

# 임베디드시스템에 의한 오수처리시설 제어장치 개발 - Development of Sewage Treatment Equipment Control Unit by Embedded System -

정영득 \*  
Jeung Young Dek  
김건호 \*\*  
Kim Gun Ho  
박주식 \*\*\*  
Park Joo Sik  
강경식 \*\*\*\*  
Kang Kyung Sik

## Abstract

오수처리시설을 제어하는 기존 제어장치는 PLC에 의한 것으로 조건제어, 유지관리, 기능확장에 따른 운영에 많은 어려움을 가지고 있다. 본 연구에서는 임베디드 시스템에 의한 제어장치를 개발하여 다양한 환경에 대한 유입수량, 농도상태에 따른 반응시간 및 전체 진행시간을 프로그램 하기 쉬운 구조로 하였다. 또한 효율적인 장비가동으로 설비보전을 할 수 있어 유지비용을 줄일 수 있다. 가장 큰 목적은 사용자와 관리자가 쉬운 유지관리를 위해 보다 더 신뢰할 수 있는 배출수 운영으로 하천 수질개선을 위함이다.

## 1. 서론

우리나라의 4대강 상류 주변은 특별대책지역으로 정하여 각각 2003년부터 질소 및 인의 배출농도를 규제하도록 하였으며, 하수처리구역 밖에 음식점과 숙박시설은 오수처리시설을 의무적으로 설치하도록 하여 장기적으로 하수를 안정적으로 관리할 수 있는 소규모 오/하수처리장치의 개발은 현 시점에서 매우 필요하다[2][3][5].

---

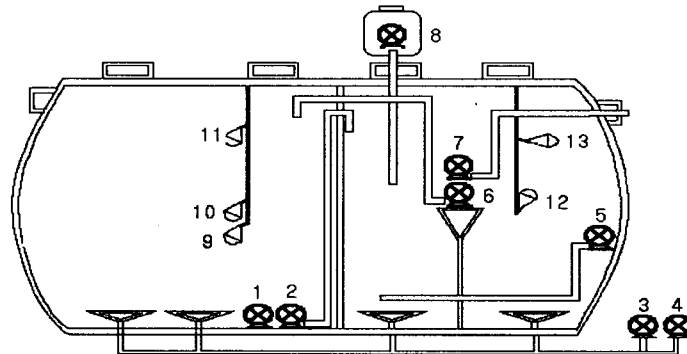
\* 전주비전대학 산업경영과 조교수  
\*\* 안산공과대학 산업경영과 부교수  
\*\*\* (주)아이토크ontrol즈 기술연구소  
\*\*\*\* 명지대학교 안전경영연구소 소장

최근 소규모 하수처리장치로서 SBR 공정이 많이 선호되고 있다. SBR 공정은 폐수의 유입(fill), 반응(reaction), 침전(settle), 배출(draw), 휴지(idle)의 단위공정이 정해진 시간의 배열에 따라 연속적으로 일어나며 이차 침전지가 불필요하고, 사상균의 제어가 용이하며, 시공이 간편하여 폐수의 안정적 관리 측면에서 매우 바람직한 공정으로 보여진다[1][4]. 그러나 이러한 과정들을 효율적으로 제어를 하지 못하면 배출수의 상태가 매우 좋지 않아 하천오염에 심각한 문제를 발생하게 된다. 본 연구에서는 개발한 HANS-2005-1은 전문가에 의한 프로그램 방식에서 프로그램언어방식(BASIC 언어)으로 입력할 수 있어 누구나 쉽게 프로그램 변경과 시스템 확장 및 축소시 용이하게 접근할 수가 있도록 하였다. 안정성면에서 보면 기존의 전자제어시스템은 중앙처리장치(CPU)를 중심으로 메모리, AD 컨버터, 통신회로, I/O 회로가 구성이 되어있으나, 제품화된 Embedded system은 Embedded 칩 하나에 오수처리시설을 제어하는데 필요한 부가적인 회로가 모두 집적화 되어있다. 그래서 부품들간의 에러가 줄고, PCB 크기가 크게 줄었으며, 향후에 고장시 쉽게 교체가 가능하다.

