

정화환경에 대한 실시간감시체계의 실현에 대한 연구

조성일, 김만식, 한광복

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학자, 기술자들은 사회주의경제발전의 요구에 맞게 인민경제 모든 부문의 생산기술 공정과 생산방법, 경영활동을 새로운 과학적토대위에 올려세우는데서 나서는 과학기술적 문제를 전망성있게 풀어나가야 하겠습니까.》(《김정일선집》 증보판 제11권 138페이지)

무진화, 무균화가 실현된 생산공정의 정화환경에 대한 실시간감시체계를 구축하는것은 공기정화체계의 정상운영상태를 감시하며 생산공정의 정화구역들에 대한 환경의 실제적인 상태(온습도, 압차, 미립자수 등)를 실시간적으로 감시기록함으로써 생산환경에 대한 사전 위험예보, 추적조사 등을 실현하여 제품생산의 안전성을 담보하는데서 매우 중요한 의의를 가진다.[1, 2]

우리는 다통로순회검측기를 리용하여 무진화, 무균화가 실현된 생산공정의 정화 환경에 대한 온습도, 압차, 미립자수를 측정하기 위한 체계를 구성하고 Modbus RTU규약에 기초한 실시간감시프로그램을 작성하며 현장실험을 통하여 그 효과성을 검증하기 위한 연구를 하였다.

1. 실시간감시체계의 구성

실시간감시체계는 현장층, 자료수집 및 관리층으로 구성되어있다.(그림 1)

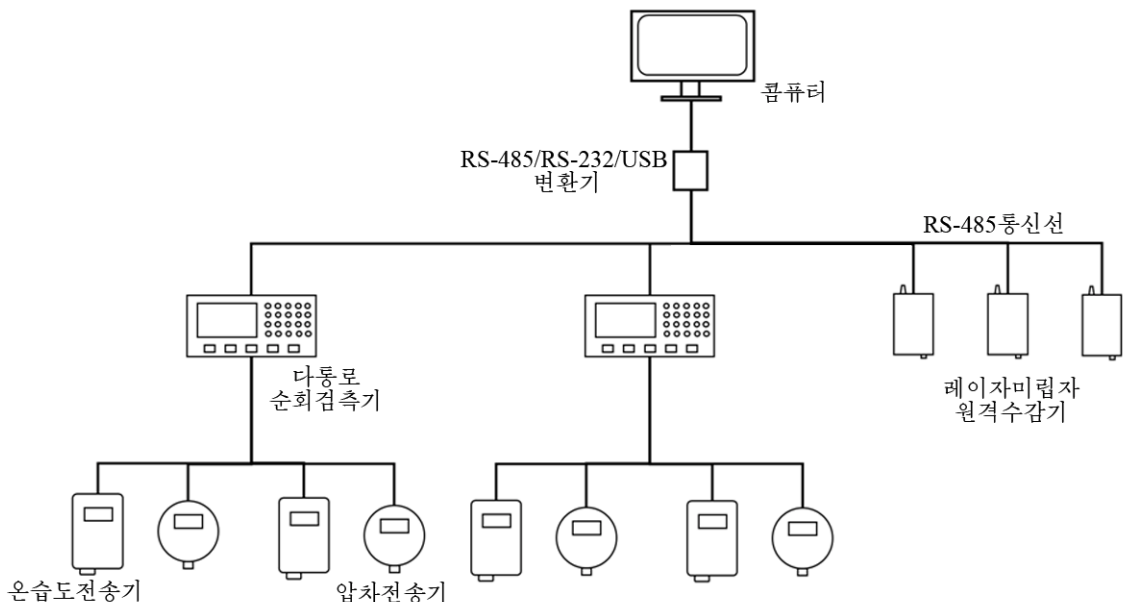


그림 1. 실시간감시체계구성도

현장층은 온습도전송기(《JCJ100ST1H1》), 압차전송기(《Dwyer》), 다통로순회검측기

(《JCJ500B》), 레이자미립자원격수감기(《09-6S》)들로 이루어져있으며 자료수집 및 관리층은 환경감시 및 자료기지관리를 위한 컴퓨터로 구성된다.

1) 현장층

온습도전송기의 온도수감범위는 $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$, 상대습도수감범위는 $0\sim 100\%$ 이다. 온습도전송기는 수감된 온습도를 LED현시판에 현시하면서 동시에 측정신호를 4-20mA형식으로 다통로순회검측기에 전송한다. 압차전송기의 압차수감범위는 $0\sim 100\text{Pa}$ 이다. 압차전송기는 수감된 압차를 LED현시판에 현시하면서 그 측정값을 4-20mA형식으로 다통로순회검측기에 전송한다. 온습도전송기는 매 정화실들에 설치하며 압차전송기는 정화실들사이의 벽이나 정화구역과 비정화구역사이의 벽에 설치한다.

