

# 비엠 활성수 플랜트의 공정제어기 설계 및 구현

## A Design and Implementation of Process Controller for BMW (Bacteria Mineral Water) Plant

이 상 윤\*  
Sang-Yun Lee\*

### 요 약

본 논문에서는 BM 활성수를 생산하는 BM 활성수 플랜트 공정 제어시스템 모델을 제안하고, 다음과 같은 기능을 가진 BM 활성수 플랜트 공정 제어기를 개발 하였다. 첫 번째 기능으로는 먼저 부로와가 과부하가 걸렸을 때, 과전류 감지기가 동작하여 일정시간 부로와를 정지시킨 후 재 기동 하도록 하였다. 두 번째는 정전시 유도조에서 퇴비투입조로의 순환을 막기 위해 전동밸브가 정전시 자동으로 닫히는 기능을 부가함으로써 볼밸브의 고장으로 인한 퇴비투입조의 누수를 막을 수 있다. 세 번째는 생산된 활성수를 농축조에서 4개의 저장조로 자동으로 이송할 수 있는 기능을 부가하여 활성수 생산량을 자동 관리 하였다. 그리고 BM 활성수 플랜트 공정제어기 신호측정 시험장치를 개발하여 제작한 BM 활성수 플랜트 공정 제어기가 설계한 사양대로 잘 동작하는지 확인 하였다. 본 연구는 BM 활성수 플랜트 공정제어기를 건설한 저가의 시퀀서 제어방식 기반의 공정 제어기를 개발하여 시스템의 안정성과 효율성의 향상 및 운전관리 비용의 절감을 꾀할 수 있으리라 기대된다.

### ABSTRACT

In this study, a BMW plant process control system model which produces BMW is suggested and the BMW plant process controller with the following functions is developed. The first function is to operate the electronic overload relays to stop the blower for a certain period of time and to re-operate it again when the blower is overloaded. The second function is to close the motor operated valve automatically in case of power failure to prevent the circulation from the guided tank to the compost throwing tank and to block leak from the compost throwing tank due to the failure of ball valve. The third function is to transfer produced BMW from the concentration tank to 4 storage tanks for automatic managing of the BMW output. A device to measure the signal of the BMW plant process controller and a test equipment are developed. The designed BMW plant process controller is checked to see if it operates correctly according to the design specifications. The sequence control method based on BMW plant process controller is developed at a low cost in this study, so it is expected to bring improvements in the stability and the efficiency of system and to cause reductions in the operation and the management costs in the future.

**Keywords :** Nature Circulation System, Process Controller, BMW(Bacteria Mineral Water), Motor Operated Valve

## I. 서 론

최근 환경오염과 지구온난화에 대한 국제적 인식이 고조되어 가축분뇨의 해양투기금지 및 정화배출 수질기준 위반시 규제강화가 예상되고 가축분뇨 자원화에 대한 필요성도 점차 확대되어 가고 있다.[1][2][3][4][5]

가축분뇨 자원화의 대표적인 방법으로는 퇴비화와 액체 비료화를 들 수 있다. 그리고 이 처리 과정에서 악취가 많이 발생한다. 악취 발생을 처리하기 위해서는 균체나 화학약품이 필요하다. 균체를 사용하면 잔류물에 의한 오염을 막을 수 있다. 그러나 비용이 많이 든다. 또한 화학약품을 사용하였을 때

는 잔류물에 의한 오염을 막을 수 없다. 이러한 문제를 해결하는 방법으로 자연정화방식을 도입하는 것이다. 퇴비화와 액체 비료화 과정에 자연정화 방식을 도입한 기술이 BM 활성수이다.

환경에 대한 오염을 최대한 억제하고 가축분뇨를 자원화하는 축산분뇨자원화기술로 만든 BM 활성수는 다음과 같은 효과를 가지고 있다.[2][3][4][5]

- 1) 유기산 및 천연 미네랄을 함유하고 있는 좋은 물 생산한다.
- 2) 축사환경개선 : 축사 내에 유용한 미생물균을 최상의 밸런스로 증진시켜 발효를 유도하여 악취경감, 파리발생 억제한다.
- 3) 가축의 건강증진 : 가축 장내의 세균활동을 고조시켜 미생물의 안정화를 도모하고 균형을 이루어 가축의 건강증진시킨다.
- 4) 유기축산 실현 : 무용한 소독중단실현, 항생물질의 사용

\* 경남대학교

투고 일자 : 2015.4.2

수정완료일자 : 2015.4.28

게재확정일자 : 2015.5.1

역제로 유기축산 실현 한다.