또한 입/출력 port는 고정방식이 아니고 입력과 출력기능을 변경할 수도 있어 향후에 시스템추가 및 축소 변경시에도 부가장치가 없이 오수처리시설을 제어할 수가 있다. 이 기능은 기존의 오수처리시설이 시간이 경과하면서 유입수의 수질변경으로 가동조건을 변경할 경우에 자체 제어 프로그램에 의해 원하는 가동조건으로 구축할 수가 있다. HANS-2005-1 제품은 크게 하드웨어와 소프트웨어의 구성으로 제작하였다.

## 2. 제어시스템 설계

<그림 1>에서와 같이 가운데에 격판을 경계로 유량조와 반응조로 나누어진다. 유량조에 유입수가 적정위치 레벨 11번에 이르면 유입펌프 1과 2를 교행시켜 유량조의 유입수를 반응조로 이송한다. 5번의 내부순환펌프와 3, 4번의 에어펌프 또는 에어브로워를 가동시켜 반응조내에 질산화와 탈질처리를 하여 침전과정을 거쳐 6번의 디켄터 펌프로 역세과정을 거친 후 7번의 방류펌프에 의해 반응조 레벨 12번이 OFF 때까지 방류를 하고 다시 유입과정을 진행하는 순환과정을 진행하게 된다. 폭기과정중에 8번의 약품펌프의 가동으로 반응조의 조건을 양호한 상태로 해준다.



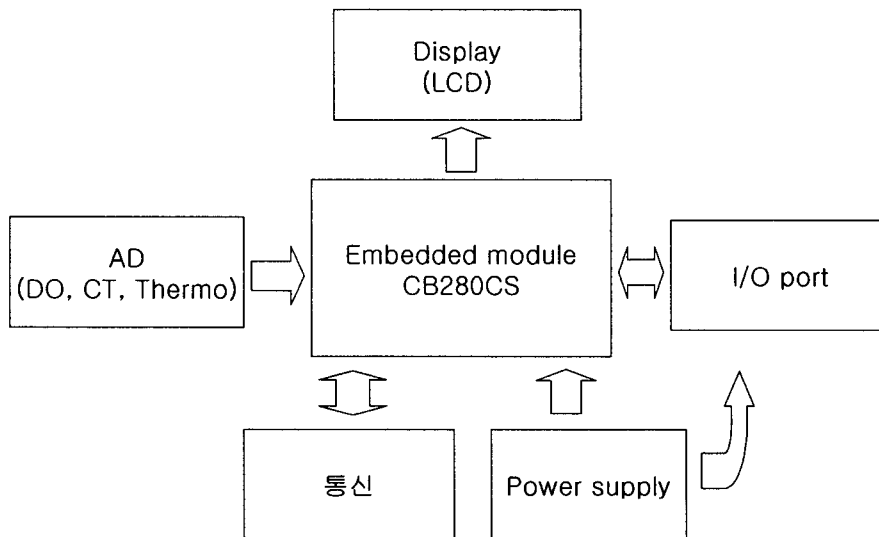
<그림 1> IC-SBR 구조의 FRP 오수처리

그러나 이러한 오수처리시설의 제어장치의 대부분은 PLC(Programmable Logic Controller)가 하고 있다. PLC는 전기분야에 관련한 전문가에 의해 설계 및 제작되어 지고 있어 향후 오수처리시설의 과정 변경, 시설물 추가 및 변경시에 전문적인 인력이 필요와 많은 비용과 시간이 소요된다.

즉 항상 돌변하는 수질상태(유입량, 유입농도)를 유동적으로 대처하기 위한 연동제어의 필요성과 환경법과 제도에 대처하는데 있어 제어장치 제작자가 이직에 따라 시스템을 바꾸는데 많은 애로사항이 있다. 그래서 최근에는 이러한 전문성을 요하는 PLC보다는 초소형 컴퓨터와 같이 BASIC과 같은 일상적 언어와 같은 제어 명령어인 프로그램 방식에 의한 Embedded chip이 나오게 되었다.

