호' == False
2. '수동작동신호' == False
3. '작동신호' == False(시험중이 아닌 경우)
4. '시험종료신호' == False
5. '그룹제어기 오류' == False
    ('시험식별신호(종류)가 자동시험인 경우)
6. '시험시작신호' == True
7. '시험식별신호(대상)'
    == 시험대상 고유 식별신호
8. '시험식별신호(기능)'
    == 시험기능 고유 식별신호
의 모든 조건이 만족하였을 경우 True이다.

■시험 생성



Start
'그룹논리 시험결과저장 여부' == True ?
Yes
No
'그룹논리 시험 순번값' == 0 ?
Yes
No
'그룹논리 시험 결과(보팅입력)[시험순번 최대값-1]' = '보팅입력 결과'
'그룹논리 시험 결과(보팅논리 결과)[시험순번 최대값-1]' = '보팅논리 결과'
'그룹논리 시험 결과(확인논리 결과)[시험순번 최대값-1]' = '확인논리 결과'
'그룹논리 시험 결과(작동논리 결과)[시험순번 최대값-1]' = 'ESFAS 작동신호'
'그룹논리 시험 결과(보팅입력)[그룹논리 순번값-1]' = '보팅입력 결과'
'그룹논리 시험 결과(보팅논리 결과)[그룹논리 순번값-1]' = '보팅논리 결과'
'그룹논리 시험 결과(확인논리 결과)[그룹논리 순번값-1]' = '확인논리 결과'
'그룹논리 시험 결과(작동논리 결과)[그룹논리 순번값-1]' = 'ESFAS 작동신호'
'그룹논리 시험결과저장 여부' = False
'그룹논리 시험생성 여부' == True ?
Yes
No
'그룹논리 시험신호(해당신호)' = '시험데이터(해당신호)['그룹논리 시험 순번값']'
'그룹논리 시험신호' = False
'그룹논리 시험생성 여부' = False
End

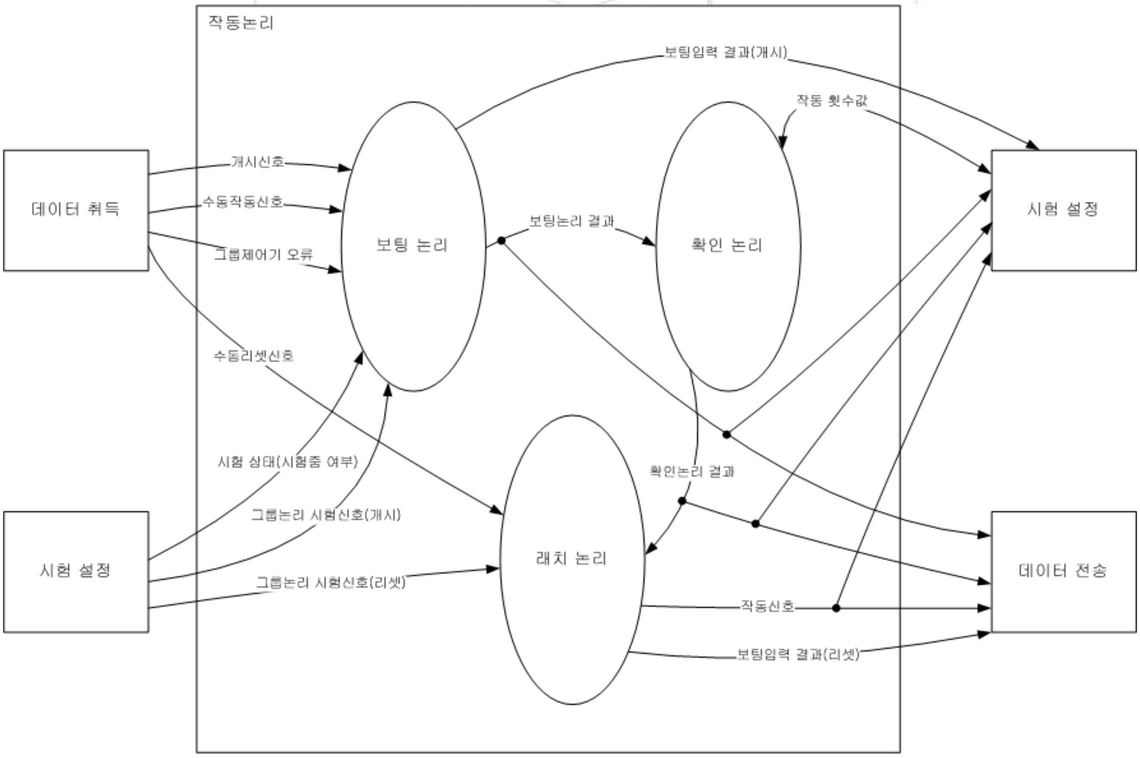
(마) 작동논리

선택된 입력신호에 따라 Full 2/4논리(1/2), 결정논리, 래치논리(필요시), 수동작동 논리를 수행하여 해당 공학적안전설비 작동신호에 대한 상태를 결정하는 기능을 수행한다.

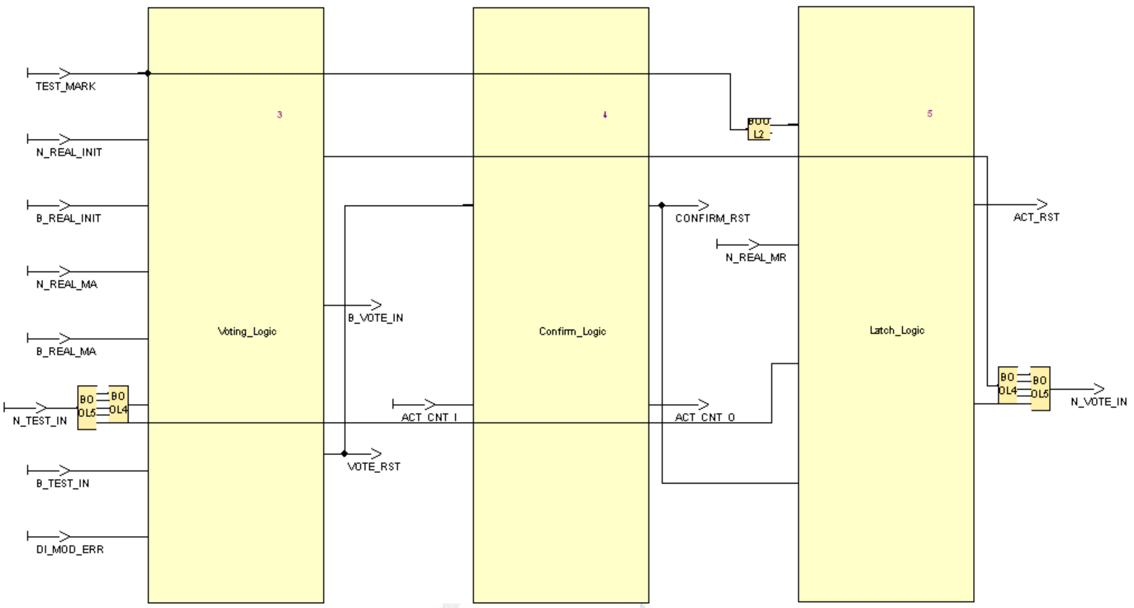
작동논리는 다음과 같은 모듈로 구성된다.

■보팅 논리
■확인 논리
■래치 논리

① 모듈 구성



[그림 3.2.5] 작동논리 모듈 구성 및 연계.



[그림 3.2.6] 작동논리 모듈 구성 및 연계(정형 명세).

② 모듈 논리

■보팅 논리

NSSS 작동 기능 보팅 논리 모듈은 보팅 입력 신호 중 2개 이상의 입력신호가 Trip 이거나 두개의 수동작동신호가 모두 Trip이면 보팅논리 결과를 True로 설정하는 기능을 수행한다. 해당 모듈은 NSSS 공학적안전설비 작동 기능별로 각각 수행된다. BOP 작동 기능 보팅 논리 모듈은 보팅 입력 신호 중 1개 이상의 입력신호가 Trip 이거나 두개의 수동작동신호가 모두 Trip이면 보팅논리 결과를 True로 설정하는 기능을 수행한다. 해당 모듈은 BOP 공학적안전설비 작동 기능별로 각각 수행된다.

■확인 논리

확인 논리 모듈은 보팅논리 결과가 연속해서 2번 True인 경우 확인논리 결과를 True로 설정하는 기능을 수행한다. 해당 모듈은 공학적안전설비 작동 기능별로 각각 수행된다.

■래치 논리

래치 논리 모듈은 확인 논리의 결과를 Set 입력으로, 보팅 입력의 리셋신호를 Reset 입력으로 하는 래치 논리 기능을 수행한다. BOP 기능의 경우 확인논리 결과를 작동신호로 설정한다. 이때 래치 논리는 Set 우선 래치 논리이다. 해당 모듈은 공학적안전설비 작동 기능별로 각각 수행된다.

(바) 박동신호 생성

그룹제어기의 건전성을 확인하기 위해 매 스캔마다 박동 계수값을 변화시키는 기능을 수행한다.

① 모듈 구성

박동신호 생성 모듈에 대한 서브 모듈은 없으며, 모듈 구성은 그림 3.1를 참조한다.

② 모듈 논리

박동신호 생성 모듈은 매 주기마다 '박동신호 값'을 매 주기마다 1씩 증가시킨다. 만약 박동신호 값이 해당 제어기 박동신호 최대값이 되었을 경우에는 '박동신호 값'을 제어기 박동신호 최소값으로 설정한다.

나. 시험 및 연계 프로세서

(1) 연계 요구사항

(가) 하드웨어 입력

시험 및 연계 프로세서는 캐비닛으로부터 디지털 입력모듈을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■캐비닛 상태정보
- 캐비닛 전원상태
- 캐비닛 내부온도
- 캐비닛 도어 개방상태
- 캐비닛 팬상태

(나) 통신 입력

시험 및 연계 프로세서는 모든 그룹제어기로부터 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■개시신호 상태

- 채널 A, B, C, D 안전주입작동 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 격납용기격리작동 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 주증기격리작동 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 격납용기살수작동 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 보조급수작동-1 개시신호 상태
- 채널 A, B, C, D 보조급수작동-2 개시신호 상태
- 채널 A, B 주제어실비상환기작동 개시신호 상태
- 채널 A, B 핵연료취급지역 비상환기작동 개시신호 상태
- 채널 A, B 격납용기퍼지격리작동 개시신호 상태

■보팅논리 결과 상태
- 안전주입작동 보팅논리 결과 상태
- 격납용기격리작동 보팅논리 결과 상태
- 주증기격리작동 보팅논리 결과 상태
- 격납용기살수작동 보팅논리 결과 상태
- 보조급수작동-1 보팅논리 결과 상태
- 보조급수작동-2 보팅논리 결과 상태
- 주제어실비상환기작동 보팅논리 결과 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 보팅논리 결과 상태
- 격납용기퍼지격리작동 보팅논리 결과 상태

■확인논리 결과 상태
- 안전주입작동 확인논리 결과 상태
- 격납용기격리작동 확인논리 결과 상태
- 주증기격리작동 확인논리 결과 상태
- 격납용기살수작동 확인논리 결과 상태
- 보조급수작동-1 확인논리 결과 상태
- 보조급수작동-2 확인논리 결과 상태
- 주제어실비상환기작동 확인논리 결과 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 확인논리 결과 상태
- 격납용기퍼지격리작동 확인논리 결과 상태

■작동신호 상태
- 안전주입작동 작동신호 상태
- 격납용기격리작동 작동신호 상태
- 주증기격리작동 작동신호 상태
- 격납용기살수작동 작동신호 상태

- 보조급수작동-1 작동신호 상태
- 보조급수작동-2 작동신호 상태
- 주제어실비상환기작동 작동신호 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 작동신호 상태
- 격납용기퍼지격리작동 작동신호 상태

■로컬 수동작동 상태
- 안전주입작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 격납용기격리작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 주증기격리작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 격납용기살수작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 보조급수작동-1 수동작동 신호1, 2 상태
- 보조급수작동-2 수동작동 신호1, 2 상태
- 주제어실비상환기작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 수동작동 신호1, 2 상태
- 격납용기퍼지격리작동 수동작동 신호1, 2 상태

■로컬 수동리셋 상태
- 안전주입작동 수동리셋 신호 상태
- 격납용기격리작동 수동리셋 신호 상태
- 주증기격리작동 수동리셋 신호 상태
- 격납용기살수작동 수동리셋 신호 상태
- 보조급수작동-1 수동리셋 신호 상태
- 보조급수작동-2 수동리셋 신호 상태

■시험상태(시험중 여부)
- 안전주입작동 시험상태(시험중 여부)
- 격납용기격리작동 시험상태(시험중 여부)
- 주증기격리작동 시험상태(시험중 여부)
- 격납용기살수작동 시험상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-1 시험상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-1N 시험상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-2 시험상태(시험중 여부)
- 보조급수작동-2N 시험상태(시험중 여부)
- 주제어실비상환기작동 시험상태(시험중 여부)
- 핵연료취급지역 비상환기작동 시험상태(시험중 여부)
- 격납용기퍼지격리작동 시험상태(시험중 여부)

■그룹논리 시험종료 상태

- 안전주입작동 시험종료 상태
- 격납용기격리작동 시험종료 상태
- 주증기격리작동 시험종료 상태
- 격납용기살수작동 시험종료 상태
- 보조급수작동-1 시험종료 상태
- 보조급수작동-2 시험종료 상태
- 주제어실비상환기작동 시험종료 상태
- 핵연료취급지역 비상환기작동 시험종료 상태
- 격납용기퍼지격리작동 시험종료 상태

■그룹논리 시험결과
- 안전주입작동 시험결과
- 격납용기격리작동 시험결과
- 주증기격리작동 시험결과
- 격납용기살수작동 시험결과
- 보조급수작동-1 시험결과
- 보조급수작동-2 시험결과
- 주제어실비상환기작동 시험결과
- 핵연료취급지역 비상환기작동 시험결과
- 격납용기퍼지격리작동 시험결과

■그룹제어기 오류

■그룹제어기 박동신호

시험 및 연계 프로세서는 모든 루프제어기로부터 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■루프입력 작동신호 상태
- GC1 작동신호 상태
- GC2 작동신호 상태
- GC3 작동신호 상태

■개별기기 제어신호 상태

■최소재고량 개별기기 제어신호 상태
■개별기기 오류(고장/작동불능) 상태

■개별기기 오류(고장/작동불능) 인지 상태

■루프논리 시험종료 상태

■루프논리 시험결과

■루프제어기 박동신호

■루프제어기 오류

■캐비닛 상태정보
- 캐비닛 전원상태
- 캐비닛 내부온도
- 캐비닛 도어 개방상태
- 캐비닛 팬상태

시험 및 연계 프로세서는 캐비닛운전원모듈로부터 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■자동주기시험 모드 전환 신호

■운전원시험 준비신호

■운전원시험 시작신호

■운전원시험 식별신호
- 시험대상
- 시험기능
- 시험그룹
- 시험기기
- 시험종류

시험 및 연계 프로세서는 제어채널 게이트웨이로부터 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■제어채널 게이트웨이 오류

■제어채널 게이트웨이 박동신호

시험 및 연계 프로세서는 타 디비젼 시험 및 연계 프로세서로부터 EIDN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.(디비젼 A 기준)

■시험 연동신호
- 디비젼 B 시험 연동신호
- 디비젼 C 시험 연동신호
- 디비젼 D 시험 연동신호

■시험 및 연계 프로세서 박동신호
- 디비젼 B 시험 및 연계 프로세서 박동신호
- 디비젼 C 시험 및 연계 프로세서 박동신호
- 디비젼 D 시험 및 연계 프로세서 박동신호

(다) 통신 출력

시험 및 연계 프로세서는 그룹제어기로 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■시험 시작신호

■시험 종료신호

■시험 식별신호
- 시험 대상
- 시험 기능
- 시험 종류

■시험데이터
- NSSS 시험데이터
- BOP 시험데이터

시험 및 연계 프로세서는 루프제어기로 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■시험 시작신호

■시험 종료신호

■시험 식별신호
- 시험 그룹
- 시험 기기
- 시험 종류

■시험데이터
- ESF-1 시험데이터
- ESF-2 시험데이터

시험 및 연계 프로세서는 캐비닛운전원모듈로 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■운전원시험 허용 여부

■운전원시험 준비신호 확인 상태

■자동시험 상태

■개시신호 상태(GC1, 2, 3으로부터 입력받는 신호와 동일)

■보팅논리 결과 상태(GC1, 2, 3으로부터 입력받는 신호와 동일)

■확인논리 결과 상태(GC1, 2, 3으로부터 입력받는 신호와 동일)

■작동신호 상태(GC1, 2, 3으로부터 입력받는 신호와 동일)

■로컬 수동작동 상태(GC1, 2, 3으로부터 입력받는 신호와 동일)

■로컬 수동리셋 상태(GC1, 2, 3으로부터 입력받는 신호와 동일)

■그룹논리 시험종료 상태(GC1, 2, 3으로부터 입력받는 신호와 동일)

■그룹논리 시험결과(GC1, 2, 3으로부터 입력받는 신호와 동일)

■그룹논리 시험 오류

■루프입력 작동신호 상태(LC로부터 입력받는 신호와 동일)

■루프논리 시험종료 상태(LC로부터 입력받는 신호와 동일)

