

# EXOTHERMIC BATCH 공정의 PLC 응용

김 연 태   김 영 권   임 채 환

동양화학공업(주) 자동화사업부

## Plc Application In Exothermic Batch Process

Yeon-Tae Kim   Young-Kwon Kim   Chai-Hwan Lim

Factory Automation Dept., Oriental Chemical Industries

### 1. 서론

본 EXOTHERMIC BATCH 공정은 두개의 FLUID BED REACTOR로 구성되며 여기서 다종의 제품이 생산된다. 각 제품은 그 제품 자체의 특정 온도 패턴을 갖게 되며 허용한계를 벗어나지 않는 제품을 생산하기 위해서는 그 특정 온도 패턴대로 제어되어야하며 실패할 경우 그 배치를 포기하여야만 한다.

초기의 배치제어시스템에서는 램프 제너레이터(RAMP GENERATOR) 기능이 있는 공기식 계기가 사용되었으며 제품을 변경하기 위해서는 각 제품마다 일일이 그 특정 패턴을 수동으로 입력시켜 주어야 만했다. 이 과정에서 한 개의 파라미터를 실수하면 사용할 수 없는 제품이 된다.

다종 제품의 화학공정에서는 품질과 생산량 향상에 의한 이득 증대에 그 목표를 두고있으며 이와같은 목표를 달성하기 위한 해결책은 운전자의 개입을 감소시켜주는 제어 시스템으로 개선하는 것이었다.

본 논문에서는 배치공정에 있어서의 프로그래머블 콘트롤러(PROGRAMMABLE CONTROLLER)의 응용에 관하여 논술하고자 한다.

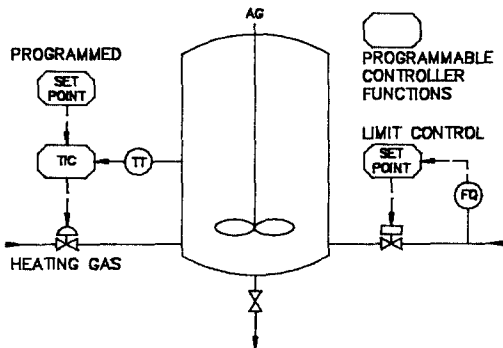


FIG.1 TYPICAL REACTOR SYSTEM

### 2. 본론

#### 2.1 운전설명

본 EXOTHERMIC BATCH 공정의 TYPICAL REACTOR SYSTEM 은 FIG.1과 같다. 여기에서 선택되는 원료는 2가지가 있으며 전체적으로 선택되는 조(TANK)는 5조로 구성된다. 본 BATCH 공정의 온도제어는 각 제품 특성에 맞는 시간-온도 패턴에 따라 피이드(PID) 피이드백(FEEDBACK) 제어되며 각 패턴은 단계별로 분할되며 다분리너 램프 레이트(LINEAR RAMP RATE)를 갖게된다. 해당 패턴의 단계별 리너러 램프 레이트는 운전자 인터페이스(INTERFACE) 장치를 통해 운전중에 프로그래머블 콘트롤러에 저장되며 전체 배치 사이클 동안의 온도 설정점은 PLC 프로그램에 의해 자동계산된다. 피이드 변수 조정도 운전자 인터페이스 장치를 통해 지정되며 제어에 관한 모든 정보는 바-그래프(BAR-GRAPH) 및 수치값으로 나타난다.