CB280CS 패키지에 의한 <그림 2>과 같은 구성으로 HANS-2005-1 제품을 개발하였다. Display는 그래픽, 문자전용 LCD출력으로 하였다. I/O port는 DC24V 입력 32접점과 출력 24접점으로 되어있어 향후에 부가적인 장치 추가할 때에 충분하게 확장할 수 있도록 하였다.

Power supply는 외부의 전원공급장치에서 DC24V를 입력받아 Embedded module, LCD, AD, 통신(인터페이스)부에 전원공급을 위한 DC5V 정전압 회로로 구성하였다. AD부는 4-20mA 전류형과 DC 0-5V 신호를 처리하였는데 DO(Dissolved Oxygen)센서, CT(Current Transformer), 전압측정회로, 온도센서 및 pH센서 연결을 위한 입력 단자를 두었다. 타기종과 PC 또는 원격통신을 위한 통신(인터페이스) 포트를 설계하여 향후에 장비 확장에 효과를 두고 있다.



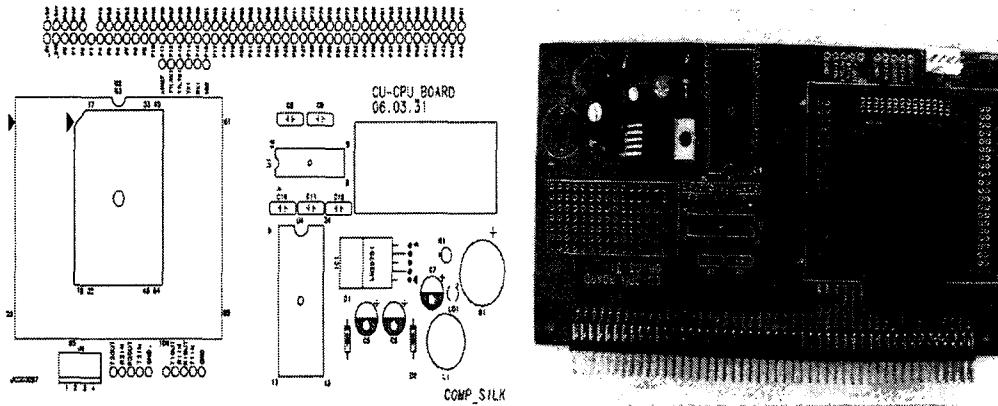
<그림 2> HANS-2005-1 블록도

HANS-2005-1은 기존의 PLC의 시간과 LEVEL에 의한 고정적인 제어방식에서 폭기(반응)과정의 시간을 DO상태값에 따라 과정시간이 유동적으로 변하게 하여 전체 사

이클 시간이 가변할 수 있도록 하였다.

반응과정에서 질산화와 탈질화가 정상적으로 이루어지면 DO상태값이 변화가 없는 시점이 발생하는데 이러한 변화가 없는 변곡점을 찾아 과정을 끝내도록 제어하는 것이다. 이러한 효과로서는 반응조에 상태가 양호한 상태인데도 고정된 시간에 의해 브로워가 가동하여 장비의 과가동에 의한 고장발생과 유입수 처리의 지연이 발생할 수 있으며, 반대로 유입수 농도 상태가 좋지 않은 상태인데도 반응시간에 의해 다음 단계로 넘어가면 처리가 되지 않은 물이 배출되어 수질오염에 심각한 문제를 발생할 수도 있을것이다.

