

PLC를 이용한 Single Tower Drier 운전 적용에 관한 연구

박종범, 양승권, 박익수
한국전력공사 전력연구원

An Application of a PLC to a control System for a Single Tower Drier in Nuclear Power Plant

Jong Beom Park, Seung Kwon Yang, Ik Soo Park
Korea Electric Power Research Institute.

Abstract

A control system using a PLC has been developed for a single tower drier(STD) in a CANDU type nuclear power plant. This system will replace the existing STD control system which was implemented with mechanical timers and relays. The new control system makes it possible for an operator to perform more precise time and dew point control for the STD, thanks to the high efficiency and flexibility of the PLC. The operational cost for the control system is much reduced compared to the existing system.

1. 서론

CANDU형 원자로의 중수증기 회수 계통은 원자로 건물안의 습분을 고려하지 않고 기계식 타이머를 이용해 일정 시간마다 계통의 운전모드를 전환시키는 시퀀스제어로 설계되어 설비가 비효율적이며 중수회수 능력 저하 및 작업자의 삼중수소 피폭을 증가시키는 등의 결과를 초래하고 있다. 이러한 기존제어의 문제점들을 해결하기 위해 기존 기계식 타이머 방식을 Micro Processor가 내장된 PLC를 사용한 타이머 방식으로 바꾸었다. 또한, 제어의 정확성과 효율성 향상을 위해서 노점제어 방식을 프로그래밍하여 PLC 제어가 되도록 설계하였는데 이러한 두 방식은 운전원의 선택에 따라 시간 및 노점제어가 가능하게 되어있다. 중수증기 회수 계통은 크게 Single Tower 형태와 Dual Tower 형태로 나누어지는데 지면상의 제약으로 본 논문에서는 Single Tower 형태에 대해서만 논의 하고자 한다.

2. 중수증기 회수 계통의 특성

원자로 건물은 많은 계통과 기기들이 들어있는 운전지역과 출입지역이 있어 원자로 운전중 또는 정지 및 보수기간 중에 중수증기나 액체 중수의 누설이 발생된다. 이러한 지역은 크게 두 개의 지역으로 나누어 삼중수소의 오염을 줄이도록 설계되어 있다. 즉, 중수증기 회수 계통과 환기계통 지역으로 나누어지며 중수 누설가능성이 큰 지역에는 중수증기 회수 계통을 설치하여 오염된 공기를 순환시켜 오염방지는 물론 고가의 중수를 회수하는 반면, 누설 가능성이 작은 지역에는 환기계통을 설치, 오염된 공기를 저장시킨후 대기로 방출시킴으로써 격납 용기내의 삼중수소의 축적을 방지하고 있다.

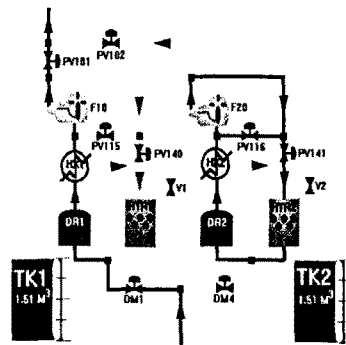


그림 1. Single Tower Drier 계통도

3. 기존 제어시스템

Single Tower Drier은 1-2, 3-4, 7-8, 9-10 으로 구성되며 각 두 개씩 묶여 한 계통을 이루고 재생 5시간, 흡습 10시간으로 고정 설정되어 있다. 또한 이들은 기계식 타이머에 의하여 제어되고 있으며 서로 연동되어 있어 동시에 재생운전 될 수 없다.

재생온도는 모두 175℃ 로 설정되어 있다.