■루프논리 시험결과(LC로부터 입력받는 신호와 동일)

■루프논리 시험 오류

■온라인 상태진단 오류

■제어기 박동신호

■제어기 박동신호 오류

■캐비닛 상태정보

시험 및 연계 프로세서는 타 디비젼 시험 및 연계 프로세서로 EIDN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■시험 연동신호
- 시험허용 여부
- 시험중 여부
- 시험준비신호
- 시험준비 확인신호

■시험 및 연계 프로세서 박동신호

시험 및 연계 프로세서는 발전소보호계통으로 EPDL을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■NSSS 개시신호 상태

■NSSS 작동 상태

■NSSS 로컬 수동작동 상태

■NSSS 로컬 수동리셋 상태

■NSSS 시험 상태(시험중 여부)

■시험 및 연계 프로세서 박동신호

시험 및 연계 프로세서는 방사선감시계통으로 ERDL을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■BOP 개시신호 상태

■BOP 작동 상태

■BOP 로컬 수동작동 상태

■BOP 시험 상태(시험중 여부)

■시험 및 연계 프로세서 박동신호

시험 및 연계 프로세서는 경보 및 지시계통으로 QIAN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■개시신호 상태

■작동 상태

■로컬 수동작동 상태

■로컬 수동리셋 상태

■개별기기 오류(고장/작동불능) 상태

■개별기기 오류(고장/작동불능) 인지 상태

■제어기 오류

■제어기 박동신호 오류

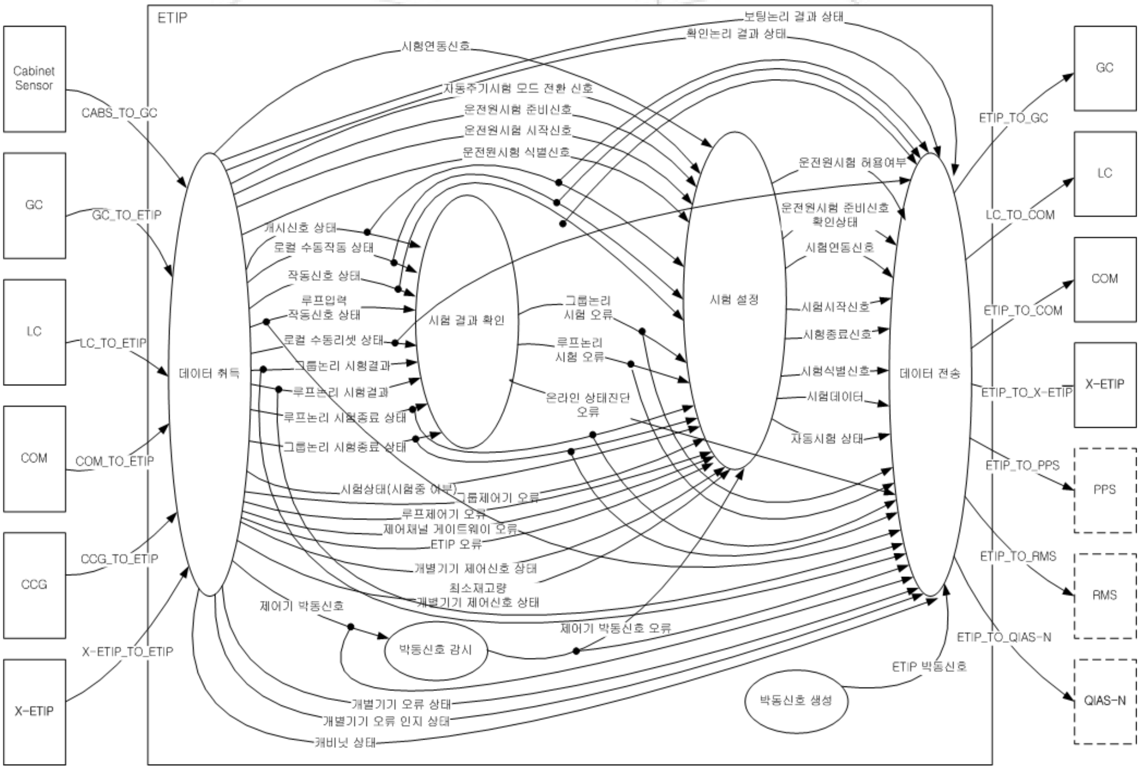
■시험 오류

■시험 및 연계 프로세서 박동신호

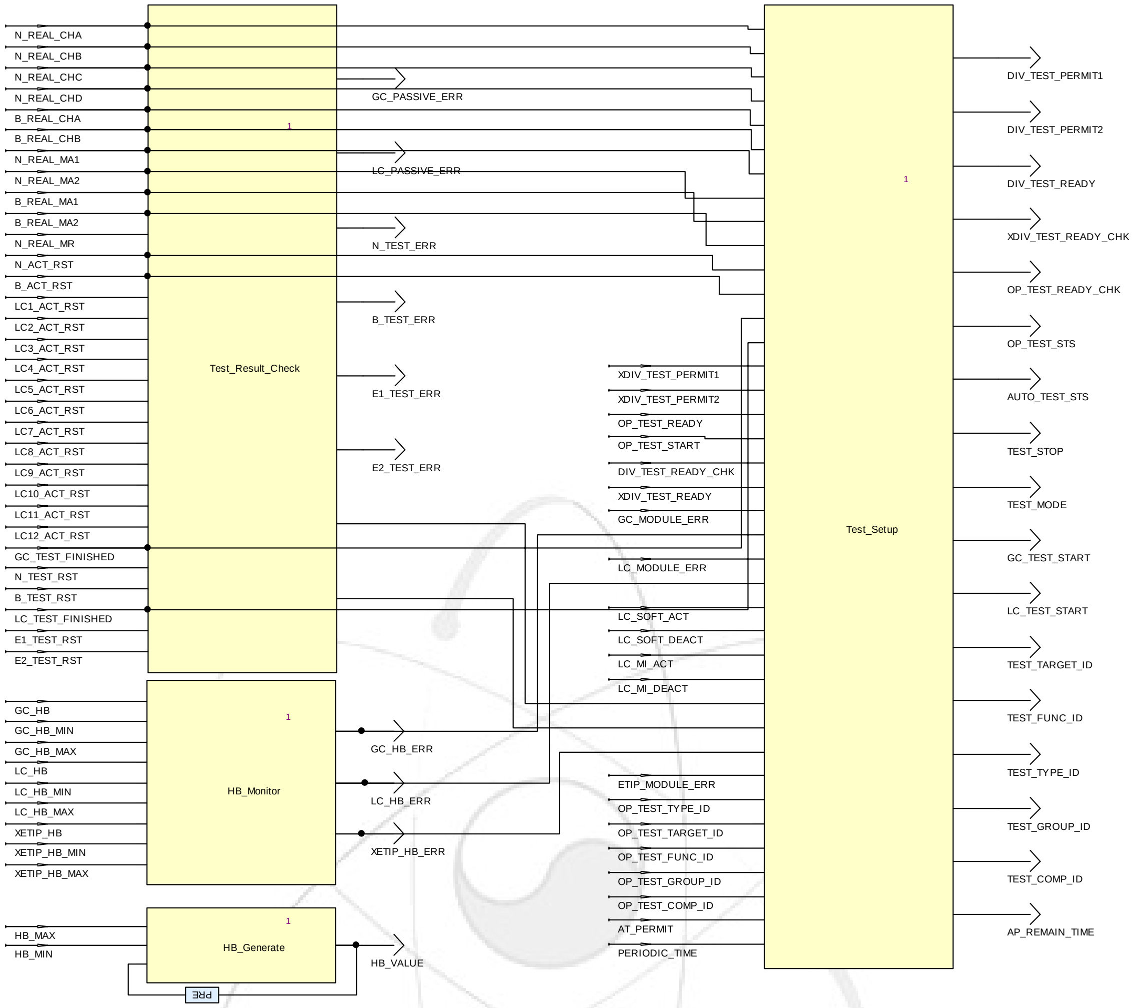
(2) 기능 요구사항

시험 및 연계 프로세서 소프트웨어는 다음과 같은 기능을 수행할 수 있어야 하며, 각 기능을 하는 모듈의 구성 및 연계 그림 3.2.7과 같다.

■데이터 취득
■데이터 전송
■시험 결과 확인
■박동신호 감시
■시험 설정
■박동신호 생성



[그림 3.2.7] 시험 및 연계 프로세서 소프트웨어 구성 및 연계.



[그림 3.2.8] 시험 및 연계 프로세서 소프트웨어 구성 및 연계(정형 명세).

(가) 자극/응답 순서(Stimulus/Response Sequence)

■초기화

전원 인가 또는 중앙처리장치(CPU) 리셋 후, 시험 및 연계 프로세서 소프트웨어의 모든 데이터는 초기화되고, 새로 입력되는 신호에 의해 논리가 수행되어야 한다. 이때, 시험 가능 확인을 위한 데이터는 시험이 불가능한 상태로 초기화되고, 새로 입력되는 신호에 의해 시험 가능 상태가 설정될 수 있도록 하여야 한다.

■오류 응답

- 모듈(CPU, I/O, Network 등) 오류시 자동시험 불가

(나) 데이터 취득

디지털 입력모듈을 통하여 입력되는 캐비닛 상태신호, 그룹제어기, 루프제어기,

캐비닛운전원모듈, 제어채널 게이트웨이 및 타 디비전의 시험 및 연계 프로세서로부터 통신모듈을 통해 입력되는 운전원 시험정보, 시험 결과, 기기상태 정보, 시험 연동신호 등과 같은 데이터를 취득하는 기능을 수행한다. 데이터 취득은 복잡한 논리를 포함하지 않고, 단지 입력되는 데이터에 대하여 PLC 메모리에 Mapping 시켜주는 기능만을 수행한다.

(다) 데이터 전송

시험 및 연계 프로세서의 통신모듈을 통해 발전소보호계통, 방사선감시계통, 경보 및 지시계통, 타 디비전의 시험 및 연계 프로세서, 그룹제어기, 루프제어기, 캐비닛운전원모듈에 필요한 정보를 전송하는 기능을 수행한다. 데이터 전송은 복잡한 논리를 포함하지 않고, 단지 출력되는 데이터에 대하여 PLC 메모리에 Mapping 시켜주는 기능만을 수행한다.

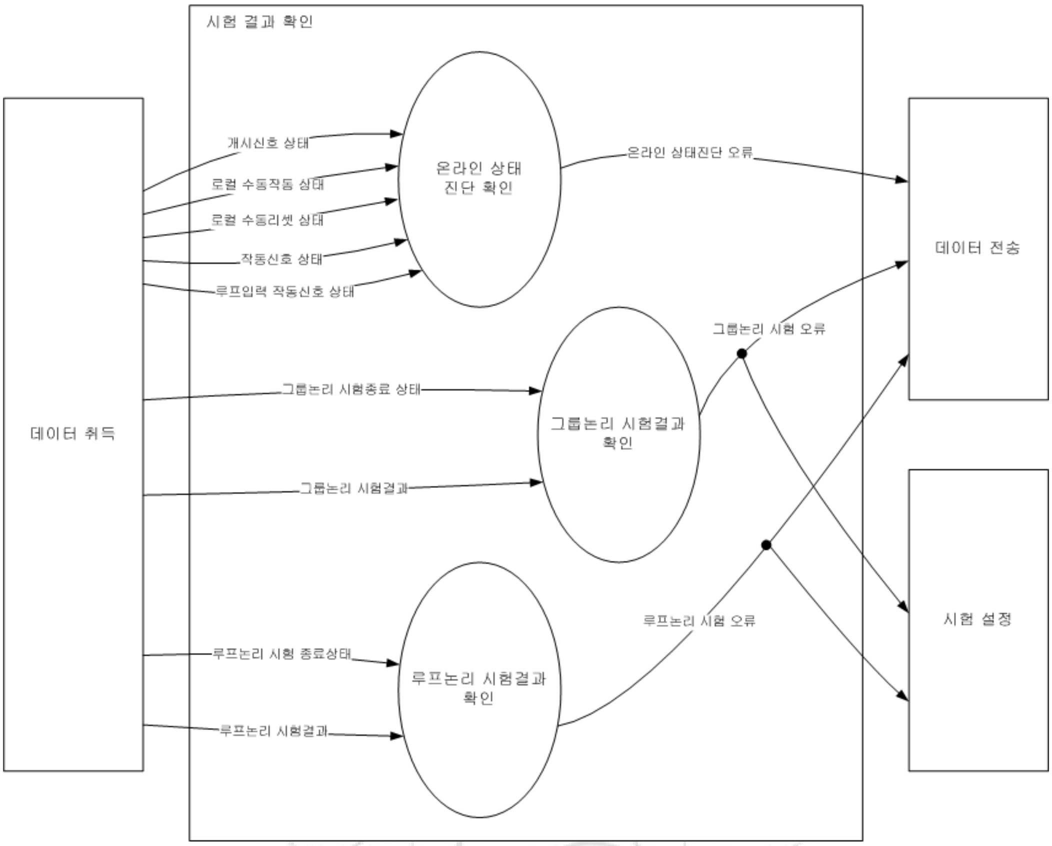
(라) 시험 결과 확인

EDSN을 통해 입력된 개시신호, 수동작동신호, 작동신호, 루프입력 작동신호 상태에 대하여 각 그룹제어기내, 그룹제어기간, 루프제어기내, 루프제어간의 일치성을 확인하고 오류 여부를 판단한다. 또한, 시험 및 연계 프로세서에 의해 수행된 시험에 대한 결과값을 예상값과 비교하여, 오류 여부를 판단하는 기능을 수행한다.

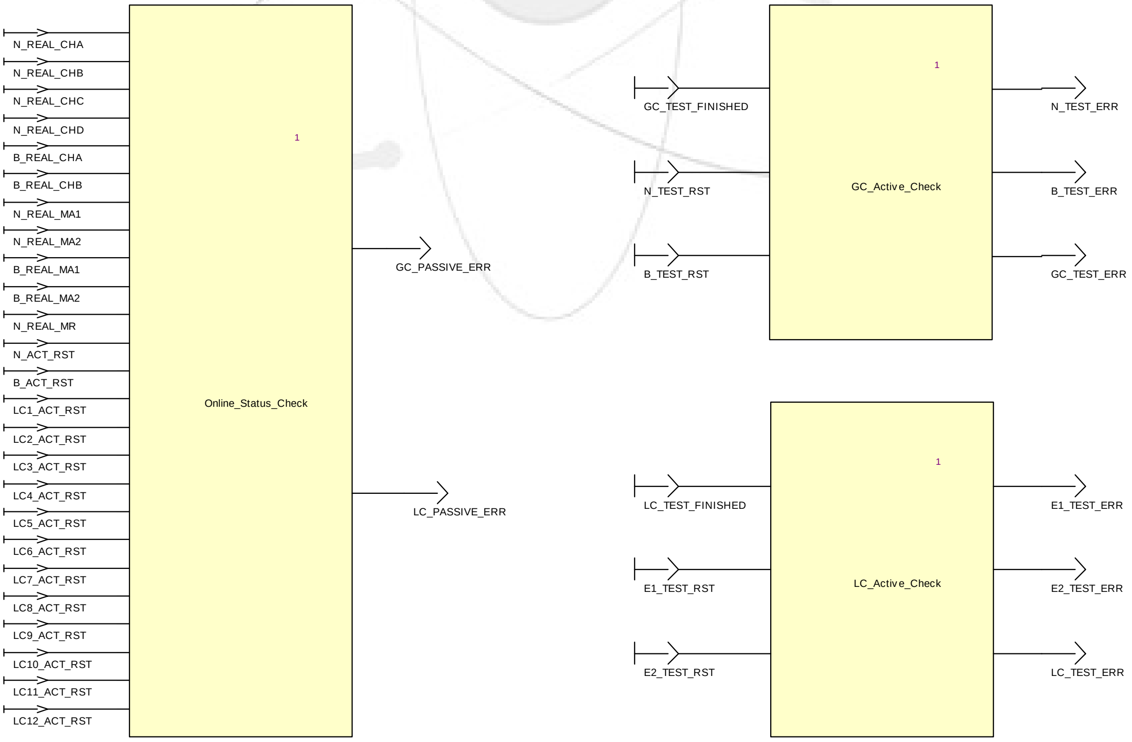
시험 결과 확인은 다음과 같은 모듈로 구성된다.

■온라인 상태진단 확인
■그룹논리 능동시험 결과 확인
■루프논리 능동시험 결과 확인

① 모듈 구성



[그림 3.2.9] 시험 결과 확인 모듈 구성 및 연계.



[그림 3.2.10] 시험 결과 확인 모듈 구성 및 연계(정형 명세).

② 모듈 논리

■온라인 상태진단 확인

온라인 상태진단 확인 모듈은 다음과 같은 항목에 대하여 일치 여부를 판단하고 상태 정보간에 불일치가 발생하면, '온라인 상태진단 오류'의 해당 순번에 True를 설정한다.

■그룹논리 능동시험 결과 확인

그룹논리 시험결과 확인 모듈은 '그룹논리 시험 종료상태'가 정상종료일 경우 '그룹논리 시험결과'와 '그룹논리 시험결과 예상값'과 비교하고 결과와 예상이 불일치하면 '그룹논리 시험 오류'의 해당 순번에 True를 설정한다.