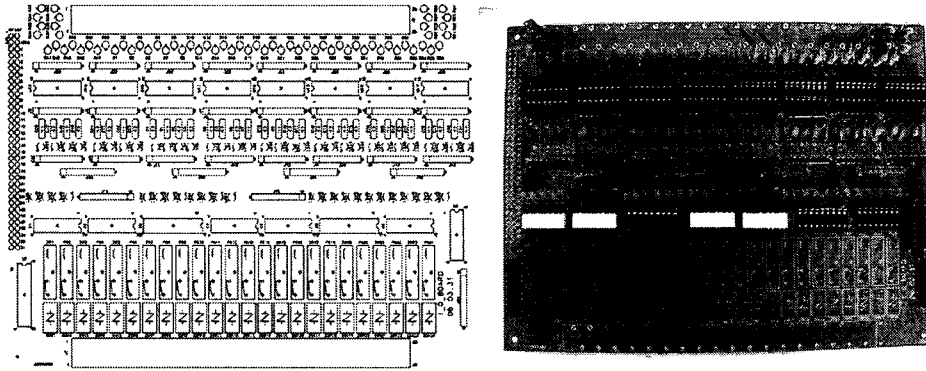
센서의 이상발생으로 신호처리에 문제가 발생하면(정상적인 신호값이 출력이 안되는 경우) 고정된 시간제어 방식으로 운영하고 이러한 시간제어방식으로 10회 이상이면 <그림 5> 20번 경보기가 동작하도록 하였다. <그림 5>의 21은 경보기 동작을 정지하는 스위치이다.



<그림 3> HANS-2005-1의 중앙처리장치 PCB 도면과 사진

HANS-2005-1의 하드웨어는 2장의 PCB로 설계되었다. <그림 3>은 CB280CS의 중앙처리장치 PCB이다. 외부의 전원공급장치(Power supply)를 통해 +24V, -24V 단자에 연결되어 IC1, D1, D2, L1, R1, C5, 6, 7에 의해 DC +5V, -5V의 정전압을 만들어서 중앙처리장치와 <그림 4>의 I/O 장치의 PCB에 공급하게 되어있다. U1을 중심으로 세라믹 콘덴서 C8, 9, 10, 11, 12를 통해 RS232신호 변조로 외부기기와 통신할 수 있도록 하였다. J4는 프로그램 다운로드를 위한 단자이다.

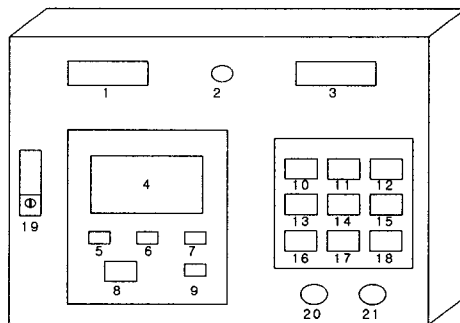
P0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7는 각각 <그림 5>의 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17번의 버튼과 연결하여 <그림 3>의 P23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30의 단자와 <그림 4>의 PA1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8의 릴레이를 거쳐 J1의 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 터미널과 <그림 5>의 제어판넬의 마그네트 스위치를 거쳐 <그림 1>의 펌프에 각각 연결한다.



<그림 4> HANS-2005-1의 I/O, 통신 및 AD처리 PCB도면과 사진

<그림 5>에서 1번은 전압계, 3번은 전류계, 2번은 전원표시램프이다. 19번은 제어판넬 도어록 장치이다. 4번은 그래픽 LCD로서 <그림 1>의 IC-SBR 오수처리시설의 가동상황을 수치와 문자 및 그래프로 표시한다. 5번은 모드변환 버튼으로 침전시간, 내부순환시간, 반응시간 및 간헐제어 조건 선택을 할 수 있다. 6번은 모드에 따른 값을 설정한다. 1분, 2분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분 40분, 50분, 60분, 70분, 80분, 90분, 100분, 120분, 180분으로 선택되며, 버튼 7은 설정된 값을 메모리에 기억시키도록 한다. 버튼 8은 오수처리시설 제어방법 설정으로 수동/SET/자동으로 되어있다. 수동은 <그림 5>의 버튼 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18을 사용하여 <그림 1>의 각 펌프들을 제어하도록 한다.