다통로순회검측기는 온습도전송기와 압차전송기로부터 4-20mA신호를 받아 순차적으로 온습도와 압차를 현시하며 RS-485통신선을 통하여 조종실의 컴퓨터에 상태값들을 전송한다. 다통로순회검측기는 24개의 상사입구통로를 가지고있다. 수감부의 개수에 따라 다통로순회검측기를 여러개 리용할수 있으며 이때 다통로순회검측기의 주소를 서로 다르게 설정하여야 한다.

다통로순회검측기는 1~255까지의 주소를 할당할수 있다.

다통로순회검측기에는 RS-485출구통로가 있어 컴퓨터와 직접 통신을 진행하는데 표준 Modbus RTU규약을 리용한다.

레이자미립자원격수감기는 컴퓨터의 조종하에 정화환경의 단위체적 공기속에 들어있는 미립자의 크기별개수를 측정하고 RS-485통신선을 통하여 조종실의 컴퓨터에 전송한다. 레이자미립자원격수감기로 측정할수 있는 미립자의 크기는 $0.5, 5.0\mu\text{m}$ 이며 시료채취량은 $2.83\text{L}/\text{min}$ 이다. 레이자미립자원격수감기는 생산공정에서 정화환경에 대한 특별한 요구가 있거나 해당 정화구역의 정화환경을 대표할수 있는 정화실(구역)에 설치한다.

RS-485통신선을 통하여 전송되어오는 자료들은 RS-485/RS-232/USB변환기를 거쳐 USB신호로 변환되어 조종실의 컴퓨터에 입력된다.

2) 자료수집 및 관리층

자료수집 및 관리층은 장치들로부터 들어오는 자료수집부분프로그램과 자료기지관리 및 현시부분프로그램으로 되어있다.

자료수집부분프로그램은 다통로순회검측기들과 레이자미립자원격수감장치들과의 통신 프로그램이다.

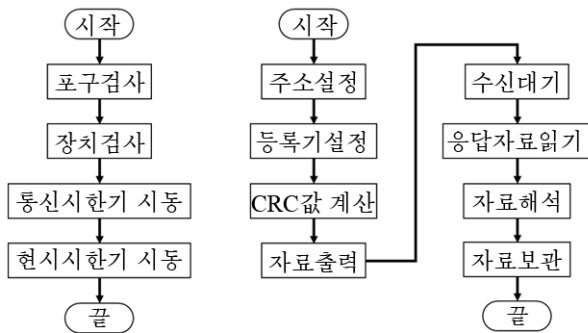
자료기지관리 및 현시부분프로그램은 수집한 자료들에 대한 기록관리와 대면부현시를 위한 프로그램이다.

2. 실시간감시프로그램

정화환경에 대한 실시간감시체계에서 모든 통신은 표준적인 Modbus RTU규약에 의하여 진행된다. Modbus RTU규약은 공업조종망에서 자체조종설비에 대하여 호출조종을 진행하는 주종식통신규약[3]이다.

Modbus규약통신시 주국은 먼저 종국에 통신요청통보문을 발송하며 종국은 통보문을 접수한 후 통보문의 명령코드에 기초하여 해당한 응답통보문을 만들어 주국에 보낸다.

정화환경의 온습도 및 압차를 현시하는 프로그램의 알고리즘은 그림 2와 같다.



주프로그램
통신시한기부분프로그램
그림 2. 정화환경의 온습도 및 압차를 현시하는 프로그램의 알고리즘

자료수집부분프로그램에서는 포구와 장치검사가 끝난 후 시한기설정에 의하여 Modbus RTU통신을 통한 환경지표들에 대한 측정을 진행하며 측정된 환경지표들은 현시시한기설정에 의하여 대면부에 현시하도록 되어있다.

그림 2에서 통신시한기부분프로그램은 Modbus RTU규약에 따라 다통로순회검측기의 주소와 측정하려는 대상의 등록기 주소들을 설정한 다음 CRC값을 계산하여 통신포구로 출력한다.

실례로 주소가 1인 다통로순회검측기로부터 21개의 신호값을 읽는 명령코드는

01 03 00 00 00 15 84 05이다.

해당한 다통로순회검측기가 응답할 동안 대기하다가 수신자료를 받으면 규약에 따르는 해석을 진행하여 해당 환경지표값들을 얻어 자료기지에 보관한다.

현시시한기부분프로그램에서는 보관된 자료를 주기적으로 읽어 현재의 환경지표들을 현시대면부에 출력하도록 되어있으며 필요에 따라 보관된 자료기지를 리용하여 해당 날짜의 환경지표상태를 도표로 현시하도록 되어있다.