■루프논리 능동시험 결과 확인

루프논리 시험결과 확인 모듈은 '루프논리 시험 종료상태'가 정상종료일 경우 '루프논리 시험결과'와 '루프논리 시험결과 예상값'과 비교하고 결과와 예상이 불일치하면 '루프논리 시험 오류'의 해당 순번에 True를 설정한다.

(마) 박동신호 감시

EDSN을 통해 입력된 각 그룹제어기, 루프제어기의 박동신호 값에 대한 건전성을 확인하고 오류 여부를 판단하는 기능을 수행한다.

① 모듈 구성

박동신호 감시 모듈에 대한 서브 모듈은 없으며, 모듈 구성은 그림 3.2.7를 참조한다.

② 모듈 논리

박동신호 감시 모듈은 그룹제어기, 루프제어기, 타 디비젼 시험 및 연계프로세서의 박동신호 값을 매 주기마다 입력받고, 입력받은 박동신호의 값이 제어기별 고유범위 내에서 정상적으로 변화되는지 확인하고, 연속해서 3회 이상 오류로 판정되었을 경우 해당 '박동신호 오류'에 True를 설정한다.

(바) 시험 설정

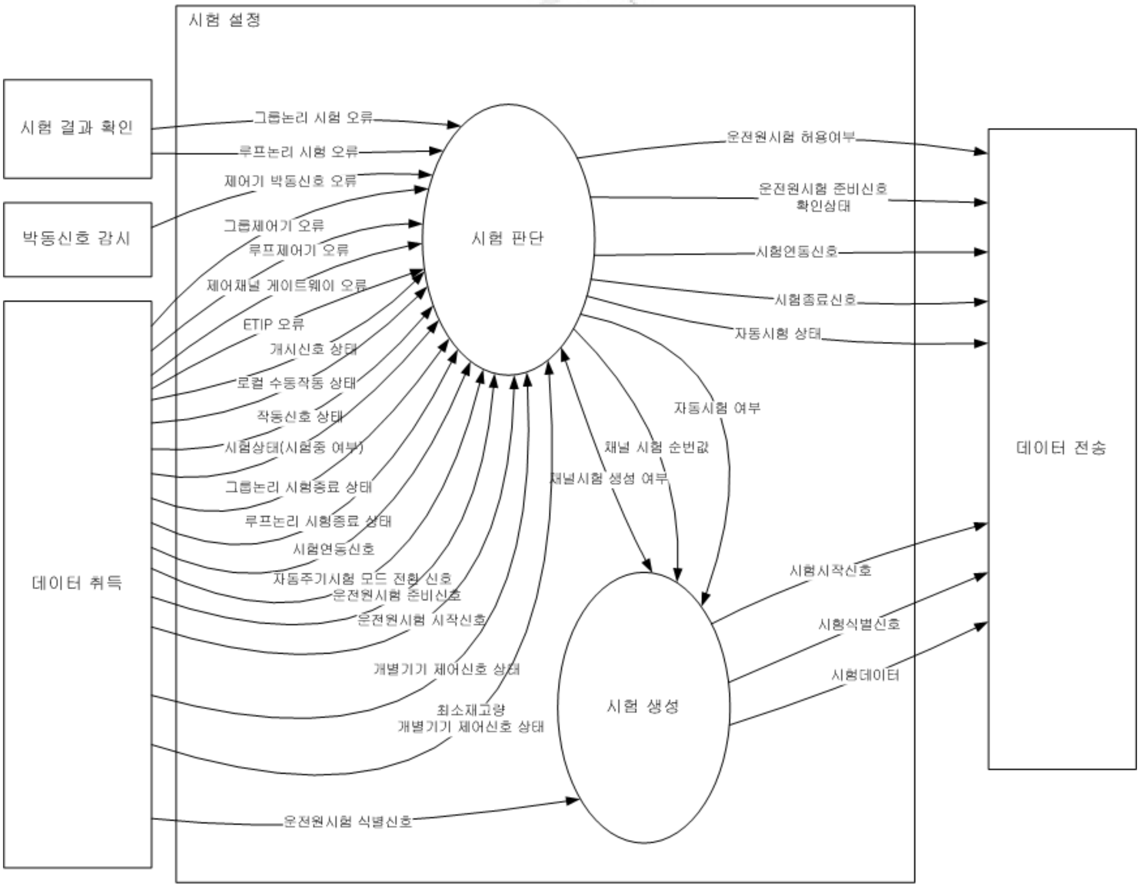
시험 설정 기능은 타 디비젼의 건전성과 자기 디비젼의 건전성을 확인하고, 건전성이 확보되었을 때 운전원시험 및 자동주기시험을 설정하는 기능을 수행한다.

① 모듈 구성

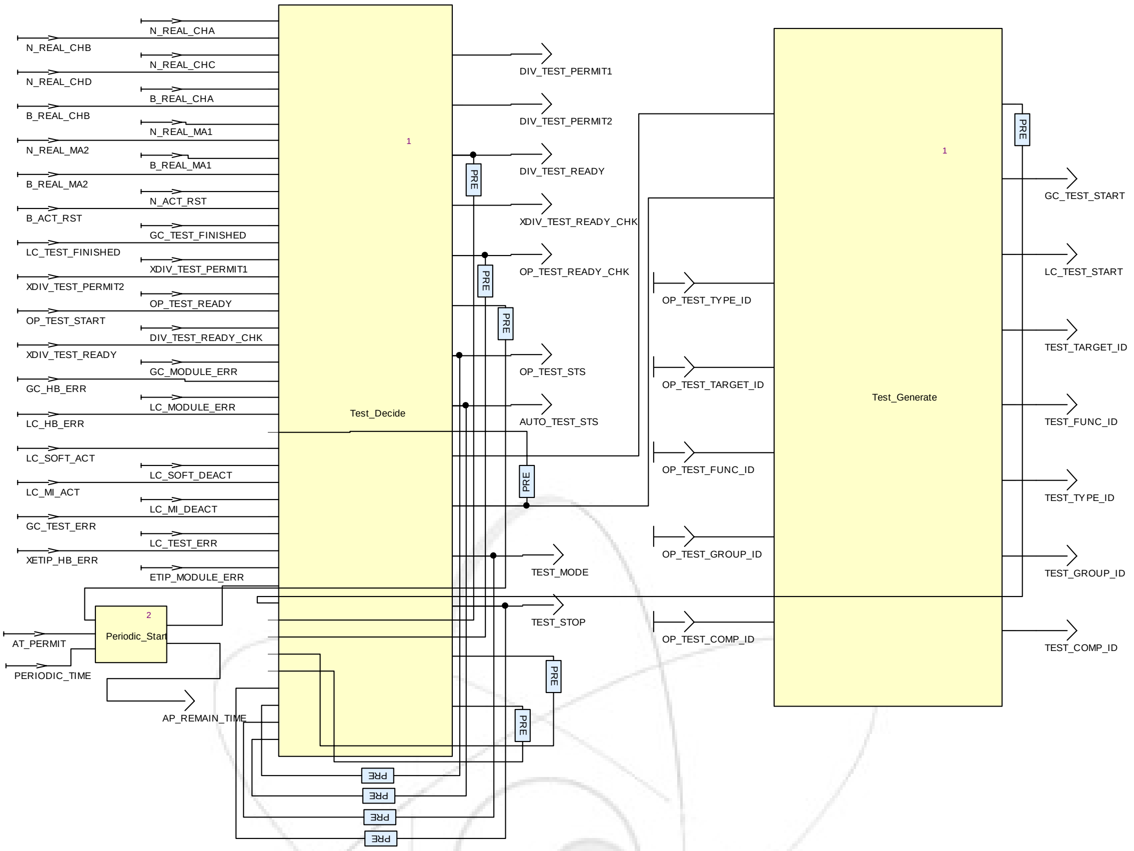
시험 설정 기능은 시험결과, 그룹제어기 상태, 루프제어기 상태, 타 디비젼 시험 및 연계 프로세서의 상태, 운전원 시험 관련 데이터 및 자동주기에 따라 시험을 설정하는 기능을 수행한다.

시험 설정은 다음과 같은 모듈로 구성된다.

■시험 판단
■시험 생성



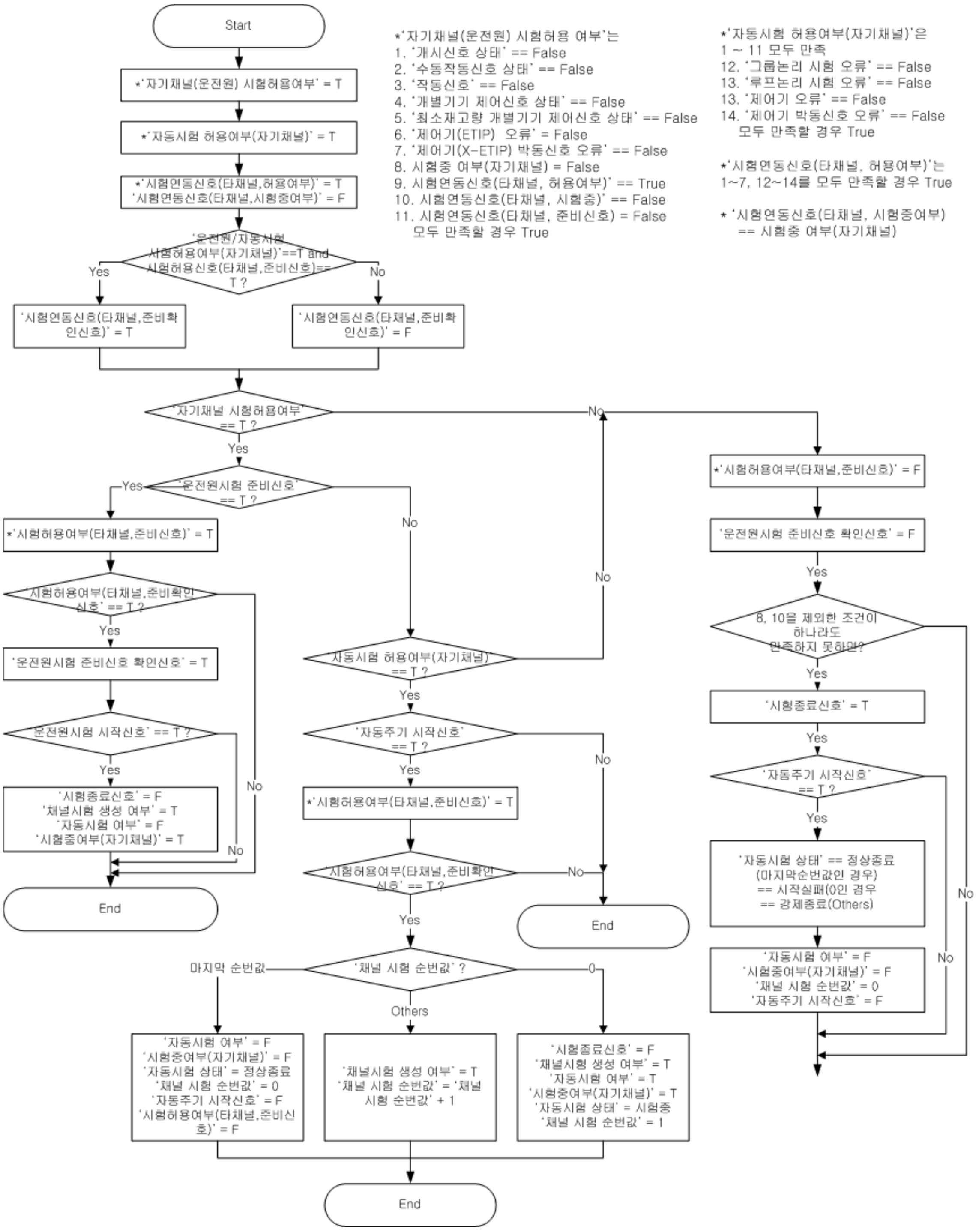
[그림 3.2.11] ETIP 시험 설정 모듈 구성 및 연계.



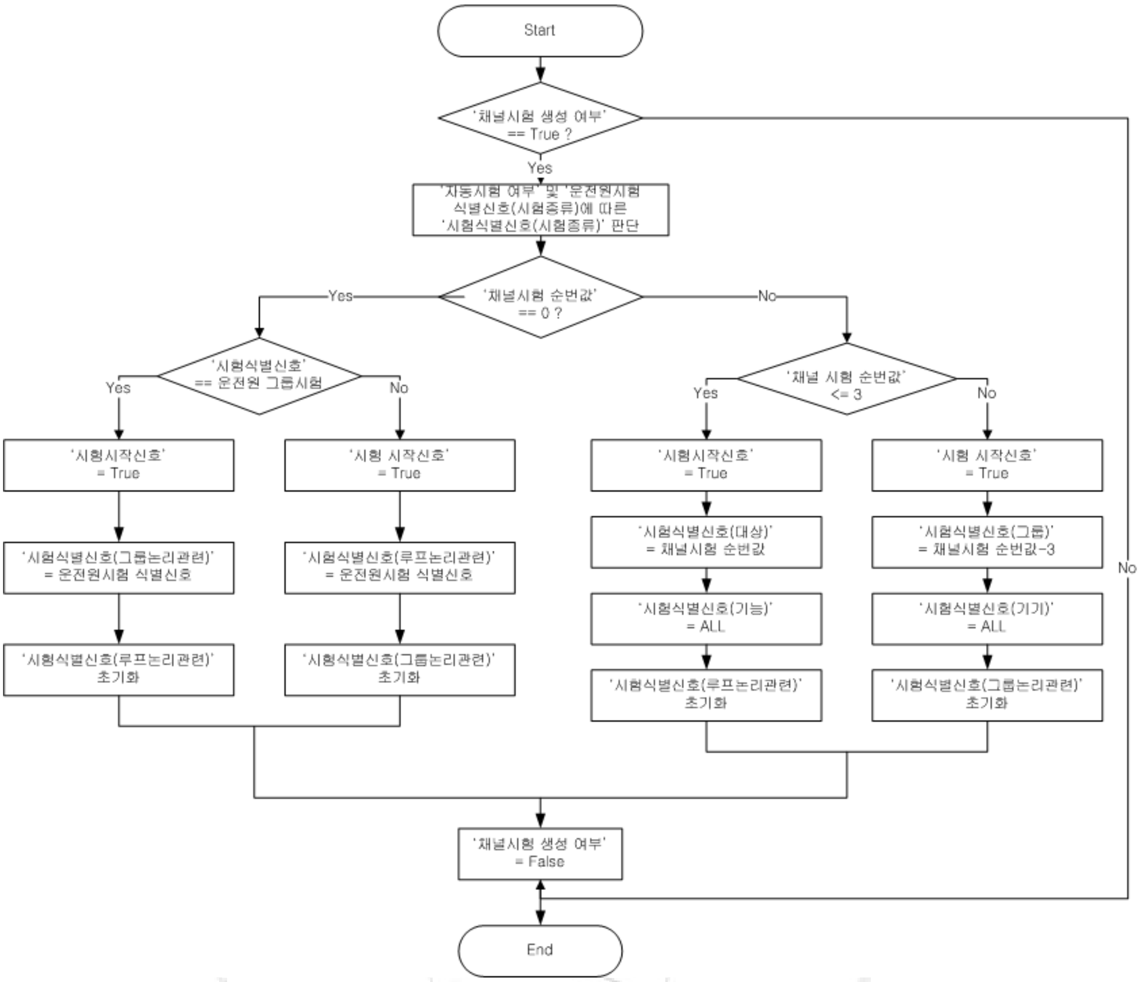
[그림 3.2.12] ETIP 시험 설정 모듈 구성 및 연계(정형 명세).

② 모듈 논리

■시험 판단


Start
*'자기채널(운전원) 시험허용여부' = T
*'자동시험 허용여부(자기채널)' = T
*'시험연동신호(타채널,허용여부)' = T
'시험연동신호(타채널,시험중여부)' = F
'운전원/자동시험 시험허용여부(자기채널)'==T and 시험허용신호(타채널,준비신호)== T ?
Yes
No
'시험연동신호(타채널,준비확인신호)' = T
'시험연동신호(타채널,준비확인신호)' = F
*'자기채널(운전원) 시험허용 여부'는
1. '개시신호 상태' == False
2. '수동작동신호 상태' == False
3. '작동신호' == False
4. '개별기기 제어신호 상태' == False
5. '최소재고량 개별기기 제어신호 상태' == False
6. '제어기(ETIP) 오류' = False
7. '제어기(X-ETIP) 박동신호 오류' == False
8. 시험중 여부(자기채널) = False
9. 시험연동신호(타채널, 허용여부)' == True
10. 시험연동신호(타채널, 시험중)' == False
11. 시험연동신호(타채널, 준비신호) = False
모두 만족할 경우 True
*'자동시험 허용여부(자기채널)'은
1 ~ 11 모두 만족
12. '그룹논리 시험 오류' == False
13. '루프논리 시험 오류' == False
13. '제어기 오류' == False
14. '제어기 박동신호 오류' == False
모두 만족할 경우 True
*'시험연동신호(타채널, 허용여부)'는
1~7, 12~14를 모두 만족할 경우 True
* '시험연동신호(타채널, 시험중여부)
== 시험중 여부(자기채널)
'자기채널 시험허용여부' == T ?
Yes
No
'운전원시험 준비신호' == T ?
*'시험허용여부(타채널,준비신호)' = T
'시험허용여부(타채널,준비확인신호' == T ?
'운전원시험 준비신호 확인신호' = T
'운전원시험 시작신호' == T ?
'시험종료신호' = F
'채널시험 생성 여부' = T
'자동시험 여부' = F
'시험중여부(자기채널)' = T
End
'자동시험 허용여부(자기채널)' == T ?
'자동주기 시작신호' == T ?
*'시험허용여부(타채널,준비신호)' = T
'시험허용여부(타채널,준비확인신호' == T ?
End
'채널 시험 순번값' ?
마지막 순번값
Others
0
'자동시험 여부' = F
'시험중여부(자기채널)' = F
'자동시험 상태' = 정상종료
'채널 시험 순번값' = 0
'자동주기 시작신호' = F
'시험허용여부(타채널,준비신호)' = F
'채널시험 생성 여부' = T
'채널 시험 순번값' = '채널 시험 순번값' + 1
'시험종료신호' = F
'채널시험 생성 여부' = T
'자동시험 여부' = T
'시험중여부(자기채널)' = T
'자동시험 상태' = 시험중
'채널 시험 순번값' = 1
End
*'시험허용여부(타채널,준비신호)' = F
'운전원시험 준비신호 확인신호' = F
8, 10을 제외한 조건이 하나라도 만족하지 못하면?
'시험종료신호' = T
'자동주기 시작신호' == T ?
'자동시험 상태' == 정상종료
(마지막순번값인 경우)
== 시작실패(0인 경우
== 강제종료(Others)
'자동시험 여부' = F
'시험중여부(자기채널)' = F
'채널 시험 순번값' = 0
'자동주기 시작신호' = F

■시험 생성



(사) 박동신호 생성

시험 및 연계 프로세서의 건전성을 확인하기 위해 매 스캔마다 박동 계수값을 변화시키는 기능을 수행한다.