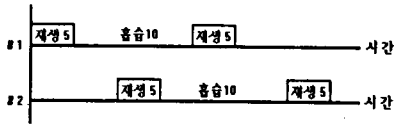


그림 2. 기존 제어

그림 2와 같이 기존제어는 기계식 타이머를 이용하여 제어시간을 설정하기 때문에 정확한 시간 설정이 불가능하므로 이로 인한 오차시간이 여러주기 동안 누적될 경우 주기가 적은 쪽이 두번 연속 재생모드에 들어가게 되고, 다른 한쪽은 인터록으로 인해 상대편 재생이 끝날 때 까지 흡습상태로 대기해야 한다. 결국 재생시간 만큼 더 흡습 후 재생에 들어가야 하므로 Dryer는 포화상태가 되어 출구노점은 입구노점보다 높아지게 된다. 또한, 모드전환의 주요한 기능을 맡고 있는 기계식 타이머의 잦은 점점 고장으로 모드전환이 제대로 이루어지지 않은 채 한쪽 Dryer는 계속 재생모드, 상대편 Dryer는 계속 흡습모드로 운전되어 Dryer의 성능을 제대로 발휘하지 못 한다. 즉 Dryer의 성능을 상실한다는 의미이다. 기존 시스템은 타이머 고장에 대한 경보장치가 설치되어 있지 않아 운전원의 고장 감지가 어려운 실정이다.

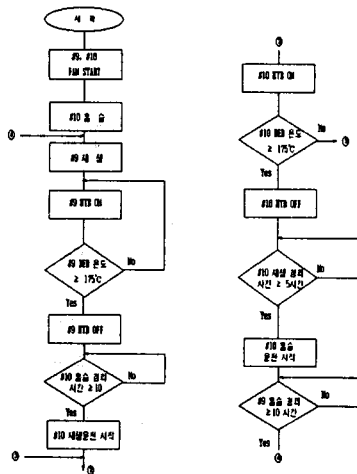


그림 3. 기존시스템의 Flow Chart

4. 실험장치 및 제어 알고리즘

실험을 위해 개발한 장치의 구성도는 그림 4와 같다. 프로세스 모듈은 PLC 기본 모듈로서, 시스템 관련 기기의 관리 및 운전을 담당하며 16비트 마이크로 프로세서를 내장하고 있고, 입출력 가능 신호

수는 디지털 신호일 경우 최대 1600점, 아날로그 신호일 경우 최대 100점이다. 디지털 입력 모듈의 정격입력전압은 DC 12-24V이고, 모듈 1개의 입력 점수는 32점이며 극성은 무극성이다. 또한 디지털 출력 모듈은 32점이며, 아날로그 입력캡슐의 입력 신호 전압 범위는 0-10V이고, 입력점수는 8점이다. 중수증기 회수 계통의 디지털 신호를 받아들이기 위해 각 점점에 병렬로 설치한 입력 릴레이와 PLC에서의 출력 인터페이스 릴레이 및 기존시스템과 PLC간의 운전 절환 릴레이 보드가 설치되어 있다.

기존제어 방법으로 운전할 경우에는 입구노점과 주위온도의 변화에 대해 시스템을 자동운전할 수 없으므로 Dryer 출구노점은 전혀 제어하지 못할 뿐만 아니라, 원자로 건물내 삼중수소의 농도를 적절히 감소시키지 못한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 그림 4와 같이 구성한 실험장치를 사용하여 출구노점과 베드의 온도를 제어변수로 사용한 제어 알고리즘을 PLC 운전 프로그램인 Ladder Diagram 으로 그림 5와 같이 구현하였다.

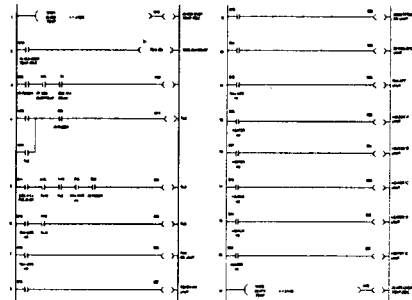


그림 5. Ladder Diagram

PLC로 운전되는 제어방식을 살펴보면 흡습에서 재생으로의 운전모드 전환시 Dryer 출구노점을 제어인자로 이용하였으며, 재생에서 흡습으로의 운전모드 전환은 냉각중 일때의 베드온도를 이용하였다. 즉, 흡습운전중 시간의 흐름에 따라 베드가 점점 중수증기를 많이 흡습하여 흡착성능이 저하되면 Dryer 출구노점이 상승하게되고, 설정점 -36℃에 도달하면 흡습에서 재생모드로 운전 전환하게 된다. 재생모드로 들어가면 가열기가 켜지고, 흡착제 베드의 온도가 설정점 175℃에 도달한 후 가열기가 꺼지면 베드가 점차적으로 냉각되기 시작한다. 냉각운전중 베드의 온도가 설정점 45℃에 도달되면 재생에서 흡습모드로 전환하게 된다. 위에서 설명한 내용을 도시하면 그림 6과 같다.

