

고기능 자동핵종분석 소내 디지털 방사선 감시시스템

하달규, 황주호, 박성준
(주)하이텍홀딩스, 경희대학교, (주)하이텍홀딩스.

Digital Radiation Monitoring System for High-functioning Auto Radionuclide Analysis

1. Introduction

원자력발전소 디지털 방사선 감시계통(Digital Radiation Monitoring System)은 원자력발전소의 핵분열과정에서 발생하는 방사선으로부터 대중 및 발전소 직원을 보호하기 위한 것으로 Fuel 와 Fuel cladding 의 failure 와 증기발생기(Steam Generator)의 primary/secondary leakage 와 냉각장치, 냉각수 공급장치의 동작 및 기체처리 System 의 동작에서 비정상적인 발전소 condition 에 대한 주의를 운전원에게 제공한다. 디지털 방사선 감시계통은 원자력발전소내 특정지역의 방사선 준위를 감시하는 지역방사선 감시계통(Local Area Radiation Monitoring System)와 기체 및 액체가 통과하는 계통의 방사선준위를 감시하는 기체방사선 감시시스템 및 액체방사선 감시시스템의 계통 방사선 감시계통으로 크게 구분된다. 본 연구개발은 원자력발전소내 기체 및 액체가 통과하는 계통의 방사선 준위를 감시하는 계통방사능 감시시스템을 국제방사선방호위원회의 ICRP-60 권고안의 대비 및 방사능 정밀감시를 위하여 실시간 방사능감시 및 자동핵종분석이 가능한 LCU(Local Control Unit)를 개발하였으며 감시시스템의 소형화를 구현하고 운영체제와 호환성 있는 설계와 동시 방사능감시와 핵종분석을 위한 제어 알고리즘 및 응용 Program 을 개발하였다.

2003 년 5 월부터 산업자원부 전력산업연구개발사업의 일환으로 총 41 개월의 연구기간동안 방사선 계측 알고리즘 및 핵종분석 알고리즘 개발, 회로설계 및 시제품개발, 국내공인시험인증기관의 기기검인증 시험등의 과정을 거치면서 성능향상 및 수정보완을 거듭한 결과, 자동 및 수동 핵종분석이 가능한 계통방사능감시 및 순수 국내 기술을 이용한 디지털 방사선 감시시스템을 개발하였다.

2. Components of Digital Radiation Monitoring System

개발된 디지털 방사선 감시시스템은 원자력발전소내 기체계통의 기체방사능을 감시하는 PIG, PI Monitor 와

액체계통의 액체방사능을 감시하는 Liquid Monitor 로 나뉘어 진다. 각각의 감시시스템은 SKID 와 현장제어를 위한 LCU(Local Control Unit)로 구성되어지며 SKID 부분은 Detector 를 포함하는 Sampler, Purge, Valve, Pump, 유량전송기, 압력전송기 관련배관등으로 구성되고 LCU 부분은 Detector 및 전송기의 신호를 받아서 제어, 지시기, 경보기 및 표시램프를 포함하는 현장 Panel 로 구성된다.

2.1 PIG Monitor

개발된 기체방사능감시를 위한 PIG Monitor 는 원자력발전소의 duct 나 stack 의 air 에서 베타 및 감마방사능을 측정한다. Moving Filter 에서 걸러진 공기의 입자에서 방출하는 베타방사능을 검출, 측정하며 Iodine 은 Sampler 로 유입되는 Gas 중 Particulate Filter 에서 제거된 Gas 에서 Iodine 감마 방사능을 검출하고 측정한다. LCU 에는 자동 및 수동 핵종분석을 위한 핵종분석모듈을 포함하여 감시 및 분석이 동시에 이루어질수 있도록 설계, 구성하였다.



[Figure 1] Drawing of PIG Monitor

2.2 Liquid Monitor

Liquid Monitor 는 Process 계통의 액체를 Sampling 하도록 구성되어져 있다. 일정한 유량을 유지하기 위하여 Pump 및 Liquid sampler, 유량지시계, inlet 과 outlet

차단밸브등으로 구성되고 LCU 는 detector 신호 및 각 monitor 의 동작을 컨트롤하고 Front Panel 에 display, 경보, 알람, 램프 및 방사능값 및 시스템 status 등을 중앙전산기에 전달하여 항상 현장을 감시, 제어한다.