① 모듈 구성

박동신호 생성 모듈에 대한 서브 모듈은 없으며, 모듈 구성은 그림 3.2.7를 참조한다.

② 모듈 논리

박동신호 생성 모듈은 매 주기마다 '박동신호 값'을 매 주기마다 1씩 증가시킨다.

만약 박동신호 값이 해당 제어기 박동신호 최대값이 되었을 경우에는 '박동신호 값'을 제어기 박동신호 최소값으로 설정한다.

다. 캐비닛운전원모듈

(1) 연계 요구사항

(가) 통신 입력

캐비닛운전원모듈은 3개의 그룹제어기로부터 각각 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■그룹제어기 오류

캐비닛운전원모듈은 12개의 루프제어기로부터 각각 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■개별기기 제어신호 상태

■최소재고량 개별기기 제어신호 상태

■개별기기 상태

■개별기기 오류(고장/작동불능) 상태

■개별기기 오류(고장/작동불능) 인지 상태

■작동 허용신호

■개별기기 오류(고장/작동불능) 관련 기기신호

■공정계측값

■루프제어기 오류

■캐비닛 상태

캐비닛운전원모듈은 시험 및 연계 프로세서로부터 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■운전원시험 허용 여부

■운전원시험 준비신호 확인신호

■개시신호 상태

■보팅논리 결과 상태

■확인논리 결과 상태

■작동신호 상태

■로컬 수동작동 상태

■로컬 수동리셋 상태

■그룹논리 시험 종료상태

■그룹논리 시험 결과

■그룹논리 시험 오류

■루프입력 작동신호 상태

■루프논리 시험종료 상태

■루프논리 시험 결과

■루프논리 시험 오류

■온라인 상태진단 오류

■제어기 박동신호

■제어기 박동신호 오류

■캐비닛 상태정보

캐비닛운전원모듈은 제어채널 게이트웨이로부터 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■제어채널 게이트웨이 오류

(나) 통신 출력

캐비닛운전원모듈은 시험 및 연계 프로세서로 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■자동주기시험 모드 전환 신호

■운전원시험 준비신호

■운전원시험 시작신호

■운전원시험 식별신호
- 시험대상
- 시험기능
- 시험그룹
- 시험기기
- 시험종류

캐비닛운전원모듈은 정보처리계통으로 IPSN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■개시신호 상태

■작동 상태

■로컬 수동작동 상태

■로컬 수동리셋 상태

■개별기기 상태

■공정계측값

■개별기기 오류(고장/작동불능) 상태

■개별기기 오류(고장/작동불능) 인지 상태

■제어기 오류

■제어기 박동신호

■제어기 박동신호 오류

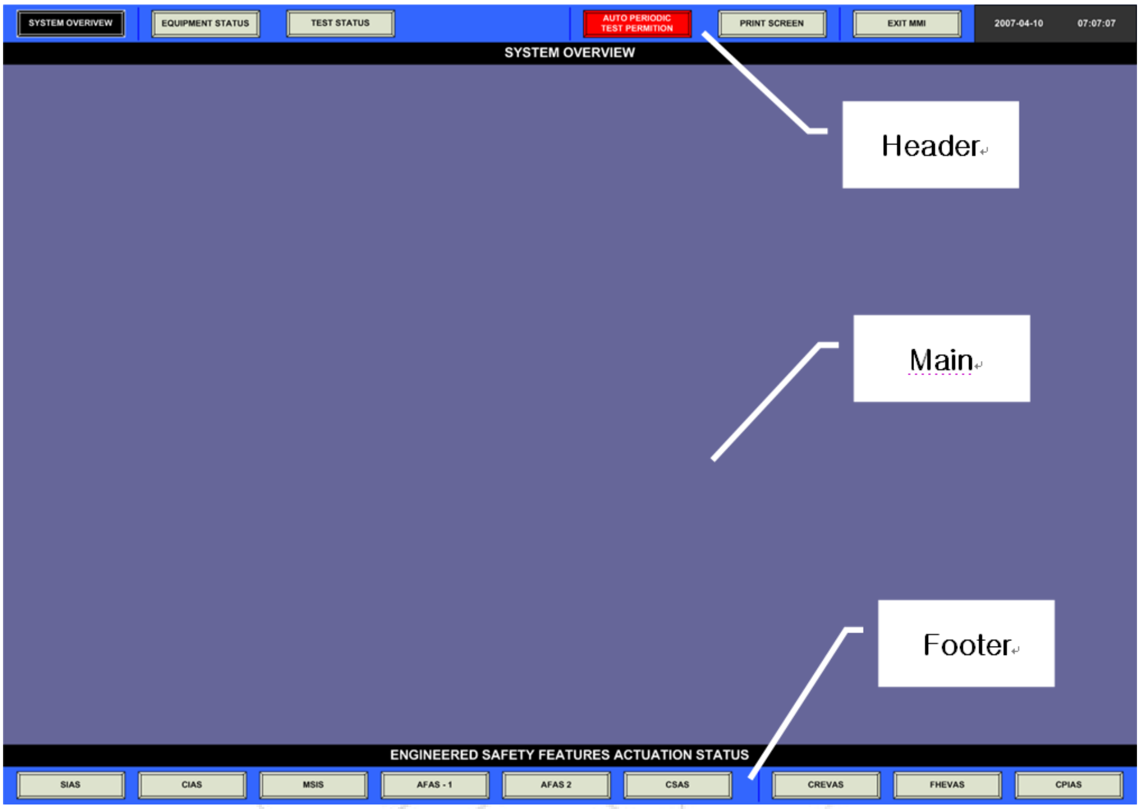
■시험 결과

■시험 오류

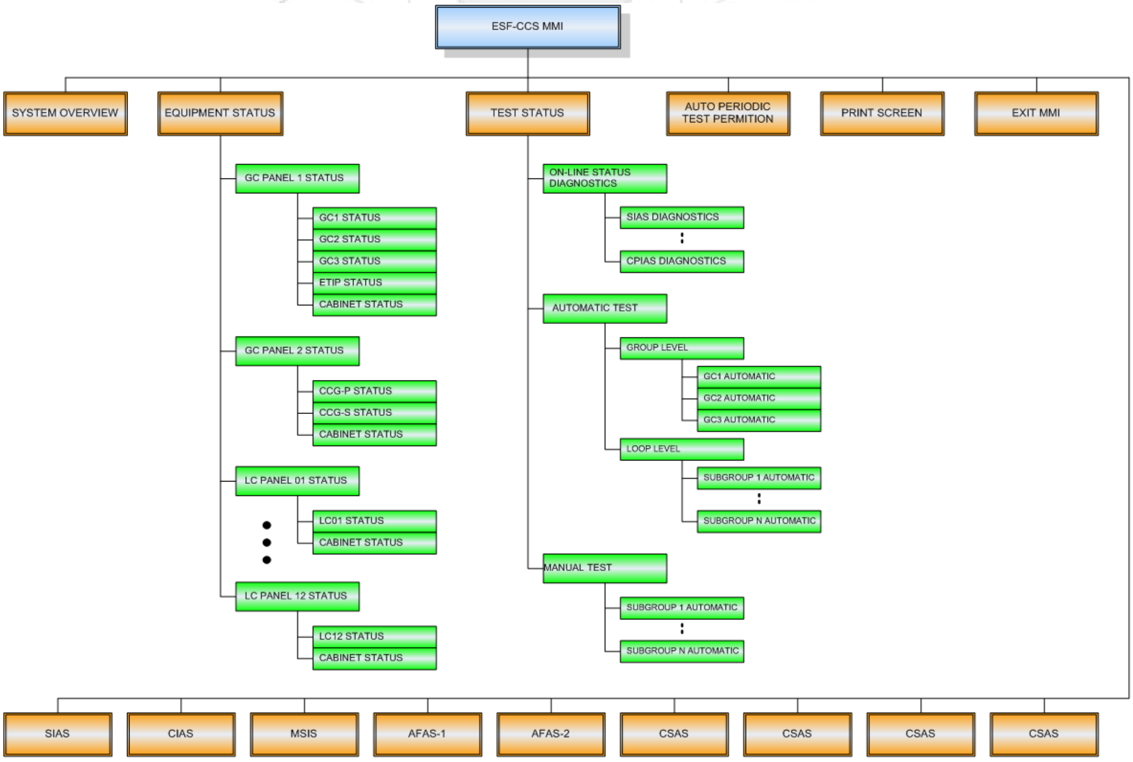
(2) 기능 요구사항

캐비닛운전원모듈은 공학적안전설비-기기제어계통의 기기 상태 및 오류 정보, 시험 결과 및 오류 정보, 작동상태 정보 등을 숫자, 문자, 램프 색상 및 버튼 색상을 통해 표시한다.

캐비닛운전원모듈은 이와 같은 정보 접근의 용이성을 위해 그림 3.2.13과 같이 크게 메인 오버뷰 프레임과 상세 상태 표시영역으로 구분되고, 그림 3.2.14와 같은 계층적 화면 구조를 가진다. 각 영역별 기능은 다음과 같다.



[그림 3.2.13] 캐비닛운전원모듈 화면 구성.



[그림 3.2.14] 캐비닛운전원모듈 화면 구조.

(가) 메인 오버뷰 프레임

화면의 상부와 하부에 할당된 메인 오버뷰 프레임은 항상 표시되는 화면으로 각각 상부는 Header, 하부는 Footer로 칭한다.

Header는 다음과 같은 기능을 제공한다.

System Overivew, Equipment Status 및 Test Status의 Main 화면에 대한 화면 링크 기능

■System Overivew, Equipment Status 및 Test Status에 종속된 오류가 하나라도 발생할 경우 해당 버튼 색상을 경보색으로 표시

■Automatic Periodic Test Permission 버튼에 의한 자동주기 시험 모드 전환 기능

■Print Screen에 의한 화면 인쇄 기능

■Exit MMI에 의한 캐비닛운전원모듈 응용 소프트웨어 종료 기능

■현재 날짜 및 시간 표시 기능

Footer는 다음과 같은 기능을 제공한다.

■각 공학적안전설비 작동상태 화면에 대한 링크 기능

■각 공학적안전설비에 종속된 작동신호가 발생할 경우 해당 버튼 색상을 경보색으로 표시

(나) 상세상태 표시 영역

화면의 중앙부 영역으로 메인 오버뷰 프레임에서 선택된 메뉴에 따른 메뉴명과 OVERVIEW, 기기 상태, 시험 상태에 대한 상세 정보가 표시되며 기기 상태 및 시험 상태의 경우 좀더 상세한 정보를 파악하기 위한 세부상태 정보영역으로 이동하기 위한 버튼이 제공된다.

① SYSTEM OVERVIEW 화면

SYSTEM OVERVIEW 화면은 시스템 기동시 기본화면이고 메인 오버뷰 프레임의 OVERVIEW 버튼에 의해 활성화된다. SYSTEM OVERVIEW 화면은 그림 3.2.15과 같은 화면 구성을 가진다.

[그림 3.2.15] SYSTEM OVERVIEW 화면 구성.

SYSTEM OVERVIEW 화면은 다음과 같은 기능을 제공한다.

■공학적안전설비 기능별, 그룹제어기별 작동상태 표시

■판넬별, 제어기별 기기상태 표시

■공학적안전설비 기능별, 시험유형별 시험상태 표시

■시험가능 상태 및 다음 자동주기시험 남은 시간 표시

② 기기상태 화면

기기상태 화면은 메인 오버뷰 프레임의 기기 상태 버튼에 의해 활성화된다. 기기상태 화면은 그림 3.2.16와 같은 화면 구성을 가지며, 다음과 같은 상태표시 기능을 제공한다.

■기기별 모듈 오류

■기기별 통신 오류

■기기별 박동신호 오류

■기기별 프로세스 정지

[그림 3.2.16] 기기상태 화면 구성.

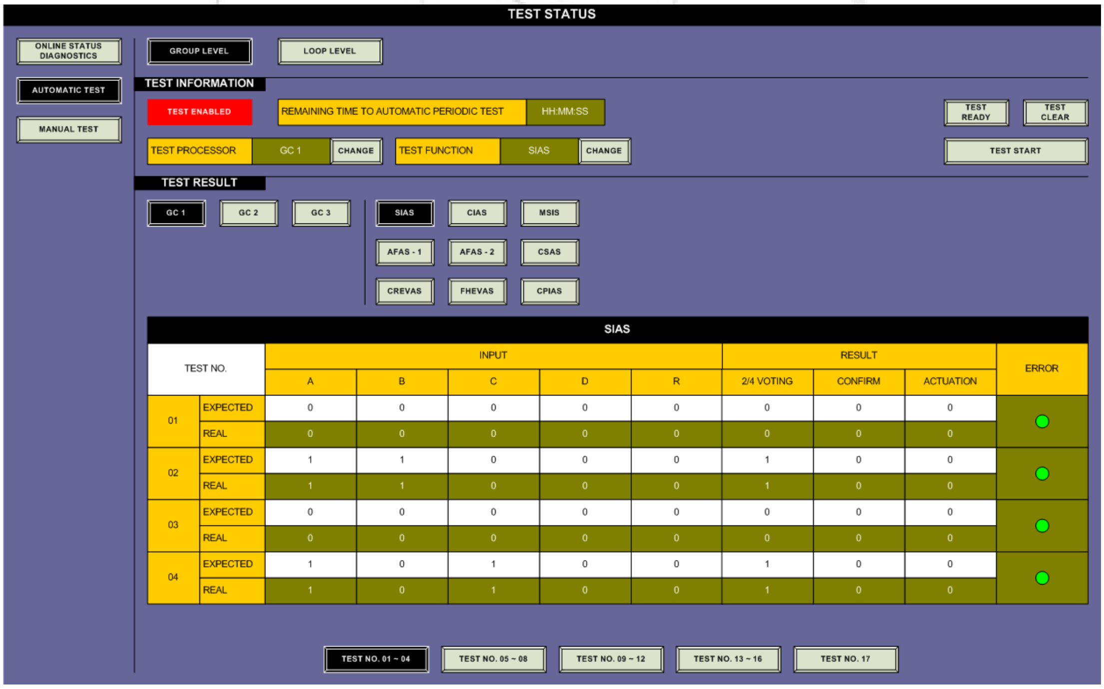
③ 온라인 상태 진단

온라인 상태 진단 화면은 ESF-CCS의 온라인 상태비교 시험에 대한 결과를 나타내며 그림 3.2.17과 같은 화면 구성을 가진다.

[그림 3.2.17] 온라인 상태 진단 화면 구성.