- 5) 농가소득증대 : 소독제, 항생제, 살충제, 미생물발효제 등 기존의 각종 비용요소 대체효과, 사료 효율 증대로 사료비 절감 한다.
- 6) 자원리사이클 : 분뇨를 생물활성수 생산 및 양질의 퇴비, 액비로 재활용 한다.
- 7) 경쟁력 있는 친환경 고품질 축산물 생산 : 친환경 고부가 가치 축산물 생산으로 농가 소득 증대, 가축의 근육발달 및 육질개선, 지방용점 상승으로 맛이 증가 한다.

환경 관련 시스템의 경우, 배출 오염물질의 규제가 갈수록 강화되고 있어 공정의 안정성과 효율성이 향상될 필요가 있다. 그리고, 전력, 약품, 인건비 등의 운전관리 비용 절감에 대한 요구가 점점 더 높아지고 있다. 나아가 모든 데이터의 모니터링과 수 많은 공정 변수들의 제어가 가능해져야 종합적인 오염원 배출 감소와 에너지 절감을 위한 계획을 세울 수 있고 그 계획을 실행할 수 있다. 이런 관점에서 볼 때, 공정 자동화는 환경 관련 시스템의 운전엔 필수 요건이라고 말할 수 있다.[1]

본 논문에서는 BM 활성수를 생산하는 BM 활성수 플랜트 공정 제어시스템 모델을 제안하고, BM 활성수 플랜트 공정 제어시스템을 설계 및 제작한다. 그리고 BM 활성수 플랜트 공정제어기 시험장치를 개발하여 제작한 BM 활성수 플랜트 공정 제어기가 설계한 사양대로 잘 동작하는지 실험으로 확인 하려고 한다.

## II. BM 활성수 플랜트

### 2.1 BM 활성수

BM 활성수는 자연암석으로부터 칼슘, 마그네슘, 철, 게르마늄 등의 각종 미네랄을 추출한다. 그리고 추출한 각종 미네랄을 생명체가 흡수하기 쉬운 상태인 킬레이트미네랄로 화학적인 결합을 한 물로 만든다. 이렇게 만들어진 물에서 토양미생물이 생존을 위해 끊임없이 대사 작용을 하여 분비한 물질인 효소, 호르몬, 유기산, 성장촉진물질 등을 풍부하게 함유한 천연 성분이 BM 활성수 이다. BM 활성수는 박테리아(Bacteria), 광물(Mineral), 물(Water)의 상호 공생관계를 이용한 BM 활성수 자연순환 시스템(BM 활성수 플랜트)에서 생성 된다.[2][3][4]

### 2.2 BM 활성수 자연순환 시스템

BM 활성수 자연순환 시스템은 자연생태계의 가장 핵심 구성요소인 미생물(박테리아=B), 광물(미네랄=M), 물(워터=W)의 상호 공생관계를 회복시켜서 유기물을 분해하고, 흙과 물을 만들어내는 자연 생태계 시스템을 인공적으로 재현한 것이다.[2][3][4]

또한 이 시스템을 자연 순환계에 적용시킴으로써 자연이 가지고 있는 정화작용을 회복하고 활성화시키는데 초점을 두고 있다. 산에서부터 바다에 이르기까지 자연 생태계를 함축한 BM 활성수 자연순환 시스템은 인간 및 가축의 분뇨(糞

尿), 생활오폐수 등을 박테리아(Bacteria), 미네랄(Mineral)로 활성화시켜 귀중한 자원으로 만드는 자연 순환 기술이다. 이 순환도를 그림 1에 도시 하였다.[2][3][4][5]

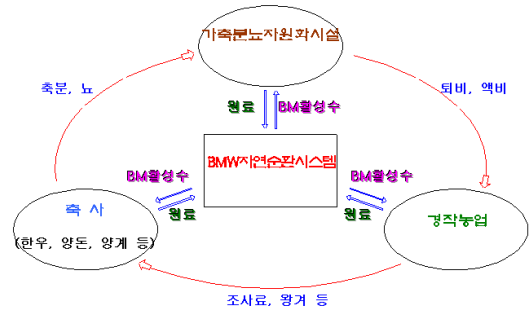


그림 1. BM 활성수 자연 순환시스템  
Fig. 1. BMW nature circulation system

### 2.3 BM 활성수 플랜트

자연의 핵심적인 구성 요소인 박테리아(Bacteria), 광물(Mineral), 물(Water)의 상호 공생관계를 이용한다. 자연이 원래부터 가지고 있는 정화작용을 회복하고 활성화시키는 자연 순환의 원리를 활용한 시스템이다. 토양미생물 생성기에 의해 생성된 강력한 토양 미생물군이 가축분뇨를 먹이로 하여 성장과 사멸과정을 거치고 그 과정을 통하여 BM 활성수를 생산하는 시설물이다. [2][3][4][5]