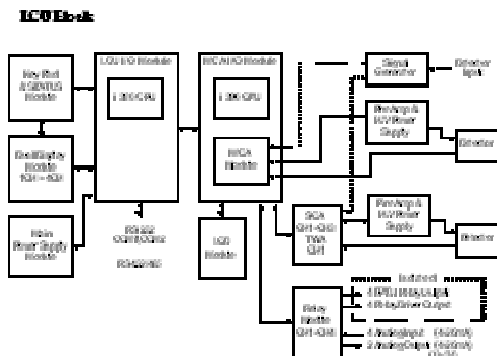


[Figure 2] Drawing of Liquid Monitor

3. Local Control Unit

3.1 고기능 자동핵종분석이 가능한 LCU 설계 및 개발

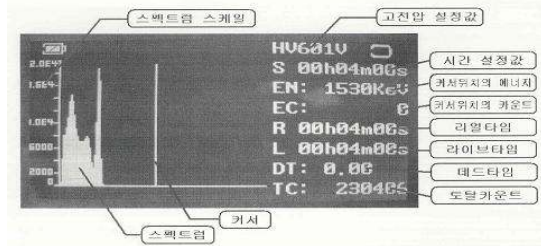
LCU는 디지털 방사선 감시시스템 계측 Controller로서 핵종분석모듈을 포함하여 각각의 기능을 담당하는 총 13 개의 전자모듈로 구성하여 보다 정밀한 방사선량의 계수와 방사선의 핵종분석을 할수 있도록 개발하였다. Detector로부터 출력된 전기적 펄스의 파고를 측정하여 그 펄스값을 디지털로 변환시켜 분류된 채널 값으로서 핵종의 방사선량을 나타내고 실시간 데이터 처리를 통하여 LCU의 Particulate, Iodine, Gas Channel의 단순한 계수량 보다는 실제 어떤 핵종이 감지되었는가를 파악할수 있으며 경보시 경보상황알림과 함께 계수되는 방사선 값에 대응하는 핵종을 자동으로 정확히 알아 낼수 있으며 동시에 계측된 핵종에 해당하는 방사선량을 실시간으로 Display 할수 있다.



[Figure 3] Drawing of LCU

3.2 방사선감시 및 핵종분석 연동알고리즘 개발

감시신뢰성 향상을 위하여 개발 전주기에 걸쳐 소프트웨어 확인 및 검증(V&V) 과정을 거쳐 실시간 정확한 방사능 검출데이터 산출 및 핵종분석을 위한 연동알고리즘을 개발하였고 각종 안전관련 I/O 알고리즘을 최적화하였다. 또한 Local, Remote, Test 의 3 단계 운전체계 분리에 의한 최적화된 감기기능 알고리즘을 개발하였다.



[Figure 4] Radionuclide Analysis

4. Conclusion

본 연구는 기존의 원자력 발전소 소내 방사선 감시시스템의 성능을 개선하고 발전소내의 안전성을 확보하는 새로운 시스템의 개발에 목적을 두고 있다. 기존의 감시시스템보다 성능 및 기능이 개선된 감시시스템의 국산화 개발 단계로 우선 DRMS 에서의 기체방사선감시장치의 구조를 이해하기 위해 각 원자력발전소내 감시장치에 관한 자료를 수집, 활용하였으며 이에 관련된 연구동향등을 조사하여 현재 사용중인 방사선 감시장치에서 발생하는 문제점을 이해하고 분석하였다. 이러한 조사, 분석된 결과들을 이용하여 각 원자력발전소의 방사선감시시스템에서 단순한 현장제어가 아닌 자동핵종분석이 가능한 Local Control Unit 를 설계, 개발하였으며 방사선감시장치의 부품중 국산화 제작이 가능한 Moving Particulate Sampler, Iodine Gas Sampler, Liquid Sampler, Check Source 를 소형화 및 경량화하여 국산화 제작하였다. 또한 기존 방사능감시시스템중 LCU 는 Single Channel Analyzer 로 구성되어 있어 국제방사선방호위원회 ICRP-60 신권고의 강화된 방사능 경보설정치 적용시 경보발생가능성이 높아지며 실시간으로 방출에 대한 계산을 할수 없으며 핵종별 효율확산인자를 고려하지 않고 일정한 값을 사용하여 측정정밀도가 떨어졌다. 이러한 불리한점을 극복하기 위하여 자동핵종분석모듈을 연동하여 LCU 를 개발하여 원자력발전소 종사자의 편의와 방사능 측정의 정밀도를 높일수 있고 ICRP-60 에 따른 대책을 마련할수

있도록 하였다. 또한 개발한 시스템에 대하여 국가공인시험인증기관인 한국산업기술시험원과 전력연구원 내진그룹실로부터 환경시험, 전자파시험, 내진시험의 기기검인증을 우수하게 통과하여 개발시스템의 신뢰성을 확보하여 국내의 개발업체가 전무하여 전량 외국제품에 의존하고있는 소내 디지털 방사선 감시시스템을 감시 및 동시 고기능 자동핵종분석이 가능한 UPGRADE 된 기술로 원자력발전소 핵심장비의 국산화에 이바지하여 원자력발전소 건설 및 설비교체시 400 억원의 수입대체효과를 가져올것이며, 운용유지보수 및 부분품 교체에 따른 7 년간의 국내물량 약 70 억의 국내조달이 가능하여 원자력발전소 신규건설시 건설단가의 절감효과와 자체기술 확보에 따른 발전플랜트가동률 향상에 기여할것이다.

REFERENCES

- [1] Dr. Hans Kiefer and Dr. Rupprecht Maushart, Radiation Protection measurement, Vol. 140, P. 198, 2002
- [2] FRANK H. ATTIX, WILLIAM C. ROESCH, Radiation Dosimetry, Vol 235, p.159, 2004