④ 자동시험(그룹 수준)

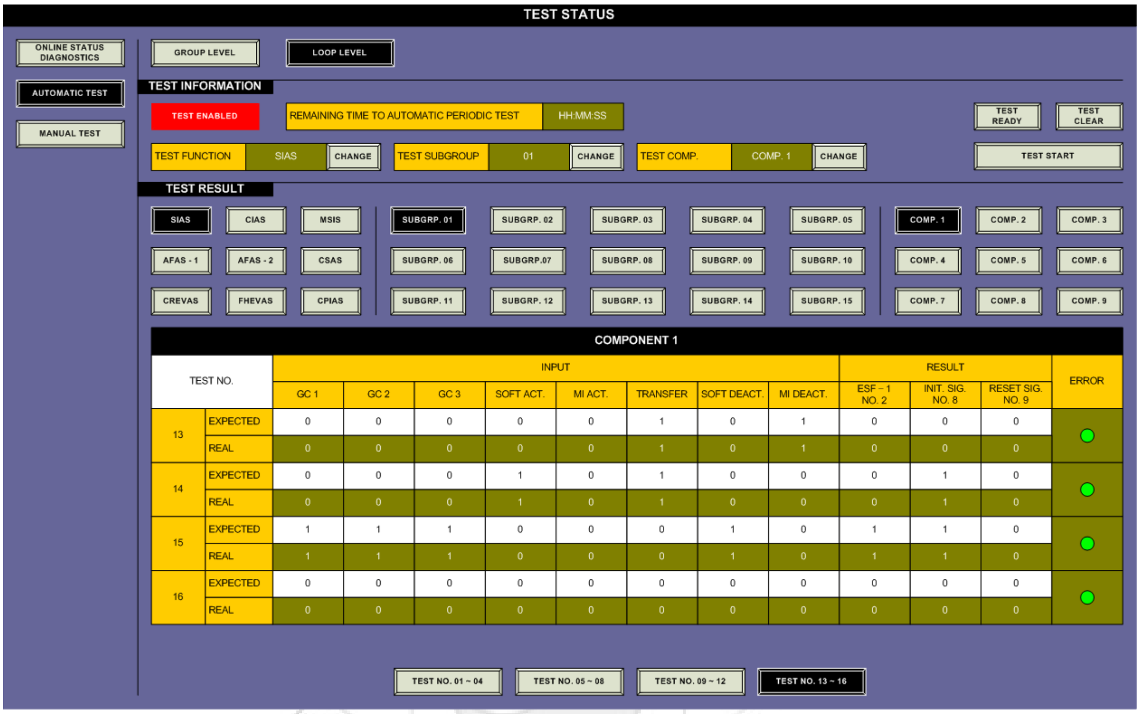
자동시험(그룹 수준) 화면은 ESF-CCS의 그룹논리 시험에 대한 결과를 나타내며 그림 3.2.18과 같은 화면 구성을 가진다.



[그림 3.2.18] 자동시험(그룹 수준) 화면 구성.

⑤ 자동시험(루프 수준)

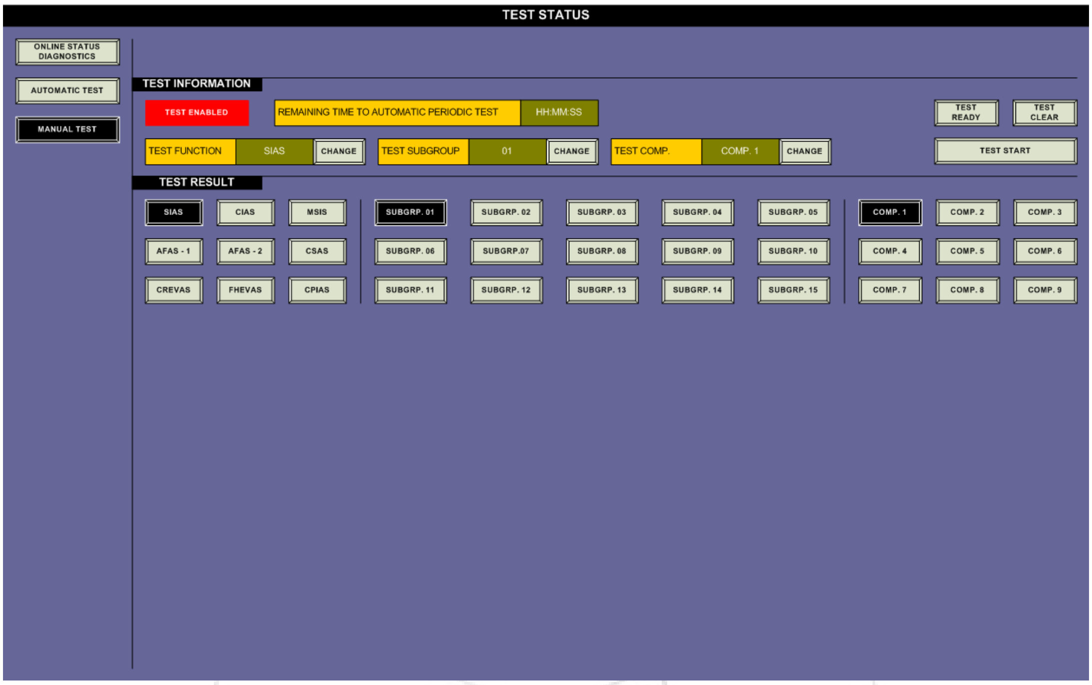
자동시험(루프 수준) 화면은 루프논리 시험에 대한 결과를 나타내며 그림 3.2.19와 같은 화면 구성을 가진다.



[그림 3.2.19] 자동시험(루프 수준) 화면 구성.

⑥ 수동시험

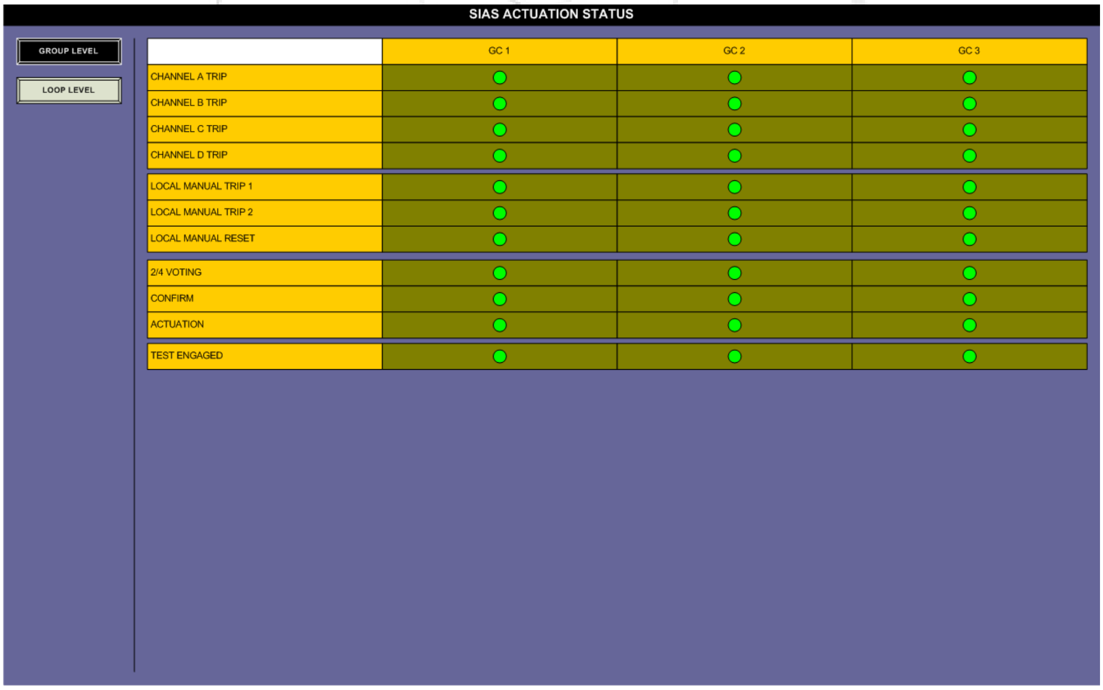
수동시험 화면은 ESF-CCS의 개별기기 출력시험에 대한 시험개시 기능을 제공하며, 그림 3.2.20과 같은 화면 구성을 가진다.



[그림 3.2.20] 수동시험 화면 구성.

⑦ 작동상태 화면

작동상태 화면은 공학적안전설비 기능별로 작동상태를 나타내며 그림 6.24와 같은 화면 구성을 가진다.



[그림 3.2.21] 작동상태 화면 구성.

라. 제어채널 게이트웨이

(1) 연계 요구사항

(가) 통신 입력

제어채널 게이트웨이는 주제어실 소프트제어기로부터 ESCN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■개별기기 제어신호

■개별기기 오류(고장/작동불능) 인지신호

제어채널 게이트웨이는 원격정지실 소프트제어기로부터 ESCN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■개별기기 제어신호

■개별기기 오류(고장/작동불능) 인지신호

제어채널 게이트웨이는 주제어실 제어반신호다중기로부터 MCDL을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■채널선택 확인신호

제어채널 게이트웨이는 주제어실 제어반신호다중기로부터 RCDL을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■채널선택 확인신호

■RSR Transfer Switch 상태신호

제어채널 게이트웨이는 루프제어기로부터 ELCN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■개별기기 상태
- LS(Act. 방향) 신호

- LS(DeAct. 방향) 신호
- 42번 계전기(Act. 방향) 신호
- 42번 계전기(DeAct. 방향) 신호
- 52번 계전기 a 접점 신호

■개별기기 오류(고장/작동불능) 상태

■개별기기 오류(고장/작동불능) 인지 상태

■개별기기 작동 허용신호

■개별기기 오류(고장/작동불능) 관련 기기신호
- Misc. Trouble 신호
- Misc. Disabled 신호
- Electrical Protection 신호
- 기기 구동전원 신호
- MCC Power 신호
- Cell Switch(33a) 신호
- Coil 상태신호

■공정계측값

(나) 통신 출력

제어채널 게이트웨이는 주제어실/원격정지실 소프트제어기로 ESCN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■개별기기 상태
- LS(Act. 방향) 신호
- LS(DeAct. 방향) 신호
- 42번 계전기(Act. 방향) 신호
- 42번 계전기(DeAct. 방향) 신호
- 52번 계전기 a 접점 신호

■개별기기 오류(고장/작동불능) 상태

■개별기기 오류(고장/작동불능) 인지 상태

■개별기기 작동 허용신호

■현장기기 오류(고장/작동불능) 관련 기기신호
- Misc. Trouble 신호
- Misc. Disabled 신호
- Electrical Protection 신호
- 기기 구동전원 신호
- MCC Power 신호
- Cell Switch(33a) 신호
- Coil 상태신호

■공정계측값

제어채널 게이트웨이는 루프제어기로 ELCN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■개별기기 제어신호

■개별기기 오류 인지신호

■RSR Transfer Switch 상태신호

■제어채널 게이트웨이 박동신호

제어채널 게이트웨이는 시험 및 연계 프로세서로 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■제어채널 게이트웨이 오류(대표값)

제어채널 게이트웨이는 캐비닛운전원모듈로 EDSN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

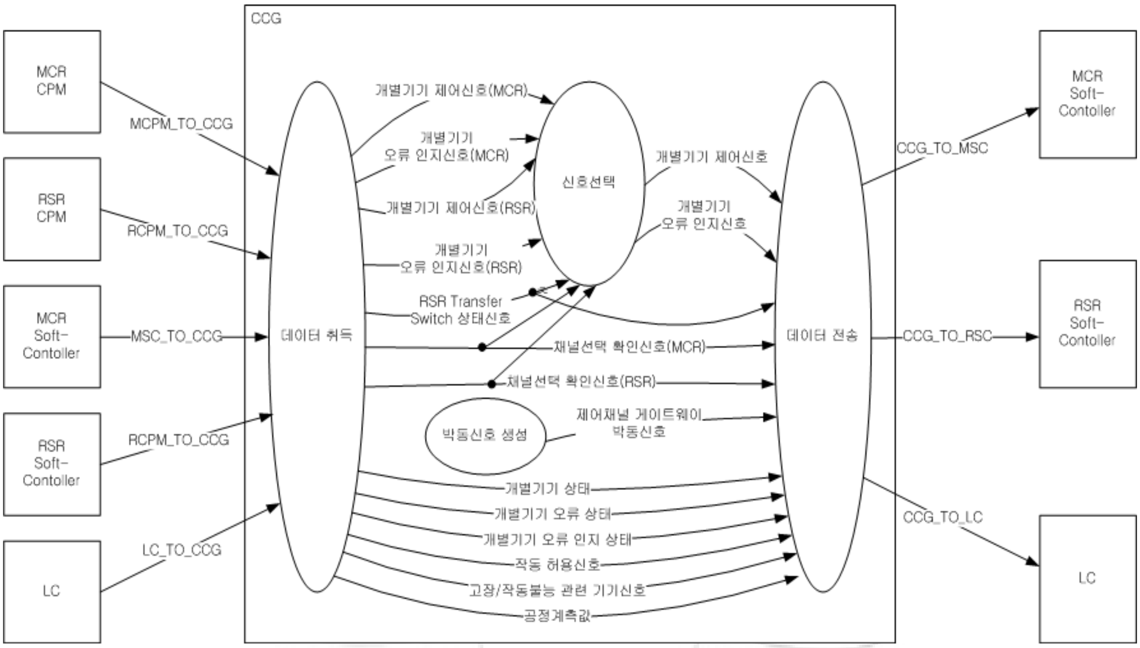
■제어채널 게이트웨이 오류

■제어채널 게이트웨이 박동신호

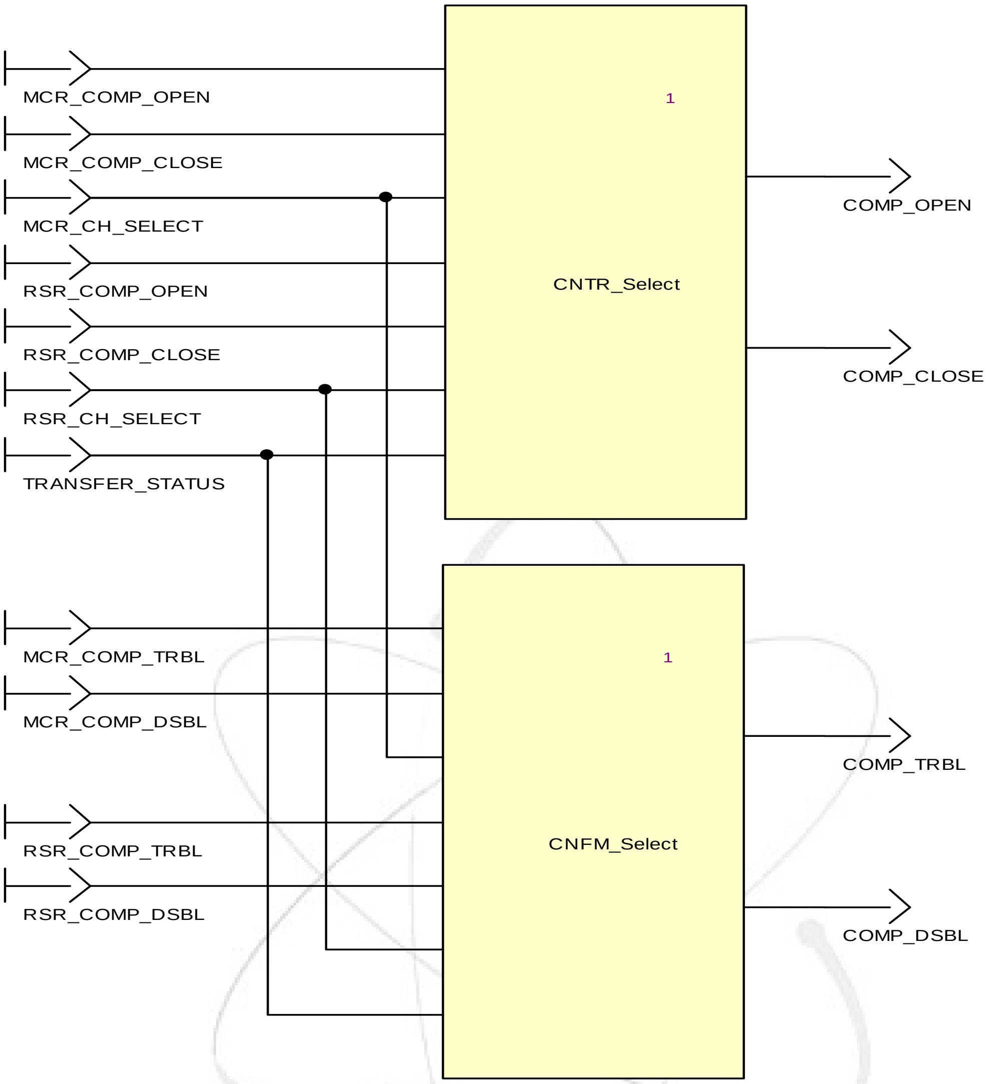
(2) 기능 요구사항

제어채널 게이트웨이 소프트웨어는 다음과 같은 기능을 수행할 수 있어야 하며, 각 기능을 하는 모듈의 구성 및 연계 그림 3.2.22와 같다.

■데이터 취득
■데이터 전송
■신호선택
■박동신호 생성



[그림 3.2.22] 제어채널 게이트웨이 소프트웨어 구성 및 연계.



[그림 3.2.23] 제어채널 게이트웨이 소프트웨어 구성 및 연계(정형 명세).

(가) 자극/응답 순서(Stimulus/Response Sequence)

■초기화

전원 인가 또는 중앙처리장치(CPU) 리셋 후, 제어채널 게이트웨이 소프트웨어의 모든 데이터는 초기화되고, 새로 입력되는 신호에 의해 논리가 수행되어야 한다. 즉 전원 인가 또는 중앙처리장치(CPU) 리셋 이전의 값에 의해 개별기기 제어신호, 채널선택 확인신호, Transfer 신호를 발생시키지 말아야 한다.

■오류 응답

- 입력 통신모듈 오류시 통신 출력 금지

(나) 데이터 취득

통신모듈을 통하여 입력되는 주제어실/원격정지실 소프트제어기 개별기기 제어신호, 개별기기 오류 인지신호, 채널선택 확인신호, Transfer 신호 및 현장기기 상태관련 데이터를 취득하는 기능을 수행한다. 데이터 취득은 단순히 입력되는 데이터에 대하여 PLC 메모리에 Mapping 시켜주는 기능만을 수행한다.