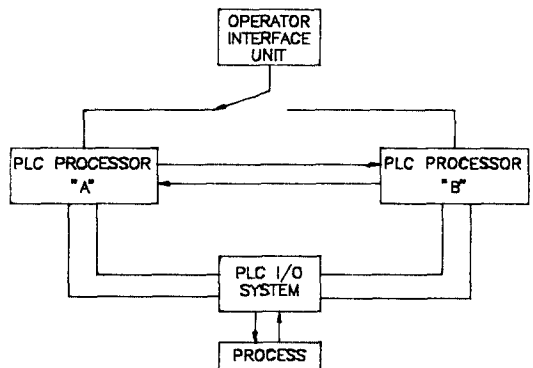


FIG.2 CONTROL SYSTEM

2.2 제어시스템 하드웨어

본 제어시스템은 두개의 주요한 부 시스템-프로그래머블 컨트롤러(이후 PLC라 칭함)와 오퍼레이타 인터페이스 유닛(이후 OIU라 칭함)로 구성된다. PLC는 순차적 로직 처리, 산술 연산, 정수 비교 및 이동, PID 제어루우프, 타이머 및 카운터의 기능을 수행하며 I/O SYSTEM을 통해 프로세스를 감시 및 제어한다. OIU는 운전자에 대한 I/O SYSTEM의 인터페이스로서의 역할을 수행하며 COLOR GRAPHIC DISPLAY 및 운전 자료 디스플레이를 제공하고 제어 콘솔(CONSOLE)로서의 기능을 갖는다. 제어 시스템에 대한 블럭다이어그램은 FIG.2와 같다. 본 OIU는 기존의 대형 제어판넬보다 훨씬 콤팩트(COMPACT) 하며 따라서 제어실의 공간을 훨씬 작게 차지하여 경제적이다. 또한 PLC PROCESSOR의 고장을 대비하여 BACKUP PROCESSOR를 구성하였다. PRIMARY가 프로세스 INPUT을 스캔(SCAN)하고 OUTPUT을 제어하는 동안 BACKUP PROCESSOR는 PRIMARY의 고장에 대기하며 그동안의 PRIMARY의 모든 변화에 대해 정구적으로 업데이트(UPDATE)된다. I/O SYSTEM의 구성은 TABLE.1과 같다. TABLE.2는 I/O SYSTEM에 의해 감시 및 제어되는 본 프로세스의 엔드 디바이스(END DEVICE)를 보여준다.

MODULE TYPE	Q'TY	POINT	MAKER
4-20mA ANALOG INPUT MODULE	5	16	SQUARE D
4-20mA ANALOG OUTPUT MODULE	5	4	SQUARE D
24V DISCRETE INPUT MODULE	5	32	SQUARE D
24V DISCRETE OUTPUT MODULE	3	32	SQUARE D

TABLE 1.

감시	제어
- SOLENOID VALVE OPEN/CLOSE	- SOLENOID VALVE
- LIMIT SWITCH	- MOTOR STARTER
- MOTOR STATUS	- CONTROL VALVE
- ANALOG DATA (온도, 유량, 입력, 역전)	- LOCAL LAMP

TABLE 2.

2.3 제어시스템 소프트웨어

본 PLC 제어 프로그램은 로직 및 아나로그 프로그램이 합성되어 프로세스의 순차제어, 설정점계산, 프로세스 감시 및 제어에 사용되어졌다. PLC의 내부 소프트웨어 합수를 이용함으로써 소프트웨어 개발시간 및 외부적인 하드웨어가 최소화될 수 있었다:

- 패턴계산 ; 종래의 공기식 계기(하드웨어)를 소프트웨어로 대체
- PID 루우프 제어 ; 기존의 공기식 또는 전자식 제어기를 PLC로 대체

각 단계별 시간 및 온도 증분 테이블의 사용을 통해 해당 단계중의 시간에 따른 온도 설정점이 계산된다.(TABLE 3. 참조). n 단계의 경과 시간 t에서의 설정점 SP(t)는 n 단계의 초기 설정점 SP(n) 값에 n 단계의 기율기에 경과시간 t를 곱한 값을 가산함으로써 계산 된다.

$$SP(t) = SP(n) + 기율기 \times 경과시간 t$$

FIG.3은 패턴 계산을 위해 사용된 간략화된 플로우 차트를 보여 주고있다. 온도 패턴을 각 단계별로 직선화하고 각 단계별 데이터 테이블을 사용한 선형보간법 방식으로 하나의 식으로서 모든 제품의 온도 패턴에 적용 가능케 했고 또한 프로그램도 용이하게 하였다. 따라서 요구되는 것은 각 제품에 대한 데이터 테이블 뿐이었다. 이 데이터 테이블은 PLC의 메모리에 저장되며 OIU에 의해 운전자가 이 값의 변경을 할수가 있다. FIG.4는 FIG.3으로부터 프로그램된 래더 다이어그램이다.

STEP	TEMP(CENTIGRADE)	TIME(MINUTES)
1	SP1	T1
2	SP2	T2
.		
.		
.		
UP TO MAX. 15 STEPS PER TABLE		
TEMP = INITIAL SET POINT TEMPERATURE OF EACH STEP		
TIME = INCREMENT TIME OF EACH STEP		

TABLE 3.