BM 활성수 플랜트는 그림 2와 같이 퇴비 투입조, 유도조, 반응조, 추출조, 농축조를 포함하며 박테리아, 미네랄, 물을 사용하여 축산폐기물을 자원화하는 시스템 이다. 퇴비투입조는 격벽에 의해 구획되는 투입조와 혼합조와 배출조를 포함한다. [2][3][4][5]

혼합조에는 축산 분뇨를 지하수와 혼합하기 위한 다수의 통공을 가진 암석 적재함이 각 수조의 외곽을 따라 방사 형태로 적층되어 있다. 그 중심에는 미세폭기형 산기관과 토양 미생물 생성기가 설치된다. 따라서 축산폐수는 상기와 같이 구성되는 각 공정을 순차적으로 통과함으로써 최종적으로 BM 활성수로 정화된다.

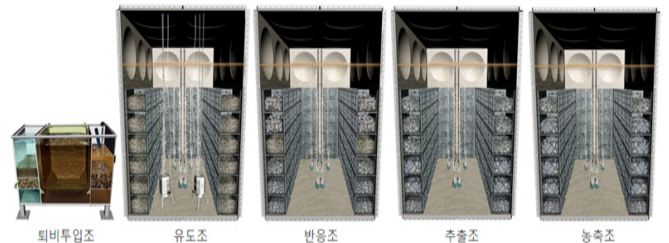


그림 2. BM 활성수 플랜트 모델  
Fig. 2. The BMW plant model

#### 2.3.1 퇴비 투입조

퇴비 투입조는 미생물의 먹이인 완숙 퇴비의 교체를 용이하게 하기 위한 장치로 호이스트, 수중펌프, 미세폭기 장치, 정수위 밸브, 전동밸브, 수위센서 등으로 구성된다.

퇴비 투입조는 유도조와 원활한 순환을 위하여 정수위 밸브가 설치되고, 고장에 의한 물 범람을 차단하기 위해 수위센서를 마련하여 자동적으로 수위를 조절할 수 있도록 되어있다. 또한 미세폭기형 산기관은 호이스트에 의해 1일 1회 투입되는 발효퇴비가 물에 잘 우러날 수 있도록 공기를 제공하여, 퇴비투입조의 혐기성화를 방지한다.

내부에는 토양미생물 성장을 유도하는 고농축 부식토로 형성된 펠릿(Pellet)이 채워져 있으며, 6개월 정도 사용 후 교체할 수 있도록 되어 있다.

**2.3.2 유도조**

유도조는 강력한 생명력을 가진 토양미생물의 서식환경을 유도하고, 퇴비투입조와 지속적으로 순환작용을 실시하는 조로 내부는 미생물 성장에 필요한 미네랄을 충분히 공급하기 위한 경석 외에 흑운모, 화강암 등으로 충전된 암석 적재함과 토양미생물 생성기 및 미세폭기형 산기관이 설치된다.

**2.3.3 반응조**

반응조는 토양미생물을 급속 배양 및 대량 증식 시키는 조로, 그 내부는 유도조와 마찬가지로 화강암, 경석, 흑운모 등으로 충전된 암석적재함과 미세폭기 산기관이 설치된다. 폭기에 의해 지하수는 암석적재함의 통공 및 그 사이의 암석 사이를 용이하게 순환하여 토양 미생물이 폭발적으로 성장하게 된다.

**2.3.4 추출조**

추출조는 미생물이 감소성장을 통하여 미네랄, 효소, 호르몬, 비타민 등의 각종 생리활성물질을 추출하며 그 내부는 화강암 및 게르마늄으로 충전 및 미세폭기형 산기관이 설치되어 있다.

**2.3.5 농축조**

농축조는 미생물이 내생 성장하며, 전 단계에서 생성된 미네랄, 효소, 호르몬, 비타민 등 각종 생리활성물질을 농축된다. 내부에는 미세폭기형 산기관 외에 수위센서와 타이머를 이용한 수증펌프가 설치되어 매일 일정량의 BM 활성수를 저장조로 이송한다.