(다) 데이터 전송

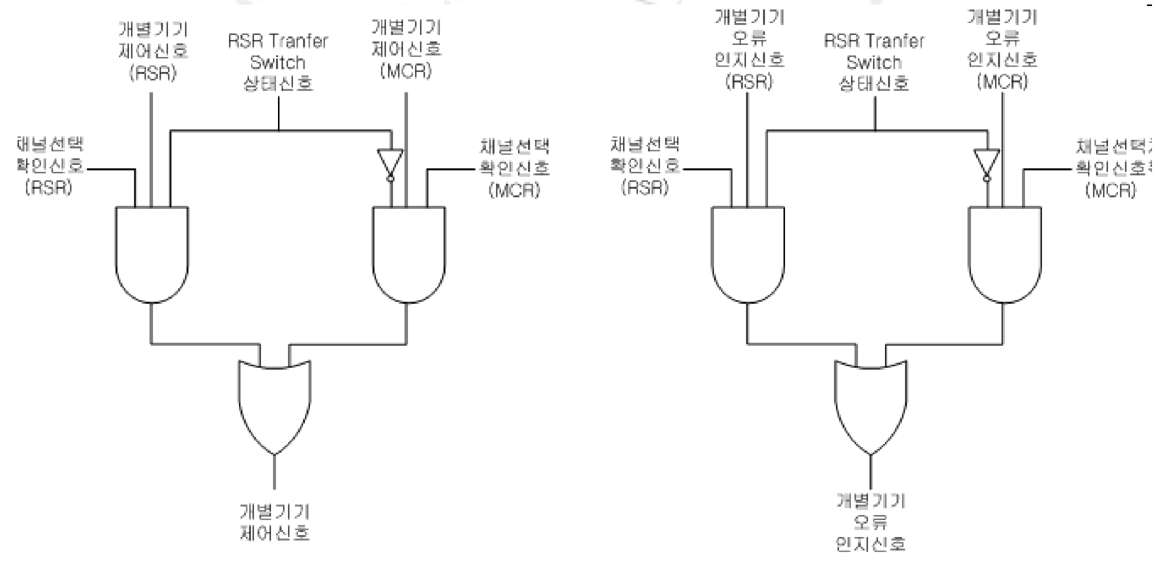
제어채널 게이트웨이의 통신모듈을 통해 소프트제어기, 루프제어기에 필요한 정보를 전송하는 기능을 수행한다. 개별기기 제어신호 및 개별기기 오류 인지신호는 ‘채널선택 확인신호’가 ‘True’인 경우에만 루프제어기로 전송한다. 데이터 전송은 단순히 출력되는 데이터에 대하여 PLC 메모리에 Mapping 시켜주는 기능만을 수행한다.

(라) 신호선택

① 모듈 구성

신호선택 모듈에 대한 서브 모듈은 없으며, 모듈 구성은 그림 3.2.22를 참조한다.

② 모듈 논리



(마) 박동신호 생성

제어채널 게이트웨이의 건전성을 확인하기 위해 매 스캔마다 박동 계수값을 변화시키는 기능을 수행한다.

① 모듈 구성

박동신호 생성 모듈에 대한 서브 모듈은 없으며, 모듈 구성은 그림 3.2.22를 참조한다.

② 모듈 논리

박동신호 생성 모듈은 매 주기마다 '박동신호 값'을 매 주기마다 1씩 증가시킨다. 만약 박동신호 값이 해당 제어기 박동신호 최대값이 되었을 경우에는 '박동신호 값'을 제어기 박동신호 최소값으로 설정한다.

마. 제어반신호다중기

(1) 연계 요구사항

(가) 하드웨어 입력

제어반신호다중기는 최소재고량 스위치로부터 디지털 입력모듈을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■최소재고량 개별기기 제어신호

■최소재고량 개별기기 오류(고장/작동불능) 인지신호

제어반신호다중기는 소프트제어기의 채널선택 확인스위치로부터 디지털 입력모듈을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■채널선택 확인신호

(나) 통신 입력

제어반신호다중기는 루프제어기로부터 ELCN을 통해 다음과 같은 신호를 입력받는다.

■최소재고량 개별기기 오류(고장/작동불능) 상태

■최소재고량 개별기기 오류(고장/작동불능) 인지 상태

(다) 하드웨어 출력

제어반신호다중기는 최소재고량 스위치로 디지털 출력모듈을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■최소재고량 개별기기 오류(고장/작동불능) 상태

■최소재고량 개별기기 오류(고장/작동불능) 인지 상태

(라) 통신 출력

제어반신호다중기는 루프제어기로 ELCN을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

■최소재고량 개별기기 제어신호

■최소재고량 개별기기 오류(고장/작동불능) 인지신호

제어반신호다중기는 제어채널 게이트웨이로 MCDL 또는 RCDL을 통해 다음과 같은 신호를 출력한다.

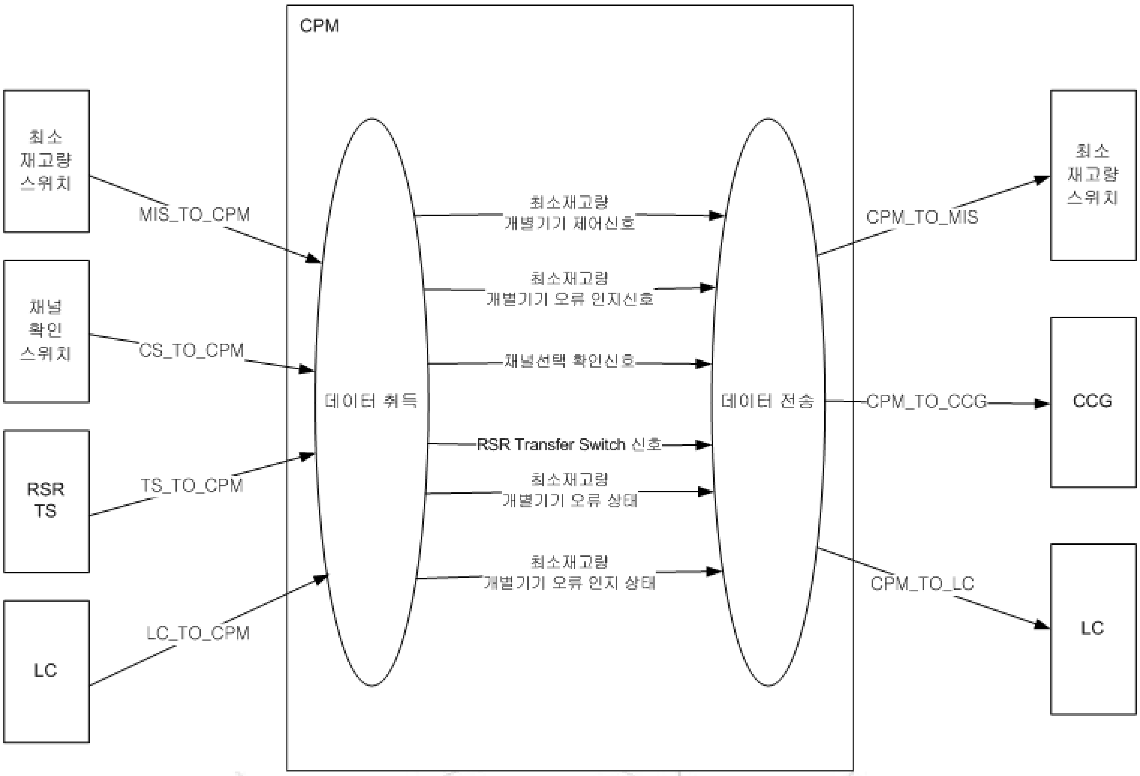
■채널선택 확인신호

■RSR Transfer Swtich 신호(Only RSR의 제어반신호다중기)

(2) 기능 요구사항

제어반신호다중기 소프트웨어는 다음과 같은 기능을 수행할 수 있어야 하며, 각 기능을 하는 모듈의 구성 및 연계 그림 3.2.24와 같다.

■데이터 취득
■데이터 전송



[그림 3.2.24] 제어반신호다중기 소프트웨어 구성 및 연계.

(가) 자극/응답 순서(Stimulus/Response Sequence)

■초기화

전원 인가 또는 중앙처리장치(CPU) 리셋 후, 제어반신호다중기 소프트웨어의 모든 데이터는 초기화되고, 새로 입력되는 신호에 의해 논리가 수행되어야 한다. 즉 전원 인가 또는 중앙처리장치(CPU) 리셋 이전의 값에 의해 최소재고량 개별기기 제어신호, 채널선택 확인신호, Transfer 신호를 발생시키지 말아야 한다.

■오류 응답

- 디지털 입력모듈 오류시 관련 신호 출력 금지

(나) 데이터 취득

디지털 입력모듈을 통하여 입력되는 최소재고량 개별기기 제어신호, 채널선택 확인신호 및 Transfer 신호, 루프제어기로부터 통신모듈을 통해 입력되는 최소재고량 개별기기 상태에 대한 데이터를 취득하는 기능을 수행한다. 또한 입력받은 데이터를 데이터 전송모듈로 전송해주는 기능을 수행한다. 데이터 취득은 단순히 입력되는 데이터에 대하여 PLC 메모리에 Mapping 시켜주는 기능만을 수행한다.

(다) 데이터 전송

제어반신호다중기의 통신모듈을 통해 루프제어기, 최소재고량 스위치에 필요한 정보를 전송하는 기능을 수행한다. 데이터 전송은 단순히 출력되는 데이터에 대하여 PLC 메모리에 Mapping 시켜주는 기능만을 수행한다.

2. 소프트웨어 설계명세

가. 일반사항

(1) 소프트웨어 구성

(가) 운영시스템 소프트웨어

프로세서 운영체제는 POSCON에서 개발된 POSAFE-Q의 RTOS에 의해 운영되며 멀티타스킹 및 사용자에 의한 스캔타임이 지원되며, 내부 시스템 레지스트를 통해서 입/출력 모듈, 통신모듈, CPU 상태를 감시할 수 있는 진단기능이 제공된다. 운연체제 소프트웨어 코드는 프로그래머블 논리제어기 프로세서 내의 비휘발성 메모리내에 존재한다.

(나) 응용 프로그램 개발도구 소프트웨어

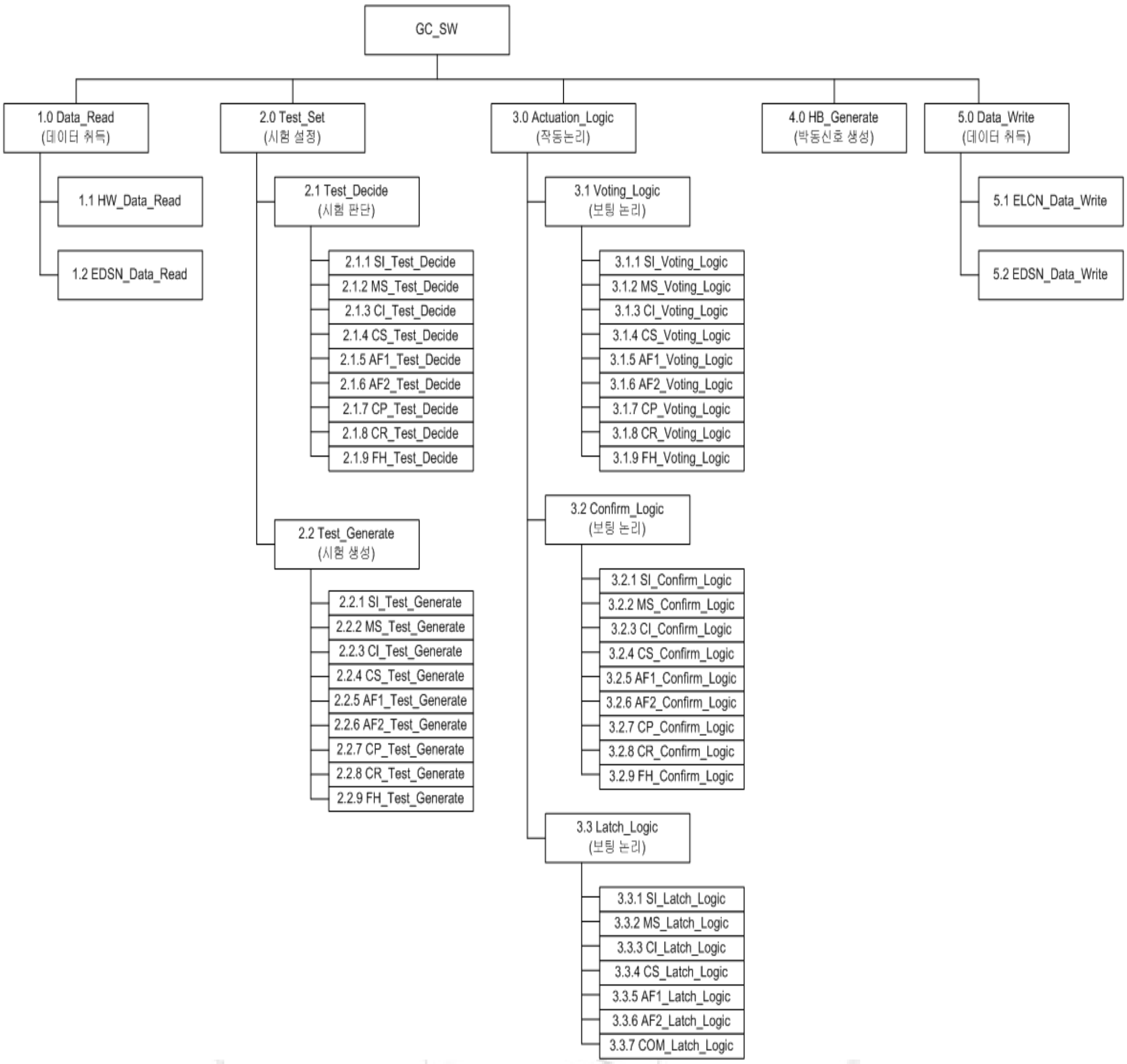
계통 응용프로그램 개발은 POSCON사의 POSAFE-Q PLC Engineering Tool인 pSET에 의해 개발된다. pSET은 IEC61131-3에 규정한 기능블록(Function Block)언어를 사용하며 이것은 응용프로그램 개발에 필요한 많은 기능블록을 조합하고 결합하여 완전한 제어기능을 수행할 수 있는 응용프르그램이 만들어 진다.

pSET은 응용프로그램을 디버깅하고 사용된 변수값을 모니터링할 수 있는 기능이 제공되며 계통의 응용프로그램 개발에 적합한 통신, 연산 및 기타 특수 기능블록이 제공된다.

(다) 제어기별 응용 프로그램

① 그룹제어기

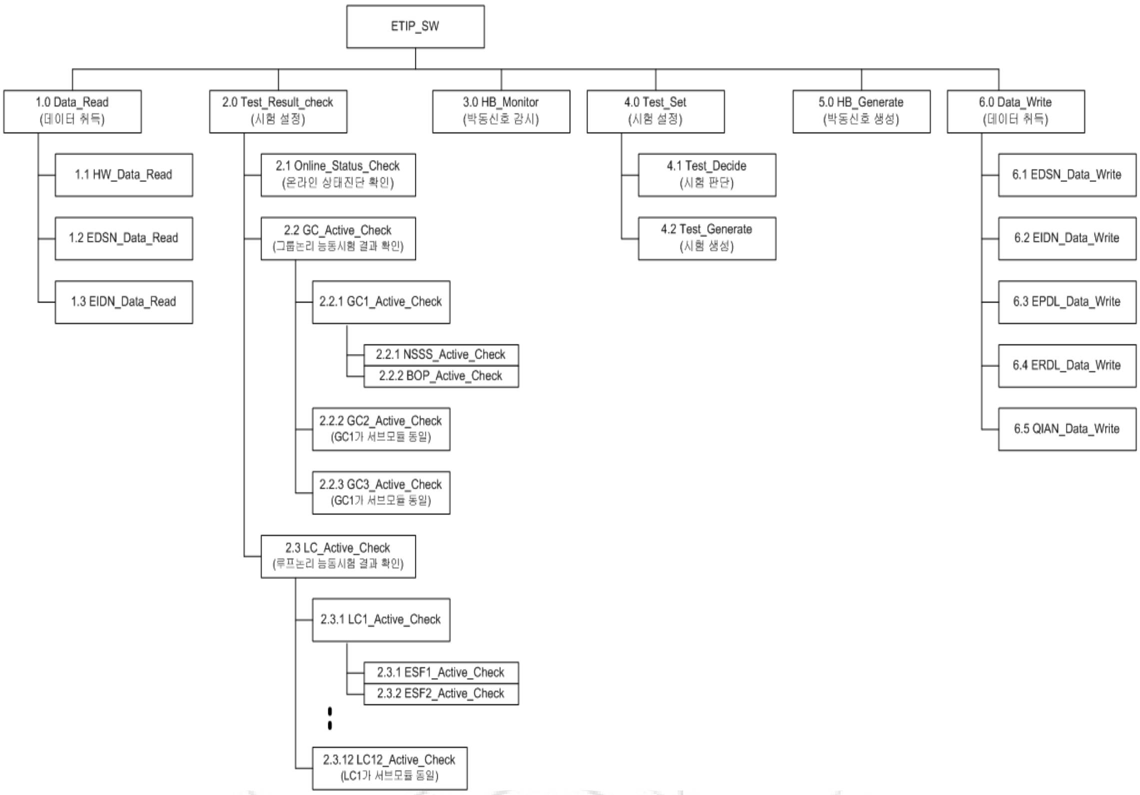
그룹제어기 응용 소프트웨어는 50msec 주기 이내에 모든 기능을 수행하며, CPU 부하(load) 60% 이내에서 운전되어야 한다. 그룹제어기 응용 소프트웨어 구성은 그림 3.2.25과 같다. 그림 3.2.25의 순번은 그룹제어기 응용 소프트웨어를 구성하는 모듈에 대한 실행순서를 의미한다.