SET는 버튼 5,6,7번을 사용할 수 있도록 한다. 자동은 오수처리시설의 각각의 펌프와 센서의 신호를 입력받아 정해진 프로그램과 설정된 값에 의해 자동으로 제어하도록 하였다. <표 1>은 HANS-2005-1의 중앙처리용 PCB와 I/O PCB의 각 port와 제어판넬과 시설물의 장치와 연결을 표현하였다. HANS-2005-1을 운영할 수 있는 소프트웨어는 CB280CS chip 운영체제 따른 BASIC 언어로 작성하였다. 일반적인 BASIC 언어의 명령어와 구성이 동일하여 일반인도 쉽게 오수처리시스템을 변경이 용이하다.



<그림 5> IC-SBR 오수처리시설 제어판넬 구조

<표 1> HANS-2005-1 제품의 연결 상태

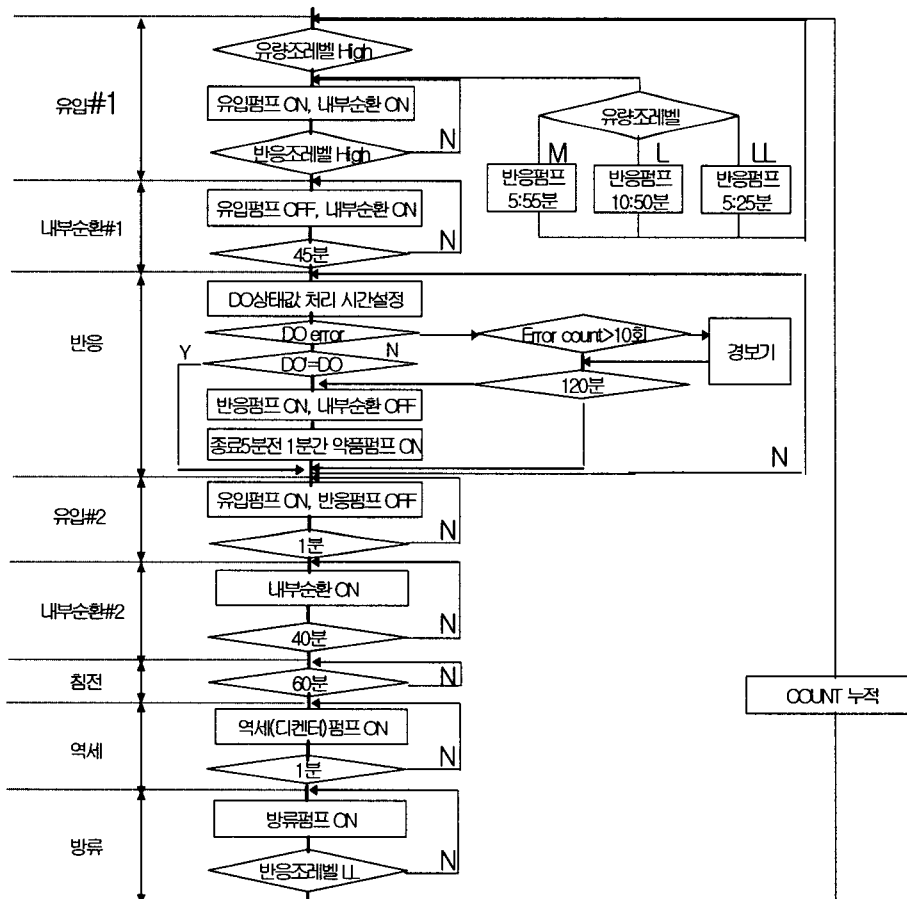
그림 3	그림 4	그림 5	그림 1	연결장치
P0		10		유입펌프#1 button
P1		11		유입펌프#2 button
P2		12		방류펌프 button
P3		13		내부순환 button
P4		14		반응펌프#1 button
P5		15		반응펌프#2 button
P6		16		약품펌프 button
P7		17		역세(디켄터)펌프 button
P8		5		mode 선택 button
P9		6		value 선택 button
P10		7		저장 button
P11		8		수동 button
P12		8		자동 button
P13		8		SET button
P14		9		LCD on/off 스위치
P15	J2-6			OVER 접점
P16	J2-1		9	유량조 Level 1
P17	J2-2		10	유량조 Level 2
P18	J2-3		11	유량조 Level 3
P19	J2-4		12	반응조 Level 1
P20	J2-5		13	반응조 Level 2
P23	J1-1		1	유입펌프 #1
P24	J1-2		2	유입펌프 #2
P25	J1-3		7	방류펌프
P26	J1-4		5	내부순환
P27	J1-5		3	반응펌프 #1
P28	J1-6		4	반응펌프 #2
P29	J1-7		8	약품펌프
P30	J1-8		6	역세(디켄터)펌프
P31	J1-9			경보기
P32	J2-6			경보기 정지 button

