기·획·시·리·즈 ·❶

원전계측제어시스템 개발 및 실용화 전략

김 국 헌 / 한국전기연구원 원전계측제어시스템 개발사업단장

국내 원전계측제어시스템 시대별 현황

현재 국내 가동중이거나 건설중인 원전은 캐나다 AECL에서 공급한 중수로형 원자로인 월성1,2,3,4호기 외에는 대부분이 가압경수로형 원전으로, 공급회사는 미국의 웨스팅하우스 사와 최근 웨스팅하우스로 합병된 ABB-CE사, 프랑스의 프라마톰 사 등이다. 이러한 여러 원전 공급회사는 아주 다양한 계측제어계통을 공급하였으며, 이는 가동중인 원전에서 유지보수 업무를 어렵게 하는 주요 요인이 되었으며, 특히 30-60년 수명을 가지는 원전에서 계측제어기기의 단종에 취약할 수밖에 없도록 하였다.

특히 계측제어분야는 가장 부가가치가 크면서도, 별도의 생산설비 투자가 거의 필요없으며, 3D 업종과 관련이 적다는 면에서 기술이전이나 협력 등이 불가능했던 분야이다. 그러나 최근의 세계적 추세나 우리나라의 전자, 정보, 컴퓨터, 제어 및 통신분야 기술의 발전은 원전의 계측제어기기 개발과 함께 이들을 여타 안전필수 산업(예: 항공우주, 교통 및 철도, 철강 및 화공, 방산 등)에도 공통으로 활용할 수 있는 기반의 제공을 가능하게 하고 있다.

이러한 시대적, 상황적 변화에서 KNICS (Korea Nuclear Instrumentation and Control System) 개발사업을 통하여 국내외 원전에 적용할 디지털계측제어기기와 기술을 개발하고, 타 관련산업의 기반을 확고히 하고자 한다.

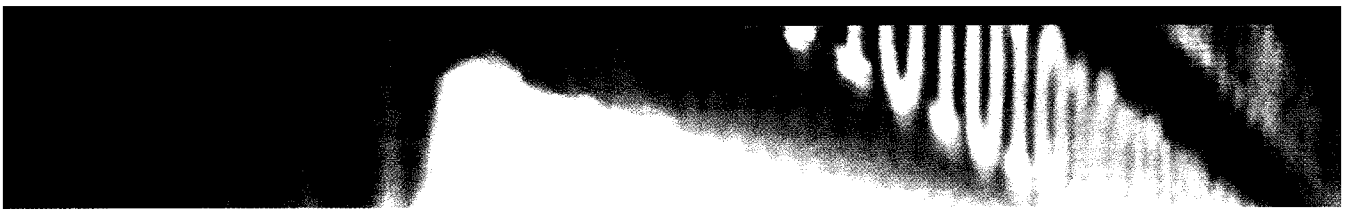
다음은 우리나라의 원자력발전소를 계측제어관점에서의 대표적 단계로 구분하여 본 것이다.

고리 1,2호기

아날로그 기술기반의 전자회로로 이루어진 웨스팅하우스 사의 7300 Series를 기반으로 하는 국내 최초의 원전으로, 고리 1호기의 경우 Foxboro 사의 디지털기기 등으로 교체되었으며, 1호기의 추가적인 교체 및 2호기 교체도 검토 중인 것으로 알려지고 있다.

영광 3,4호기 :

후속호기인 울진 3,4호기가 한국 표준형 원전(KSNP)으로 국내 독자 설계될 수 있었던 기반을 제공하는 원전으로, 보호계통은 ABB-CE 사가 공급한 아날로그 기술 기반의 전자회로 캐비닛, 1차계통의 제어에는 Foxboro사의 아날로그와 디지털 방식 병용, BOP 제어계통에는 Forney 사의 ILS를 채택하고 있다. 이는 비록 부분적이지만, 제어계통에 디지털 방식이 최초로 적용된 것으로, 국내 인허가 획득에 상당한 시간이 소요되었다. 이와 더불어 운전감시 및 데이터 취득에도 Workstation 기반의 컴퓨터가 도입됨으로써 아날로그 기술 시대로부터 디지털기술로의 변신이 시작되는 시점이었다. 이 시기에 미국의 ALWR 계획, 프랑스의 N4 발전소 등 원전 선진국에서는 디지털기술 적용 및 이에 따른 인허가 요건 개발에 박차를 가하고 있었다.