RUNG 1에서는 운전자가 STEP 변경을 결정할수가 있다. 505-11은 1 스캔동안만 온(ON)이 되며 RUNG 2에서 544 래지스터에 지정된 원하는 STEP의 값이 1 스캔동안에 1010 래지스터에 전달된다. RUNG 3에서는 현재의 STEP이 완료됐을때 STEP COUNTER 래지스터 1010의 값을 한 STEP 올려준다. RUNG 4에서는 STEP이 바꿨는지를 매 스캔마다 비교하며 RUNG 5에서는 RUNG 4의 비교를 위해 매 스캔마다 1180 래지스터에 옮겨놓는다. STEP이 변경됐을 경우 RUNG 6는 데이터 테이블에서 읽어올 래지스터에 대한 포인터(POINTER)를 결정하고 RUNG 7는 그 포인터의 값이 하나 증분되어 변경된 STEP의 초기 설정 온도를 결정하고 RUNG 8은 포인터의 값이 다시 하나 증분되어 그 STEP의 증분시간을 결정하며 RUNG 9에서는 포인터의 값이 또다시 하나 증분되어 그 다음 STEP의 초기 설정온도를 결정하게 된다. RUNG 10에서는

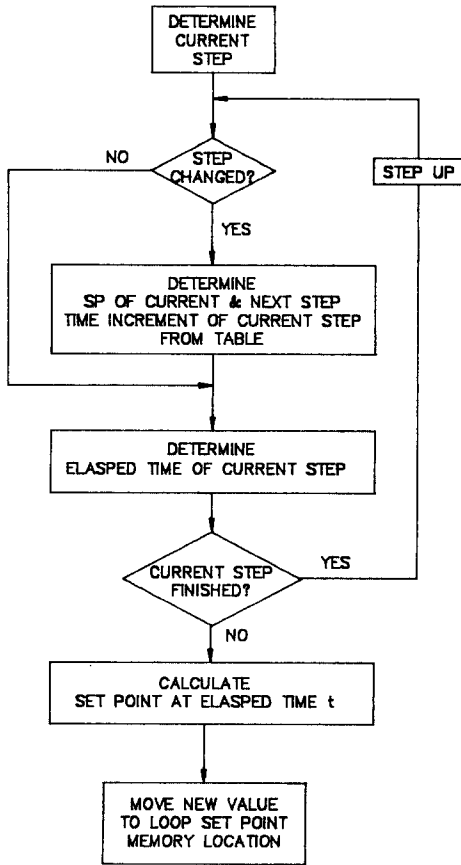
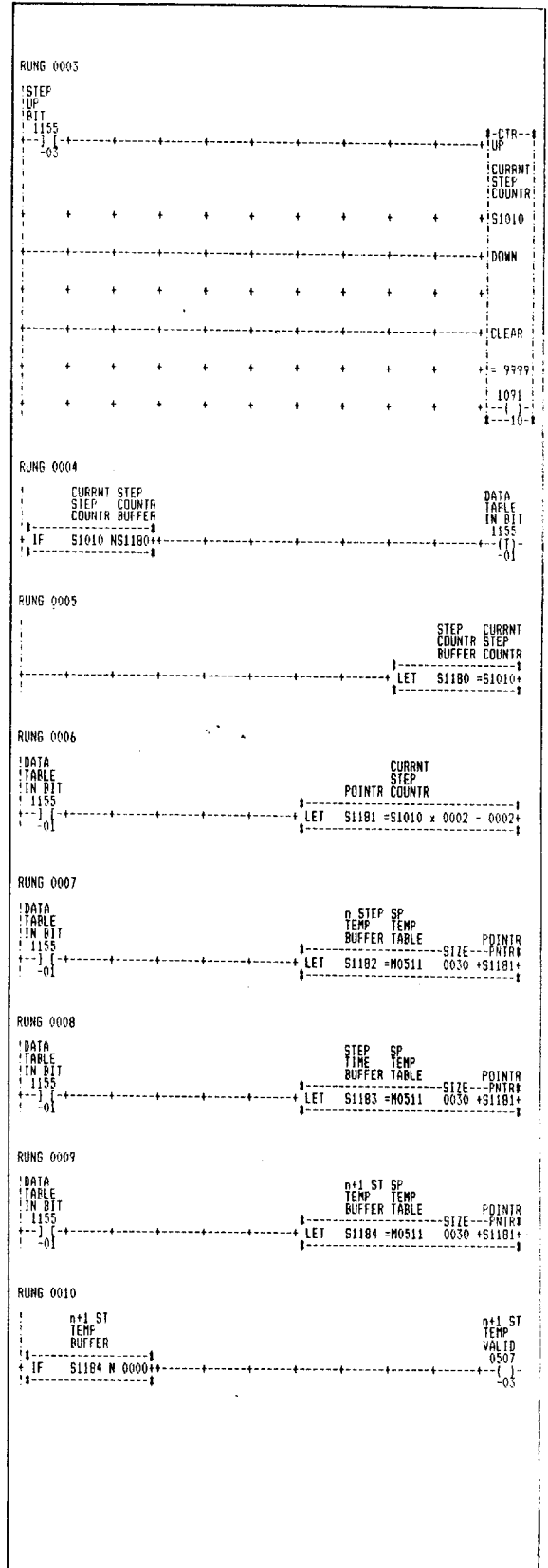
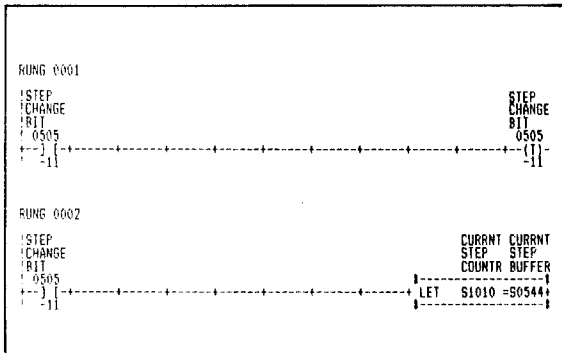