[그림 3.2.25] 그룹제어기 응용 소프트웨어 모듈 구성.

② 시험 및 연계 프로세서

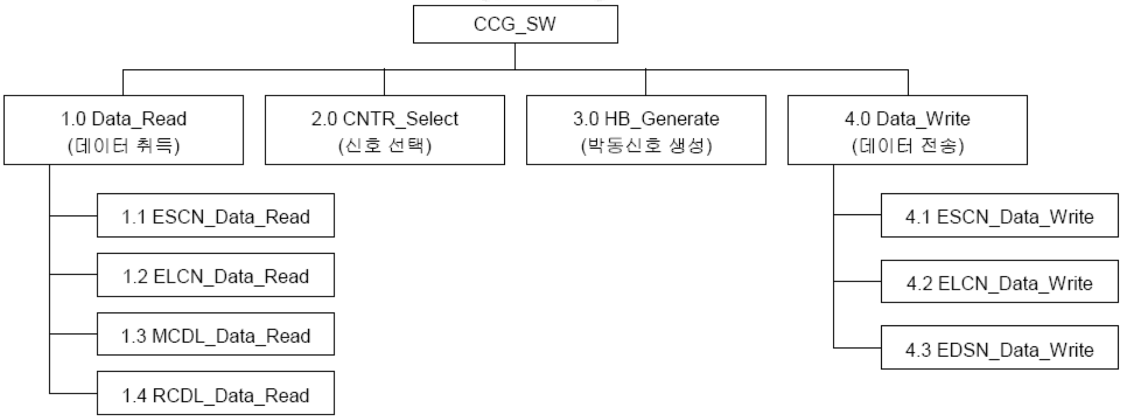
시험 및 연계 프로세서 응용 소프트웨어는 500msec 주기 이내에 모든 기능을 수행하며, CPU 부하(load) 60% 이내에서 운전되어야 한다. 그룹제어기 응용 소프트웨어 구성은 그림 3.2.26과 같다. 그림 3.2.26의 순번은 그룹제어기 응용 소프트웨어를 구성하는 모듈에 대한 실행순서를 의미한다.



[그림 3.2.26] 시험 및 연계 프로세서 응용 소프트웨어 모듈 구성.

③ 제어채널 게이트웨이

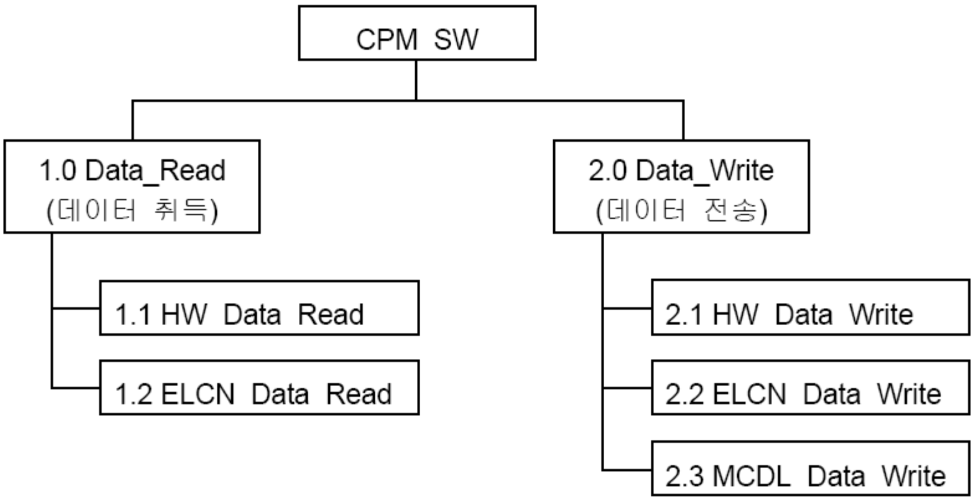
제어채널 게이트웨이 응용 소프트웨어는 50msec 주기 이내에 모든 기능을 수행하며, CPU 부하(load) 60% 이내에서 운전되어야 한다. 제어채널 게이트웨이 응용 소프트웨어 구성은 그림 3.2.27과 같다. 그림 3.2.27의 순번은 제어채널 게이트웨이 응용 소프트웨어를 구성하는 모듈에 대한 실행순서를 의미한다.



[그림 3.2.27] 제어채널 게이트웨이 응용 소프트웨어 모듈 구성.

④ 제어반신호다중기

제어반신호다중기 응용 소프트웨어는 50msec 주기 이내에 모든 기능을 수행하며, CPU 부하(load) 60% 이내에서 운전되어야 한다. 제어반신호다중기 응용 소프트웨어 구성은 그림 3.2.28과 같다. 그림 3.2.28의 순번은 제어반신호다중기 응용 소프트웨어를 구성하는 모듈에 대한 실행순서를 의미한다.



[그림 3.2.28] 제어반신호다중기 응용 소프트웨어 모듈 구성.

제 3 절 시험 및 검증

1. 단위시험 계획

가. 시험 대상

공학적안전설비-기기제어계통의 응용 소프트웨어는 그룹제어기 응용 프로그램, 루프제어기 응용 프로그램, 시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램, 캐비닛운전원모듈 응용 프로그램, 제어채널 게이트웨이 응용 프로그램으로 구성된다. 단위모듈 시험은 응용 프로그램을 구성하는 모든 소프트웨어 모듈에 대하여 모두 시험되어야 한다.

다음 문서들은 소프트웨어 단위모듈에 대한 기준을 제공한다.

■공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 명세서(KNICS-ESF-221)
■그룹제어기 소프트웨어 설계 명세서(KNICS-ESF-SDS101)

■루프제어기 소프트웨어 설계 명세서(KNICS-ESF-SDS231-02)
■시험 및 연계 프로세서 소프트웨어 설계 명세서(KNICS-ESF-SDS103)
■캐비닛운전원모듈 소프트웨어 설계 명세서(KNICS-ESF-SDS104)
■제어채널 게이트웨이 소프트웨어 설계 명세서(KNICS-ESF-SDS105)

나. 시험 항목

(1) 그룹제어기 응용 프로그램

■Test_Decide 모듈
- 시험불가 조건 판단 기능
- 시험생성, 저장 여부 판단 기능
- 시험순번값, 작동횟수값 판단 기능
- 시험 종료상태, 시험중 여부 판단 기능

■Test_Generate 모듈
- 시험 생성여부 및 순번값에 따른 시험 데이터 설정 기능
- 시험 저장여부 및 순번값에 따른 시험결과 데이터 설정 기능

■Voting_Logic 모듈

- 개시신호에 대한 보팅(NSSS 기능은 2/4, BOP 기능은 1/2) 기능
- 수동작동신호에 대한 보팅 기능
- 입력모듈 오류에 따른 해당 개시(수동)신호 Trip 설정 기능
- 시험신호와 개시신호 Passive OR 기능

■Confirm_Logic 모듈
- 보팅 결과 3번 연속 Trip시 확인논리 결과 설정 기능

■Latch_Logic 모듈
- 래치 기능
- 리셋 기능
- 시험신호와 수동작동신호 Passive Or 기능

■ HB_Generate 모듈
- 박동신호가 제어기 범위내에서 1씩 변화하는 기능

(2) 루프제어기 응용 프로그램

■GC_HB_Monitor모듈
- 3Scan 이상 정지 오류 확인 기능
- 박동신호 범위 오류 확인 기능

■GC_Test_Check모듈
- 박동신호 오류에 따른 작동상태 설정 기능
- 그룹논리 시험여부에 따른 작동상태 블록킹(Blocking) 기능

■CompN_Test_Decide모듈
- 시험불가 조건 판단 기능
- 시험생성, 저장 여부 판단 기능
- 시험순번값, 작동횟수값 판단 기능
- 시험 종료상태, 시험중 여부 판단 기능

■CompN_Test_Generate모듈
- 시험생성 여부 및 순번값에 따른 시험데이터 설정 기능
- 시험저장 여부 및 순번값에 따른 시험결과 데이터 설정 기능

■CompN_Voting모듈
- 작동신호에 대한 보팅(2/3) 기능
- 시험신호와 작동신호 Passive OR 기능

■CompN_Control 모듈
- 시험 및 제어신호 처리 기능
- 수동 제어신호(Act.) 선택 기능
- 공학적안전설비 작동신호 처리 기능
- Process Control(Auto Act.) 신호 처리 기능
- Process Control(Auto DeAct.) 신호 처리 기능
- Aux. Act. 신호 처리 기능
- Aux. DeAct. 신호 처리 기능
- Act. 허용신호 처리 및 시험결과 차단 기능
- DeAct. 허용신호 처리 및 시험결과 차단 기능
- 래치논리 기능

■CompN_Trouble_Decision모듈
- 개시신호, 리밋스위치 신호, 기타 고장신호등에 따른 고장 판단 기능
- 고장판단 시간 지연 기능

■CompN_Disabled_Decision모듈
- 리밋스위치 신호, 허용신호, 기타 작동불능 신호등에 따른 작동불능 판단 기능
- 작동불능 판단 시간 지연 기능

■HB_Generate모듈
- 박동신호가 제어기 범위내에서 1씩 변화하는 기능

(3) 시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램

■Passive_Check모듈
- 그룹제어기 내 개시신호 일치 여부 확인 기능
- 그룹제어기 간 개시신호 일치 여부 확인 기능
- 그룹제어기 내 수동작동신호 일치 여부 확인 기능
- 그룹제어기 간 수동작동신호 일치 여부 확인 기능
- 그룹제어기 간 수동리셋신호 일치 여부 확인 기능
- 그룹논리 작동신호와 루프입력 작동신호 일치 여부 확인 기능

■Active_Check모듈
- 시험 종료시 시험 결과값과 예상값 일치 여부 확인 기능
- 시험 오류 여부 유지 기능(다음 시험 확인 전까지)

■HB_Monitor모듈
- 3Scan 이상 정지 오류 확인 기능
- 박동신호 범위 오류 확인 기능

■Test_Decide모듈
- 자기 디비젼 시험불가 조건 판단 기능
- 타 디비젼 시험불가 조건 판단 기능
- 운전원시험 설정 기능
- 자동주기시험 설정 기능
- 자동주기시험 시험 순번값 설정 기능
- 자동시험 종료상태 설정 기능

■Test_Generate모듈
- 시험생성 여부 및 순번값에 따른 논리시험 시작신호 설정 기능
- 시험생성 여부 및 순번값에 따른 운전원시험 데이터 설정 기능
- 시험생성 여부 및 순번값에 따른 자동주기시험 데이터 설정 기능

■HB_Generate모듈
- 박동신호가 제어기 범위내에서 1씩 변화하는 기능

(4) 캐비닛운전원모듈 응용 프로그램

■메인 프레임 Header 모듈
- 화면 네비게이션 기능
- 자동주기 시험모드 설정 및 표시 기능
- 경보확인 기능
- 화면 인쇄 기능
- 화면 종료 기능

■메인 프레임 Footer 모듈
- 공학적안전설비 작동상태 표시 기능
- 화면 네비게이션 기능

■개괄상태 모듈
- 제어기기별 기기오류 상태 표시 기능
- 기능별 작동상태 표시 기능
- 기능별 시험상태 표시 기능

■기기상태 모듈
- 제어기별 모듈 오류 표시 기능
- 제어기별 통신 오류 표시 기능
- 제어기별 박동신호 오류 표시 기능
- 제어기별 기기상태 상세 표시 기능

■시험상태 모듈
- 기능별 비교시험 오류 표시 기능
- 기능별 논리시험 오류 표시 기능
- 기능별 시험 중 여부 표시 기능
- 기능별 시험상태 상세 표시 기능

- 기능별 운전원시험 지원 기능

■작동상태 모듈
- 기능별 개시신호 상태 표시 기능
- 기능별 수동신호 상태 표시 기능
- 기능별 작동상태 표시 기능
- 기능별 시험 중 여부 표시 기능
- 기능별 기기상태 표시 기능
- 기능(기기)별 작동상태 상세 표시 기능

(5) 제어채널 게이트웨이 응용 프로그램

■Comp_CNTR_Select 모듈
- Transfer 신호에 따른 주제어실 개별기기 제어신호 선택 기능
- Transfer 신호에 따른 원격정지실 개별기기 제어신호 선택 기능

다. 시험 제외 항목

PLC 운영 시스템 소프트웨어, PLC 응용 소프트웨어 개발 도구 소프트웨어 및 다음과 같은 하드웨어 및 통신 관련 모듈의 모든 항목은 시험에서 제외한다.

■그룹제어기 응용 프로그램의 HW_Data_Read 모듈
■그룹제어기 응용 프로그램의 EDSN_Data_Read 모듈
■그룹제어기 응용 프로그램의 ELCN_Data_Write 모듈
■그룹제어기 응용 프로그램의 EDSN_Data_Write 모듈
■루프제어기 응용 프로그램의 HW_Data_Read 모듈
■루프제어기 응용 프로그램의 ELCN_Data_Read 모듈
■루프제어기 응용 프로그램의 EDSN_Data_Read 모듈
■루프제어기 응용 프로그램의 HW_Data_Write 모듈
■루프제어기 응용 프로그램의 ELCN_Data_Write 모듈
■루프제어기 응용 프로그램의 EDSN_Data_Write 모듈
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 HW_Data_Read 모듈
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 EDSN_Data_Read 모듈
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 EIDN_Data_Read 모듈
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 EPDL_Data_Write 모듈
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 ERDL_Data_Write 모듈
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 EDSN_Data_Write 모듈
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 EIDN_Data_Write 모듈

■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 QIAN_Data_Write 모듈
■캐비닛운전원모듈 응용 프로그램의 EDSN_Data_Read 모듈
■캐비닛운전원모듈 응용 프로그램의 EDSN_Data_Write 모듈
■캐비닛운전원모듈 응용 프로그램의 IPSN_Data_Write 모듈
■제어채널 게이트웨이 응용 프로그램의 ESCN_Data_Read 모듈
■제어채널 게이트웨이 응용 프로그램의 ELCN_Data_Read 모듈
■제어채널 게이트웨이 응용 프로그램의 M(R)CDL_Data_Read 모듈
■제어채널 게이트웨이 응용 프로그램의 ESCN_Data_Read 모듈
■제어채널 게이트웨이 응용 프로그램의 ELCN_Data_Read 모듈

라. 시험방법 및 기법

시험 대상의 모든 시험 항목이 시험될 수 있도록 시험 사례를 선정하고 예상값을 추출한다.

시험 대상 모듈만을 제어기에 탑제 후 해당 모듈의 시험사례를 입력 후 시험 결과값과 예상값의 일치 여부를 확인한다.

시험 사례 입력, 결과값 확인은 PLC 응용 소프트웨어 개발 도구 소프트웨어의 데이터 모니터링 기능을 이용한다.

2. 통합시험 계획

가. 시험 대상

공학적안전설비-기기제어계통의 응용 소프트웨어는 그룹제어기 응용 프로그램, 루프제어기 응용 프로그램, 시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램, 캐비닛운전원모듈 응용 프로그램, 제어채널 게이트웨이 응용 프로그램으로 구성된다. 통합시험은 각각의 프로그램을 구성하는 단위모듈 소프트웨어 및 하드웨어에 대한 통합과 각 응용 프로그램간의 연계에 대하여 모두 시험되어야 한다.

다음 문서들은 소프트웨어 통합시험에 대한 기준을 제공한다.