미립자수를 측정하여 현시하는 프로그램의 알고리즘은 그림 3과 같다.

미립자수측정은 우선 미립자수감기를 1min동안 시동시킨 다음 측정자료를 받고 수감기를 끄도록 되어있다. 이때 미립자수감기의 시동 및 정지, 미립자수의 측정은 모두 Modbus RTU규약에 의하여 진행하도록 프로그램을 작성하였다. 실례로 주소가 11인 레이자미립자원격수감기에 대한 명령코드는 표 1과 같다.

미립자수감기의 응답파के트로부터 $0.5\mu\text{m}$ 와 $5.0\mu\text{m}$ 크기의 미립자수를 얻고 그것을 1m^3 당 미립자수로 환산하여 미립자수를 결정한다.

결정된 미립자수에 의하여 해당 정화실(구역)의 공기정화도등급을 결정한다. 국규 11305:2006 《의약품생산 및 품질관리기준》에 밝혀진 정화도등급에 따르는 미립자수는 표 2와 같다.

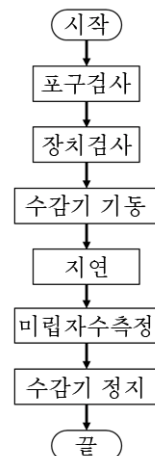


그림 3. 미립자수를 측정하여 현시하는 프로그램의 알고리즘

표 1. 레이자미립자원격수감기에 대한 명령코드

구분	명령코드
기동	0B 06 00 20 00 FF C8 EA
정지	0B 06 00 20 FF 00 C9 5A
값읽기	0B 03 00 A0 00 08 44 84

표 2. 정화도등급에 따르는 미립자수

정화도 등급	$0.5\mu\text{m}$ 미립자수 (/개· m^{-3})	$5\mu\text{m}$ 미립자수 (/개· m^{-3})
A	3 520	29
B	35 200	290
C	352 000	2 900
D	3 520 000	29 000

3. 실시간감시체계의 효과성검증

우리는 정화환경에 대한 실시간감시체계를 사시 고려약공장의 정화생산구역에 구축하였다. 공기정화체계를 가동시키고 정화실들의 온도 및 습도, 정화실과 정화복도사이의 압차, 정화구역과 비정화구역사이의 압차를 측정 한 결과 국규 11305:2006 《의약품생산 및 품질관리기준》의 요구를 만족시켰다.

또한 공기정화체계를 가동시키고 즉시 레이자미립자원격수감기를 가동시킨 다음 10min 간격으로 미립자수를 측정하였다. 공기정화체계가동시간에 따르는 미립자수의 변화는 표 3과 같다.

표 3. 공기정화체계가동시간에 따르는 미립자수의 변화

방 이름	0.5 μ m미립자수/(\times 만개 \cdot m $^{-3}$)				5.0 μ m미립자수/(\times 만개 \cdot m $^{-3}$)			
	0min	10min	20min	30min	0min	10min	20min	30min
포장실	2 257.2	197.5	53.8	28.5	12.5	3.2	1.1	0.3
피막당의실	4 165.3	1 199.1	252.9	134.2	55.2	11.8	2.8	0.8
알약찍기실	2 952.1	889.2	135.4	88.0	28.7	7.9	2.5	0.6

표 3에서 보는바와 같이 미립자수는 30min만에 공기정화도 D급에 도달하였다. 즉 공기정화체계의 자체정화시간을 30min으로 결정할수 있다.

이렇게 실시간적으로 온습도와 압차를 감시하고 필요에 따라 정화구역의 미립자수를 측정함으로써 공기정화체계의 정상운영에 이바지하였다.

맺 는 말

Modbus RTU에 기초하여 정화환경에 대한 실시간감시체계를 실현함으로써 공기정화체계의 정상운영상태를 실시간적으로 감시하고 생산환경에 대한 사전위험예보와 추적조사등을 실현하여 제품생산의 안전성을 담보할수 있게 하였다.

참 고 문 헌

- [1] 顾建华; 纺织科技进展, 5, 48, 2007.
- [2] 潘丰; 工业仪表自动化装置, 5, 26, 2003.
- [3] 孙彦赞; 电子测量技术, 8, 226, 2017.

주제110(2021)년 4월 5일 원고접수

Implementation of Real-Time Monitoring System on Clean Room

Jo Song Il, Kim Man Sik and Han Kwang Bok

We implemented a real-time monitoring system on clean room based on Modbus RTU to monitor the operation state of air conditioning system, to predict and trace the risks in production area, and to guarantee the safety of production.

Keywords: clean room, real-time monitoring system, Modbus RTU