울진 5,6호기 :

현재 건설중으로 상업운전을 목전에 두고 있는 이 원전의 특징은 보호계통에 ABB Advent PLC (AC160)가 적용되므로써 원전 계측제어계통에서 가장 핵심인 보호계통에 디지털기술이 적용되었다는 점과 국내 인허가 기관의 승인을 획득하였다는 점에서 의의가 크다.

신고리 1,2 호기 :

지난 해 계약이 이루어져 설계가 진행 중인 원전으로, 울진 5,6호기와 비교했을 때 주제어실 경보 및 운전감시 계통에 KOPEC에서 설계하고 국내 산업체가 제작하는 PMAS를 채택하였다는 점에서 신규 발전소에 진정한 의미에서 국산화 기기 공급이 시작되는 원전이다. 또한 기술적인 측면에서는 그간 원전에서 적용이 보류되어 온 DCS가 일부 비안전제어계통에서 적용되기 시작한다.

신고리 3,4 호기 :

한수원 주도로 국내 기술진에 의해 설계되고 국내에서 설계인증한 최초의 원전인 APR1400으로, 계측제어계통은 대형화면과 착석식의 소형제어반 중심으로 구성된 첨단의 주제어실을 가지며, 통신망을 근간으로 모든 계측제어계통이 통합됨으로써 디지털기술의 장점을 극대화한 계측제어계통이다. 현재 협상중인 웨스팅하우스로 낙찰되면 COMMON-Q PLC 시스템과 OVATION DCS를 기반으로 구성하게 된다.

차후의 원전 :

KNICS 사업단은 향후 건설될 원전에 국산기기를 기반으로하는 Total I&C system의 공급이 가능하도록 연구개발을 진행하고 있다.

원전 계측제어시스템의 세계적 개발 방향

원전 시장은 최근 웨스팅하우스 사를 중심으로 하는 미국과 프라마톰을 중심으로 하는 유럽의 두 축을 중심으로 재편되었다. 이에 따라 원전 계측제어계통 시장도 미국 Westinghouse 사는 제어 및 운전감시용 Ovation DCS와 보호 및 안전계통에 AC160 PLC 기반의 Common Q system을 개발하였으며, 독일 지멘스사는 PLC 기반의 Teleperm XS를 보호 및 안전계통에, Teleperm XP DCS를 비안전 계측제어계통 플랫폼으로 개발하였다. 이들은 제품 개발에 적용한 기술과 고려된 설계요건이 거의 일치하고 있다는 점에서 사용자 측면에서는 기술적인 우열을 가리기가 어렵다. 비록 서로 적용하는 인허가 요건에서 약간의 차이는 있지만 디지털기술의 도입과정에서 대부분이 서로의 적용기준을 참조하고 있다. 공통적인 특징으로는 원전기기 전용의 제품을 개발하기 보다는 일반 산업체에서 많은 운전 경험을 거친 제품을 선정하여 원자력 기준을 만족하도록 설계변경하였다는 점으로 세계적으로 가장 많은 고객을 확보하고 있는 모델들이다.

과거의 원전 전용의 통신망 개발 방식은 개발비용 대비 경제성이 적어서 산업체의 호응을 얻지 못하게 되었고, 결과적으로 최근에는 안전계통 내부의 일부 통신방식을 제외하고는 신뢰성이 입증된 산업용기술을 설계요건에 맞게 보완함으로써 원전 계측제어기기뿐만 아니라 고안전도가 요구되는 산업분야에도 활용하고자 하는 추세를 보이고 있다. 이러한 세계적 추세를 볼 때, 전자 및 정보산업 기반이 성숙된 국내 기술만으로도 원전 계측제어기기 개발 및 실용화가 충분한 것으로 평가되고 있다.

국내 개발 현황

KNICS 투자 및 참여기관

과학기술부에서 원전계측제어사업단을 발족하여, 7년간 약 500억원의 정부지원금으로 KNICS 개발을 추진하고 있으며, 본 사업에 참여하고 있는 기관은 다음과 같다. 연구기관으로는 한국원자력연구소와 한국전기연구소, 안전기술원, 한국전력연구소, 서울대 기초(연)이, 산업체로는 한국전력기술(주),

두산중(주), 포스콘(주), 삼창(주), 우리기술(주), BNF Tech., 액터(주) 등이, 학교로는 서울대, KAIST, 제주대 등 여러 대학교에서 직접 참여하고 있으며, 이 외에도 한수원 및 여러 기업체에서 간접적으로 참여하는 국가적 사업이다.