<표 2>에서 보듯이 IC-SBR구조의 오수처리시설의 한 사이클의 과정 순서와 각 과정별 구동장치의 가동시간 및 가동 유무이다.

유입과 반응시간은 펌프의 효율에 따라 조금씩 차이가 있는데 이것은 반응조의 레벨의 조건에 의해 제어가 된다. 유입수량이 적어 방류과정이 끝나고 <그림 1>의 11번 유량조 레벨까지 유입수가 들어오지 않을 경우에 반응조의 미생물을 보호하기 위해 간헐폭기를 하게 된다. <그림 6>은 이러한 오수처리과정을 프로그램화 하기 위한 순서도로 나타내었다.

<표 2> 각 과정별 구동기기제어 조건

진행과정 시간	유입	내부순환 #1	반응	2차유 입	내부순환 #2	침전	방류
기기명	15분	45분	가변 및 120분	1분	40분	60분	15분
유입펌프	O	X	X	O	X	X	X
내부순환펌프	O	O	X	O	O	X	X
Blower	X	X	O	X	X	X	X
방류펌프	X	X	X	X	X	X	O
약품펌프	X	X	O	X	X	X	X
역세(디켄터)펌프	X	X	X	X	X	X	O
비고	간헐제어						

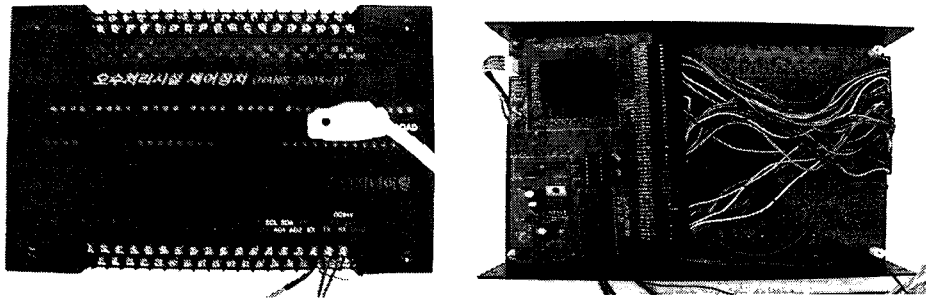


<그림 6> HANS-2005-1의 프로그램 순서도

유입#1과정에서 <그림 1>의 11번 유량조레벨이 ON이 되는지를 판단하여 유입펌프와 내부순환펌프를 <그림 1>의 13번 반응조레벨이 ON 될 때까지 가동한다. 레벨이 ON 되면 다음 내부순환#1 과정으로 진행한다. 만약 유입과정에서 <그림 1>의 11번 유량조레벨이 OFF일 때는 간헐 모드로 <그림 1>의 9번 레벨이 OFF일 때는 반응펌프를 30분 동안 5분 가동 후 25분 정지하는 과정을 반복하며, <그림 1>의 9번 레벨이 ON일 때는 반응펌프를 60분 동안 10가동 후 50분 정지하는 과정을 반복하며, <그림 1>의 10번 레벨이 ON일 때는 반응펌프를 60분 동안 5분 가동 후 55분 정지하는 과정을 반복한다. 내부순환#1 과정에서는 유입펌프 가동을 멈추고, 내부순환펌프만 가동하며, 45분이 넘으면 반응과정으로 진행한다.