FIG.3 PATTERN CALCULATION FLOW CHART

그 다음 STEP의 초기 설정온도가 타당한지를 검토한다. RUNG 11에서는 해당 STEP의 경과시간을 결정하게된다. RUNG 12는 해당 STEP이 완료됐는지를 비교하여 완료됐을 경우 STEP 가산 코일인 1155-3을 1 스캔동안 온(ON) 시켜준다. RUNG 13에서는 설정온도의 증분값을 계산하며 RUNG 14에서는 해당 STEP의 경과시간에서의 설정온도를 계산한다. RUNG 15에서는 루우프 설정점 메모리 영역으로 RUNG 14에서 계산된 설정온도를 스케일하여 옮겨준다.



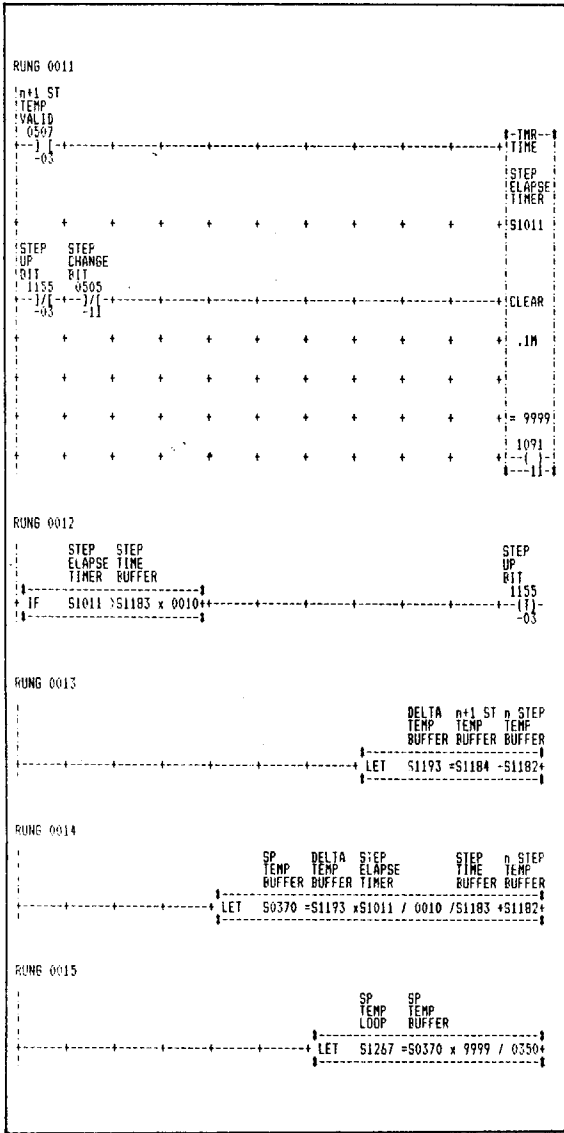


FIG.4 LADDER DIAGRAM

### 3. 결론

PLC를 응용한 본 제어시스템의 개선으로 제품가격을 목표 이내로 달성시키는데 성공적이었으며 품질과 균일화를 실질적으로 향상시켜 이득을 충분히 증대시켰고 비규격제품의 양을 최소화시켜 주었다. 본 시스템의 향상은 전적으로 PLC 제어를 통한 운전자 개입의 감소때문에 성취되었다고 본다.