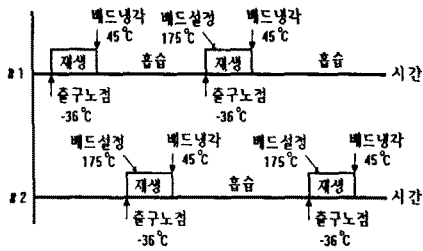


그림 6. 개발한 알고리즘(Single Tower)

5. 결 론

본 연구의 시작 및 추진방향은 당초에 문헌검색과 국내·외 기술자료 수집을 통한 중수증기 회수 계통의 개선방안 도출 및 타당성 검토가 목표이었으나 연구방향을 실험장치 개발 및 현장 적용으로 바꾸고 Single Type 한 계통에 기존시스템과 병렬로 설치하여 실험하는 것으로 변경되었다. 실제로 관련 기기를 현장에 설치하여 여러 가지 시험을 수행하였고 많은 현장 데이터들을 수집할 수 있었다.

아울러 급변 개발된 PLC를 이용한 제어로 말미암아 기존 기계식의 단순 시간 설정에 의한 제어방식을 노점제어 및 PLC를 사용한 정확한 시간제어로 운전 가능하게 되었다. 개발된 PLC는 기존설비와는 달리 원자로 건물내의 습분량에 따라 흡습시간이 자동 가변될 뿐 아니라 재생운전이 끝나고도 일정시간 휴지상태로 운전되는 단점을 개선했으며, 기존설비의 일정 사이클후 주기가 짧은 Dryer가 2번 연속 재생되는 문제를 해결할 수 있었다. 본 설비의 효율적,경제적 운전으로 인해 중수회수 능력을 향상 시켰고, 작업자의 삼중수소 체내피폭 최소화 및 전력소비 절감을 가능케 하였다.

향후에는 Dual Tower Drier의 제어방식 및 MMI 화면 개발, 적용을 통해 PLC로 전 중수증기 회수 계통의 제어 및 상기 효과들의 장점을 극대화 할 수 있을 것으로 예상된다.

(참 고 문 헌)

[1] "Canadian Tritium Experience", Canadian Fusion, Echnology Project, Ontario Hydro, 1989. .
 [2] M. Nakshima and E. Tachikawa, "Removal of Ttitiated Water Vapour by Molecular Sieves 5A

and 13X, Silica Gel and Activated Alumina ", J .Nucl.Sci.Tech 19-7.

[3] AECL Proprietary, "Reactor Building D₂O Vapour Recovery System", DM 59-38310.

[4] AECL Proprietary, "Dryer for D₂O Vapour Recovery in a Nuclear Power Station". TS 59-38317.

[5] "The 3rd CANDU Technology Course Part II D₂O, Tritium Management and Health Physics ", KAERI Nuclear Safety Center, 1985.

[6] "STARCON-MF PROGRAMMING 기초과정 매뉴얼 ", LG 산전, 1994.

[7] "STARCON-MF PROGRAMMING 고급과정 매뉴얼 ", LG 산전, 1995.

[8] 신상운, 정양근등, "월성 원자력 1호기 삼중수소 제거 방안연구", 한국전력공사, 1989.

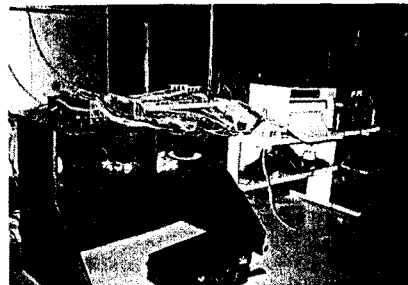


그림 7. 현장설치 장면



그림 8. 현장설치 작업 장면