과제 구성

본 사업은 그림 1과 같이 디지털안전계통개발, 인허가확보기술개발, DCS개발, 제어봉구동장치제어계통개발, 운전 및 감시지원기술개발의 5대 핵심과제와 개발결과의 실용화를 위하여 몇 개의 기술지원과제로 구성된다.

각 과제의 상세한 기술적 특성은 본 특집 내의 각각의 기술원고에 상술되어 있다. 과제는

- 기술 및 제품 개발 과제(6과제)
- 설비구축 과제(1과제)
- 인허가 가능성 사전 검토 및 인허가 확보 준비 과제(2과제)
- I&C 계통 설계 및 기술 지원을 위한 통합 과제(1과제) 등으로 이루어져 있다.

실용화 전략

기술 및 제품의 개발보다도, 새로운 제품을 적용하기위한 준비와 설득, 외국기업과의 경쟁이 훨씬 더 어렵고, 전략이 필요하다는 것이 실용화의 어려움이다.

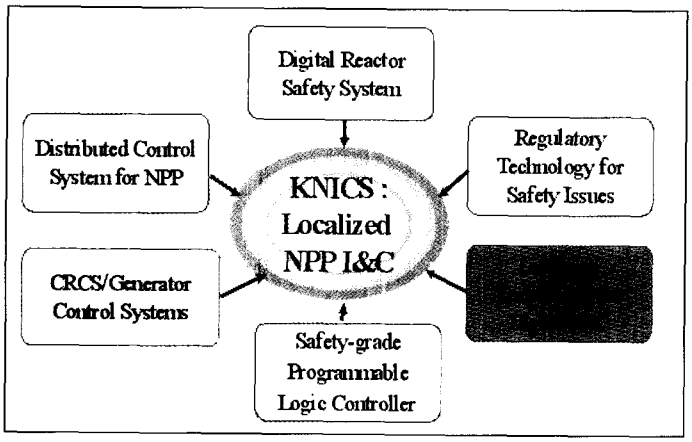


그림 1 KNICS 과제 구성

실용화 방해 요소

- 국산품을 처음 사용하는 것에 대한 사용자의 심리적 부담감(적용실적 요구)
- 기존 외국 협력사의 횡포(국내의 기술 미확보분야에 대한 무리한 요구조건 등)
- 국내 기업간의 무리한 경쟁 분위기

극복 전략

- 실증 및 신뢰성 확보 전략

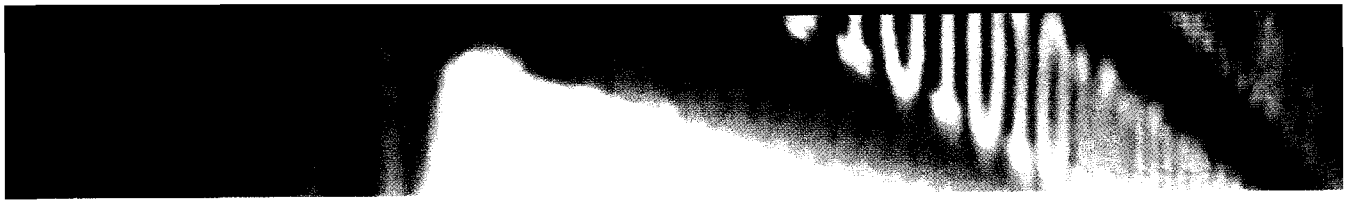
개발기기의 신뢰성 확보를 위하여 많은 시험과정과 수정기간을 개발공정에 반영하였다. 개발요건 대비 개발결과를 분석하고 문서화하며, 개발기기의 프로토타입은 공개적으로 시험하여 기능을 확인하고, 신뢰도분석은 물론 제 3 기관으로부터 개발기기의 검증시험을 의뢰하여 성능을 확보한다. 또한 기개발된 기기들을 통합운전하며 성능확인과 함께 장기 실증시험 운전이 가능한 체계를 구축한다.

- 인허가 확보전략

본 사업은 국산기기의 현장적용을 목표로 개발되므로 인허가 과정을 피할 수 없다 이를 위하여 규제기관의 규제지침을 반영한 개발요건을 설정하고, 품질보증 체계 하에서 개발 및 검증절차에 따라 이들을 개발한다. 또한 인허가 기간을 줄이기 위해 개발 초기부터 규제기관과 예상되는 기술적인 문제점을 사전에 협의한다. 특히 S/W 검증기술은 많은 협의를 필요로 하는 분야로 원전뿐만 아니라 타 산업에의 파급이 기대된다.