■공학적안전설비-기기제어계통 설계사양서(KNICS-ESF-DS101)
■공학적안전설비-기기제어계통 프로토타입 제작사양서(KNICS-ESF-ES204)
■공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 명세서(KNICS-ESF-SRS221)

나. 시험 항목

(1) 그룹제어기 응용 프로그램

■단위모듈 통합
- 공학적안전설비 개시신호에 의한 작동논리 기능
- 수동작동신호에 의한 작동논리 기능
- 공학적안전설비 작동신호 래치 기능
- 수동리셋신호에 의한 리셋 기능
- 시험신호에 따른 작동논리 기능
- 시험 강제 종료 기능
- 시험에 따른 시험결과 저장 기능
- 자가진단 처리 기능

■하드웨어 통합
- 공학적안전설비 개시신호 취득 기능
- 수동작동 및 리셋 신호 취득 기능
- 캐비닛 상태 취득 기능

■연계 통합

- 시험 및 연계 프로세서로부터 데이터 취득 기능
- 루프제어기에 데이터 전송 기능
- 시험 및 연계 프로세서 데이터 전송 기능
- 캐비닛운전원모듈에 데이터 전송 기능

(2) 루프제어기 응용 프로그램

■단위모듈 통합
- 공학적안전설비 작동신호에 의한 제어논리 기능
- 수동 제어신호에 의한 제어논리 기능
- 개별기기 제어신호 래치 기능
- 공학적안전설비 작동신호에 따른 오버라이드(Override) 기능
- 현장기기 고장/작동불능 판단 기능
- 시험신호에 따른 제어논리 기능
- 시험 강제 종료 기능
- 시험에 따른 시험결과 저장 기능

- 자가진단 처리 기능

■하드웨어 통합
- 현장기기 상태신호 취득 기능
- 현장기기 작동 허용신호 취득 기능
- 고장/작동불능 관련 기기신호 취득 기능
- 공정계측값 취득 기능
- 캐비닛 상태 취득 기능

■연계 통합
- 그룹제어기로부터 데이터 취득 기능
- 시험 및 연계 프로세서으로부터 데이터 취득 기능
- 제어채널 게이트웨이로부터 데이터 취득 기능
- 시험 및 연계 프로세서에 데이터 전송 기능
- 캐비닛운전원모듈에 데이터 전송 기능
- 제어채널 게이트웨이에 데이터 전송 기능

(3) 시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램

■단위모듈 통합
- 피동시험 결과 확인 기능
- 그룹논리 능동시험 결과 확인 기능
- 루프논리 능동시험 결과 확인 기능
- 자동주기시험 기능
- 운전원시험 기능
- 타 디비젼 시험 연계 기능
- 자가진단 데이터 취득 기능

■하드웨어 통합
- 캐비닛 상태 취득 기능

■연계 통합
- 그룹제어기로부터 데이터 취득 기능
- 루프제어기로부터 데이터 취득 기능
- 캐비닛운전원모듈로부터 데이터 취득 기능
- 그룹제어기에 데이터 전송 기능
- 루프제어기에 데이터 전송 기능

- 캐비닛운전원모듈에 데이터 전송 기능
- 발전소보호계통에 데이터 전송 기능

(4) 캐비닛운전원모듈 응용 프로그램

■단위모듈 통합
- 개괄상태 표시 기능
- 기기상태 표시 기능
- 시험상태 표시 기능
- 운전원시험 지원 기능
- 작동상태 표시 기능

■하드웨어 통합
- 해당사항 없음

■연계 통합
- 그룹제이기로부터 데이터 취득 기능
- 루프제이기로부터 데이터 취득 기능
- 시험 및 연계 프로세서로부터 데이터 취득 기능
- 시험 및 연계 프로세서에 데이터 전송 기능

(5) 제어채널 게이트웨이 응용 프로그램

■단위모듈 통합
- 개별기기 제어신호 선택 기능

■하드웨어 통합
- 해당사항 없음

■연계 통합
- 루프제어기로부터 데이터 취득 기능
- 소프트제어기에 데이터 전송 기능

(6) 성능

■응용 프로그램 실행시간

■CPU 부하율

■통합 응답시간

다. 시험 제외 항목

PLC 운영 시스템 소프트웨어, PLC 응용 소프트웨어 개발 도구 소프트웨어 및 개발 범위에 포함되지 않는 다음과 같은 항목은 시험에서 제외한다.

■루프제어기 응용 프로그램의 제어반신호다중기에 데이터 전송 기능
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 타 디비젼 시험 및 연계 프로세서부터 데이터 취득 기능
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 타 디비젼 시험 및 연계 프로세서에 데이터 전송 기능
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 방사선감시계통에 데이터 전송 기능
■시험 및 연계 프로세서 응용 프로그램의 경보 및 지시계통에 데이터 전송 기능
■캐비닛운전원모듈 응용 프로그램의 정보처리계통에 데이터 전송 기능
■제어채널 게이트웨이 응용 프로그램의 소프트제어기로부터 데이터 취득 기능
■제어채널 게이트웨이 응용 프로그램의 제어반신호다중기로부터 데이터 취득 기능
■제어채널 게이트웨이 응용 프로그램의 루프제어기에 데이터 전송 기능

라. 시험방법 및 기법

시험 대상의 모든 시험 항목이 시험될 수 있도록 시험 사례를 선정하고 예상값을 추출한다.

시험 대상 응용 프로그램을 제어기에 탑제 후 시험사례를 입력 후 시험 결과값과 예상값의 일치 여부를 확인한다.

시험 사례 입력, 결과값 확인은 PLC 응용 소프트웨어 개발 도구 소프트웨어의 데이터 모니터링 기능 및 입출력 모사장치를 이용한다.

3. 계통시험 계획

가. 시험 대상

공학적안전설비-기기제어계통은 그룹제어기, 루프제어기, 시험 및 연계 프로세서, 캐비닛운전원모듈, 제어채널 게이트웨이, 제어반신호다중기, 소프트웨어기, 캐비닛

하드웨어 장치, 관련 수동작동 스위치로 구성된다. 각 제어기는 응용 프로그램과 관련 하드웨어를 포함한다.

계통시험은 공학적안전설비-기기제어계통의 요구사항 및 설계사양에 규정한 기능 및 성능사항에 대하여 모두 시험되어야 한다.

다음 문서들은 계통시험에 대한 기준을 제공한다.

- 공학적안전설비-기기제어계통 설계요건서(KNICS-ESF-SR101)
- 공학적안전설비-기기제어계통 설계사양서(KNICS-ESF-DS101)
- 공학적안전설비-기기제어계통 연계사양서(KNICS-ESF-IR101)

나. 시험 항목

■공학적안전설비 작동기능
- 안전주입작동 기능
- 격납용기격리작동 기능
- 주증기격리작동 기능
- 격납용기살수작동 기능
- 보조급수작동 기능
- 주제어실비상환기작동 기능
- 핵연료취급지역 비상환기작동 기능
- 격납용기퍼지격리작동 기능

■기기제어 기능
- 공학적안전설비 작동에 의한 기기제어 기능
- 소프트제어기 수동 작동에 의한 기기제어 기능
- 최소재고량 수동 작동에 의한 기기제어 기능
- 기타 연계신호에 의한 기기제어 기능

■상태 감시 및 표시기능
- 기기상태 표시 기능
- 시험상태 표시 기능
- 작동상태 표시 기능

■시험 및 진단 기능
- 하드웨어 자가진단 기능

- 운전원시험 기능
- 자동주기시험 기능

■계통 연계 기능
- 발전소보호계통 연계 기능
- 방사선감시계통 연계 기능
- 경보 및 지시계통 연계 기능
- 정보처리계통 연계 기능

■캐비닛 하드웨어 기능
- 조립상태
- 단자대 및 관련 배선
- 전원공급기
- 현장기기 연계 모듈
- 광신호 수신 및 분배기
- 캐비닛 온도, 팬, 도어
- 수동스위치 및 판넬

■성능
- 제어기 처리시간
- CPU 부하율
- 계통 응답시간
- 통신망 지연시간
- 고장모드(Fail-Safe, Fail-As-Is)

다. 시험 제외 항목

■최소재고량제어 기능
■다양성 ESF 수동작동 기능
■격리 및 분리
■내지진
■내환경
■전자파 장애

라. 시험방법 및 기법

시험 대상의 모든 시험 항목이 시험될 수 있도록 시험 사례를 선정하고 예상값

을 추출한다.

시험 사례 입력, 결과값 확인은 캐비닛운전원모듈 및 입출력 모사장치를 이용한다.

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

제 1 절 공학적안전설비-기기제어계통 설계 요건 개발

1. 연구 수행 결과 (목표 달성도: 100%)

공학적안전설비-기기제어계통에 대하여 다음과 같은 항목에 대한 설계 기준을 마련하였고, 이를 기반으로 설계 요건서를 작성하였다.

■안전등급
■내진등급
■다중성
■다양성
■분리 및 격리
■고장대책
■MMI 일반요건
■EMI/RFI 내성요건 및 정전기 방전(ESD) 내성요건
■유지보수 요건
■시험 요건
■확인 및 검증 요건
■접근 및 유지보수
■신뢰성 요건
■품질보증 요건

2. 평가의 착안점

요건의 정확성

3. 자체 평가

기존 호기의 설계 요건, IEEE-603-1998,IEEE-7.4.3.2-2003등을 면밀하게 분석함으로써 공학적안전설비-기기제어계통의 요구사항을 구체적이면서도 명확하게 도출하였다.

제 2 절 공학적안전설비-기기제어계통 연계 사양 개발

1. 연구 수행 결과 (목표 달성도: 100%)

공학적안전설비-기기제어계통과 타 계통(발전소보호계통, 방사선감시계통, 다양성 보호계통, 비안전 제어계통, 정보처리계통, 경보 및 지시계통)과의 연계에 대하여 신호명, 신호 수량 및 특성, 품질 등급 및 연계 특성을 분석하였다.

또한 공학적안전설비-기기제어계통을 구성하고 있는 그룹제어기, 루프제어기, 시험 및 연계 프로세서, 캐비닛운전원모듈, 제어채널 게이트웨이, 제어반신호다중기, 소프트제어기, 주제어실 및 원격 정지실의 수동스위치, 캐비닛과의 연계에 대하여 신호명, 신호 수량 및 특성, 품질 등급 및 연계 특성을 분석하였다.

2. 평가의 착안점

연계 사양의 정확성

3. 자체 평가

기존 호기의 연계 사양에 비해 계통 내부 연계에 대하여 계통을 구성하는 제어기별 입출력에 대하여 정확히 기술하였다.

제 3 절 공학적안전설비-기기제어계통 설계 사양 개발

1. 연구 수행 결과 (목표 달성도: 100%)

공학적안전설비-기기제어계통의 일반기능 사양을 도출하였다.

■공학적안전설비 작동기능
■기기제어 기능
■최소재고량제어 기능
■다양성 ESF 수동작동 기능
■부하순차제어 기능
■상태 감시 및 표시기능
■시험 및 진단 기능

공학적안전설비-기기제어계통 그룹제어기, 시험 및 연계 프로세서, 캐비닛운전원 모듈, 제어채널 게이트웨이, 제어반신호다중기등의 구성 제어기에 대한 상세 기능사양에 대하여 분석하였다.

2. 평가의 착안점

설계 사양의 정확성

3. 자체 평가

계통 설계요건서, 연계사양서 및 기존 호기의 설계사양서를 면밀히 분석함으로써 공학적안전설비-기기제어계통 설계사양서가 갖아야 하는 모든 사양을 구체적이면서도 명확하게 도출하였다.

제 4 절 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 개발

1. 연구 수행 결과 (목표 달성도: 100%)

공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어가 가져야할 일반적인 요구사항 및 구성 제어기별 소프트웨어 연계를 DFD(Data Flow Diagram)으로 표현함으로써 소프트웨어 연계 및 모듈 구성에 대하여 명확히 기술하였다. 또한 각 모듈에 대한 입출력 정의하고, 각 모듈에 대한 기본 알고리즘을 플로우챠트(Flowchart)를 통해 표시하였다.

2. 평가의 착안점

소프트웨어 요건 정확성

3. 자체 평가

IEEE-830-1998를 면밀히 분석하고, 계통 설계요건서, 연계사양서, 설계사양서에 따라 소프트웨어 요구사항을 DFD 및 Flowchart등을 활용하여 명확한 요구사항을 기술하여 각 응용 프로그램의 소프트웨어 명세시 오류 발생 방지 및 이해도를 향상시켰다.

제 5 절 공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 설계명세 개발

1. 연구 수행 결과 (목표 달성도: 100%)

공학적안전설비-기기제어계통의 각 응용 프로그램의 모듈 구성 및 구조, 입출력 변수, 변수 유형, Pset을 이용한 세부 알고리즘을 통해 응용 프로그램이 가져야 하는 특징등을 명세하였다.

2. 평가의 착안점

소프트웨어 사양 정확성

3. 자체 평가

IEEE-1016-1087를 면밀히 분석하고, 계통 연계사양서, 설계사양서 및 소프트웨어 요구사항에 따라 소프트웨어 설계 명세를 PSet에서 사용되는 기호 및 문맥을 통해 기술하여 응용 프로그램 구현시 편리성을 확보하였다.

제 6 절 공학적안전설비-기기제어계통 시험 계획 개발

1. 연구 수행 결과 (목표 달성도: 100%)

공학적안전설비-기기제어계통의 건전성 확보를 위해 시험의 단계를 크게 단위모듈, 통합, 계통 시험으로 구분하고 각 단계별로 시험 대상 선정 및 시험 항목과 시험 제외 항목등을 도출하였다.

2. 평가의 착안점

시험항목 정확성

3. 자체 평가

IEEE-829-1998를 면밀히 분석하고, 각 단계 시험계획서 별 상위 계통 설계문서에서 요구하는 요건등을 도출하여 시험을 통한 계통 건전성 확보할 수 있게 되었다.

또한, 각 단계별 시험 계획서의 시험 범위를 명확히 구분함으로써 시험이 중복되거나 누락되는 것을 방지하였다.

제 5 장 연구 개발 결과의 활용 계획

제 1 절 기대성과

1. 기술적 측면

■전체적인 원전 계측제어기술 확보

- 원전 계측제어계통은 사용되는 제어기기에 따라 설계변경이 수반되어야 하기 때문에 기기 제작기술의 자립 없이는 외국기술의 종속에서 벗어날 수 없다. 따라서 원전 디지털 안전계통 표준 패키지 개발과 캐비닛, 제어기기 및 관련 구성품을 국내 기술로 개발함으로써 전체적인 원전 계측제어기술이 확보될 수 있다.
- 개발되는 디지털 원자로 안전계통은 특정 발전소용만으로 개발되는 것이 아니라 표준 패키지형으로 개발되므로 가동중 원전의 Upgrade나 차세대원자로, 액체금속로, 일체형원자로, 수소가스로, 연구용원자로 등에 적용할 수 있다.
- 본 사업을 통해 안전계통, 비안전제어계통, 운전지원계통의 국산화가 달성되고 나아가서는 통합 패키지인 K-NICS 구축을 위한 핵심기술이 확보됨으로 향후 원전시장에서 기술적 경쟁력을 확보할 수 있다.

2. 경제・산업적 측면

■원전 건설단가 절감

- 계측제어계통의 제어기기가 국산화될 경우 외국사에서 공급되는 기자재 비용의 약 70% 정도에서 공급이 가능하여 외화 절감은 물론 원전 건설비용 절감에 기여를 할 수 있다. 한국형 표준원전 안전계통의 경우 외국사의 공급가격이 약 200억 이나 본 사업을 통하여 국산화 할 경우 기기공급 비용을 30% 절감한 140억 정도에 공급이 가능할 것으로 예상된다.

■원전 유지보수 비용 절감 및 이용률 향상

- 대부분 예비부품을 해외에서 수입하므로 유지보수 비용이 매우 높다. 국내 개발 시에는 개발 및 공급자에 의해서 신속한 유지보수가 가능하기 때문에 유지보수 비용이 크게 절감되어 원전 이용률이 높아질 것이다.

■세계 시장 진출

- 국내 원전 계측제어계통 제어기기는 해외에서 수입되고 있어, 향후 동남아 신규원전 시장 및 국외의 가동원전 Upgrade 사업에 독자적인 해외진출이 어려울 것이다. 그러나 본 사업을 통해 신뢰도 및 안전성을 확보한 디지털 안전계통 및 제어

기기를 국산화하여 기술 및 가격 경쟁력을 갖추게 되면 독자적인 세계시장 진출이 가능할 것이다.

제 2 절 활용방안

■본 사업에서 개발된 안전계통 표준패키지는 특정 원전에 국한된 설계개념을 적용하고 있지 않기 때문에 기존 원전 Upgrade, 새로운 개념의 노형, 신규 원전, 화력 및 일반 산업체에 모두 적용가능 하므로 이들 안전계통 및 주요 공정제어계통에 활용할 수 있다.

■본 사업의 수행으로 개발되는 안전계통 표준패키지는 궁극적으로 통합 계측제어패키지인 KNICS (Korea Nuclear Instrumentation and Control System)를 개발하는데 활용된다.

제 6 장 참고 문헌

[1] "공학적안전설비-기기제어계통 설계요건서", KNICS-ESF-SR101.

[2] "공학적안전설비-기기제어계통 설계사양서", KNICS-ESF-DS101.

[3] "공학적안전설비-기기제어계통 연계사양서", KNICS-ESF-IR101.

[4] "공학적안전설비-기기제어계통 설계요건서", KNICS-ESF-IR101.

[5] "공학적안전설비-기기제어계통 기기제어 기능요건서", KNICS-ESF-FR201.

[6] "공학적안전설비-기기제어계통 프로토타입 제작사양서", KNICS-ESF-ES204.

[7] "공학적안전설비-기기제어계통 소프트웨어 요구사항 명세서", KNICS-ESF-SRS201.

[8] "공학적안전설비-기기제어계통 그룹제어기 소프트웨어 설계 명세서", KNICS-ESF-SDS101.

[9] "공학적안전설비-기기제어계통 루프제어기 소프트웨어 설계 명세서", KNICS-ESF-SDS231-02.

[10] "공학적안전설비-기기제어계통 시험 및 연계 프로세서 소프트웨어 설계 명세서", KNICS-ESF-SDS103.

[11] "공학적안전설비-기기제어계통 캐비닛운전원모듈 소프트웨어 설계 명세서", KNICS-ESF-SDS104.

[12] "공학적안전설비-기기제어계통 제어채널 게이트웨이 소프트웨어 설계 명세서", KNICS-ESF-SDS105.

[13] "공학적안전설비-기기제어계통 제어반신호다중기 소프트웨어 설계 명세서", KNICS-ESF-SDS106.