반응과정에서는 내부순환펌프를 정지하고, 반응펌프를 가동한다. 이때 반응과정이 끝나기 5분전에 1분 동안의 약품펌프를 가동한 뒤에 정지한다. 여기서도 유입단계와 마찬가지로 2대씩 설치되어있는 펌프를 한 사이클이 바뀔 때마다 유입펌프 1번과 2번이 바뀌어가면서 가동되고, 반응펌프 3번과 4번도 바뀌면서 가동한다. 이것은 계속해서 한 장비만 가동하게 되면 수명이 짧아지거나, 고장 발생이 되어 원활한 오수처리 가동과 펌프를 보호하기 위해 교행처리 한다.

DO 상태값을 매분단위로 누적하였다가 전 상태값(DO')과 현재(DO)값을 비교하여 변화가 없는 시점부터 3분간 유지되는 시간을 반응단계 종료(질산화와 탈질화의 정상적 처리) 하여 다음단계로 넘기도록 하였다. 이물질에 의해 센서측정이 곤란한 경우에 고정된 시간제어방식으로 제어를 하고, 이러한 과정이 10회 이상 DO 상태값에 의한 제어가 안되는 경우 경고(알람)처리를 하고 시간제어방식으로 전환하도록 하였다.



<그림 7> HANS-2005-1 의 내부조립상태와 외부

유입#2과정은 반응과정에서 과폭기로 미생물의 보호를 위해 1분 동안의 유입과정을 거친다. 다시 40분 동안의 내부순환#2 과정을 거친다. 침전과정은 모든 펌프의 가동을 중지하고 60분 동안 침전을 시킨다. 방류과정을 하기 전에 펌프와 펌프 지지대에 쌓여있는 불순물을 유량조에 반송하는 1분 동안의 역세(디켄터)펌프를 가동한다. 최종단계인 방류과정은 <그림 1>의 12번 레벨이 OFF 될 때까지 침전시에 발생한 상등수만 방류한다. 만약 반응조의 12번 레벨이 OFF가 되면 사이클 카운터를 '1' 증가시킨다. 그리고 방류펌프의 가동을 중지하고 다시 유입#1 과정부터 순서도의 조건에 따라 진행하게 된다.



### 3. 결 론

본 연구에서 개발한 모델은 유입수의 조건과 처리과정의 불규칙성을 관리자와 사용자가 쉽게 운영할 수 있도록 임베디드 마이크로프로세서에 의해 설계하였다. 따라서 사내 관리자, 위탁업체 관리자가 정기 점검시에 수질상태, 반응조 상태, 계절에 따라서 프로그램 변경을 하여 배출수 규정에 따라 운전할 수 있다. 현재 경기도 양평, 이천시에 설치하여 운영중에 있으며, 기존의 타사 또는 구형의 오수처리시설 제어장치에 본 모델을 적용하기 위해 외부단자대와 각 공법에 관련한 프로그램을 모듈화하여 여러 현장에 설치가 가능할 수 있다.

향후에 프로그램 변경구조에서 사용자 운영방식을 위해 디스플레이 설계와 조작스위치 구조에 대해 연구중이며, 다양한 센서입력에 의한 수질상태, 수위량, 가동정보에 따른 지능형 제어 알고리즘 연구를 진행하겠다.

### 4. 참 고 문 헌

- [1] Downing, A. L., et. al., "Nitrification in the Activated Sludge Process", J. Int. Sew. Purinf., pp. 130, 1964.
- [2] LEE, BK, Jeon, H.D. , Sung, H.D., "Automatic Control of Dissolved Oxygen in the Activated Sludge Process", Korea Society of Environment Engineering, Vol 18, No12, pp 1535-1546, 1996.
- [3] Park, J.S., "Development of Fuzzy Control System for Industrial Process with Irregular Information, Myongji university, Ph.D paper, 2003.
- [4] USEPA, Manual Nitrogen Control, Washington DC, EPA/625/R-93/010, pp.101-110, 1993.
- [5] <http://www.ableduck.com>