- 가동원전 적용 전략

일반적으로 10-20년 검증수명을 가지는 원전 계측제어 기기는 운전 중 주기적으로 교체되며, 특히 20년 이상 되면 전면 교체



가 이루어지는 것이 일반적이다. 따라서 1980년대 초반에 상업운전을 개시한 국내 원전은 설비개선 공사가 요구되며, 이 때 본 사업의 결과를 적용할 수 있다. 가동원전의 경우 교체공사 기간이 핵연료교체 기간 정도로 짧다는 점에서 공정 측면에서 사전 준비가 철저히 요망된다. 그러나 별도의 계통설계 없이 기기교체 수준으로 공사가 이루어지므로 기기 검증 및 제작 시 품질관리가 관건이 된다.

- Total I&C Package 설계

신규원전에 국산기기를 적용하기 위해서는 계약 준비 단계부터 건설 및 운영 인허가 획득까지 전 과정에 대한 계획이 마련되어야 한다. 계통설계로부터 제공되는 설계사양에 따라 기기를 제작, 시험하고 설치, 시운전하는 과정에서 수많은 문서생산이 요구된다. 그러나 본 사업에서 표준 플랫폼으로 개발하는 기기는 국내 신규원전의 설계요건을 충분히 만족시킴으로써 이에 대비하고 있으며, 또한 국내에서 설계 및 제작사가 사전 기술협의를 통해 주요 현안을 해결하고 있다는 점에서 타 외국 제품에 비해 유리하다.

- 국내 기업간 협력체계 구축

주기기 공급사를 중심으로 국내 I&C 관련기업의 협력체계를 구축하여 과도한 상호경쟁을 억제하고, 수요자에게는 합리적인 가격으로 최고의 품질과 충분한 A/S를 제공하고, 공급자는 적정 이윤과 신뢰를 확보하여 국내시장을 공동으로 방어하며, 해외진출을 시도한다.

- 해외 수출 전략

현실적으로 미국이나 서유럽으로의 수출은 현재 고려치 않고 있다. 그러나 동유럽에는 구소련에서 공급한 원전이 많이 가동되고 있으며, 이들 대부분은 노후화된 상태로 설비개선이 시급한 상황이다. 따라서 사업단에서는 이를 위한 계획을 마련 중에 있다.

- 적극적 홍보와 영업활동

원전계측제어사업단은 제품 및 기술 개발에 대한 전적인 책임뿐만 아니라, 실용화에 대한 책임도 지고 있으므로 참여기업 및 기업 협력체를 선도하거나 지원하는 영업활동을 수행하며, 관련 산업분야의 Consensus를 도출하기 위한 적극적인 홍보활동을 계획하고 있다.

맺음말

그간 원전에서 계통설계 및 대부분의 주기기가 완전 국산화 되었음에도 불구하고 계측제어 기기는 원전의 신경망으로서의 중요성, 외국에서의 기술이전이나 협력 기피, 그리고 원자력분야에서 계측제어에 대한 상대적 경시 등으로 국산화가 거의 되지 못했던 분야이다. 따라서 공급기기는 외국기술에 전적으로 의존하였으며, 더구나 디지털기술의 도입으로 통합 계측제어개념으로 설계됨으로써 기술의 종속은 심각한 수준이 될 수밖에 없었다. 따라서 본 사업은 첨단 계측제어 기기의 국산화 및 현장적용을 목표로 수행중이며, 기기 및 기술의 개발은 100% 확신하는 단계이다.

KNICS 사업에서 추진하는 원전계측제어시스템은 원전의 형태에 따른 영향이 적으므로, 다양한 형태의 가동중 원전 및 신규 원전에 적용할 수 있을 뿐만 아니라, GEN IV(Generation 4) 등의 미래형 원전에도 적용이 가능할 것으로 사료된다.

마지막으로 언급하고자 하는 사항은, 앞의 실용화 방해 요소에서 언급한 것과 같이, 기술개발보다도 최초의 plant에 적용하는 것이 최대의 관문이며, KNICS 개발사업 참여자들은 "출산경험이 없는 건강한 처녀와 총각이 멋진 2세를 생산하듯이, 건전하게 개발된 KNICS가 처음 사용되더라도 일체의 문제가 없도록" 최선을 다할 것입니다. 산학연 전문가들의 관심과 지도편달을 부탁드립니다.