**III. BM 활성수 플랜트 공정제어기 설계**

BM 활성수 플랜트 모델이 자연순환 기능을 갖기 위한 공정도를 그림 3에 나타내었다. BM 활성수 플랜트 공정제어기는 퇴비투입조, 유도조, 반응조, 추출조, 농축조 그리고 저장조 순으로 퇴비물을 단계별로 이동시켜 BM 활성수가 생산되도록 활성수 생산 공정을 제어한다.

그림 3에서 체크밸브가 달린 2개의 부로와(Blower)를 통해 공급된 공기는 T 배관을 이용하여 하나로 합쳐져서 BM 활성수 플랜트의 공정에 공급되는데, 이때 부로와 A와 B를 30분 간격으로 교대로 동작시킴으로써 부로와의 과열을 방지한다.

그리고 전원을 공급을 위해 사용하는 3상 380V 전력의 불균형과 부로와 베어링의 마모로 인한 부로와 과열을 방지하기 위하여 부로와에 흐르는 정격전류를 감시하는 EOCR를 사용하여 부로와를 보호한다.

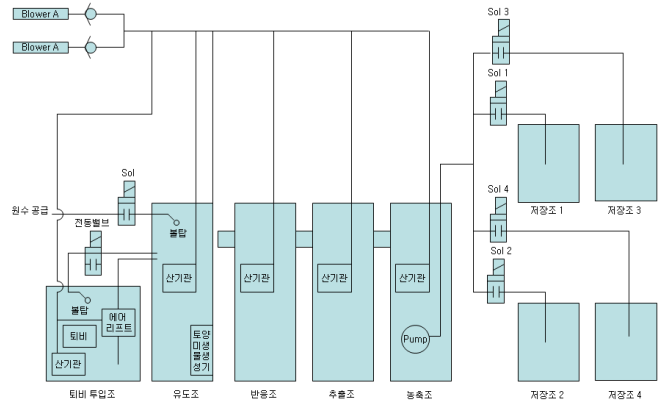


그림 3. BM 활성수 플랜트 제어시스템의 공정도

Fig. 3. The process chart of BMW plant control system

퇴비 투입조와 유도조의 순환을 위해 두 개의 배관 통로를 사용한다.

첫 번째 통로는 유도조에서 퇴비투입조로 연결된 배관으로 토양미생물이 함유된 퇴비물을 퇴비투입조로 순환하는 작용을 한다. 이 통로의 끝에 정수위 밸브인 불탑을 설치하여 퇴비 투입조의 물이 넘치지 않게 기계식으로 수위를 조절하며 유도조와 퇴비 투입조의 수위차를 이용하여 자연 순환시킨다. 그리고 정수위 밸브인 불탑의 고장으로 퇴비 투입조의 물이 넘치는 것을 막기 위해 유도조와 퇴비투입조 사이 배관에 불형 전동밸브를 연결한다. 전동밸브의 열고/닫힘 제어는 퇴비 투입조에 레벨센서 전극을 설치하여 그 출력신호로 전동밸브를 조작한다. 전동밸브의 열고/닫힘의 상태는 공정제어기 패널에서 표시한다.

두 번째 통로는 퇴비 투입조에서 유도조로 연결된 배관으로 미생물의 먹이인 퇴비와 토양미생물이 함유된 물을 유도조로 순환하는 작용을 한다. 퇴비 투입조의 물을 유도조로 순환시키기 위해 퇴비 투입조에 수위센서가 내장된 수증펌프를 설치하여 강제 순환시킨다. 수증펌프의 동작시간은 수증펌프에 부착된 수위센서의 길이로 조절한다.

퇴비 투입조, 유도조, 반응조, 추출조 및 농축조를 거치며 40일간 숙성과정을 통해 완성된 BM 활성수를 BM 활성수 플랜트의 일일 생산량만큼 자동으로 저장조에 저장하고, 그 저장 방법은 농축조에 수증펌프를 설치하여 펌핑된 BM 활성수를 저장조에 저장한다. BM 활성수의 일일 생산량은 24시간 타이머와 4개의 분타이머를 사용하여 수증펌프 용량에 의해 일일 생산량 나눈 시간만큼 동작 시킨다.

BM 활성수 플랜트 공정제어기의 전기 회로도를 그림 4에 나타내었다. 왼쪽 위에 3상 380V 5P(R, S, T, N, 접지) 단자를 통하여 공정제어기에서 사용하는 전기가 공급된다.

메인 누전차단기의 출력 중 3상 380V 3P(R, S, T)은 아래의 3상 380V 3P 누전차단기 A로 연결된다. 그리고 전자계폐기 MC A 그리고 EOCR을 거쳐서 부로와 A에 연결된다. 이러한 계통이 부로와를 구동시키기 위한 전기 회로도이다.

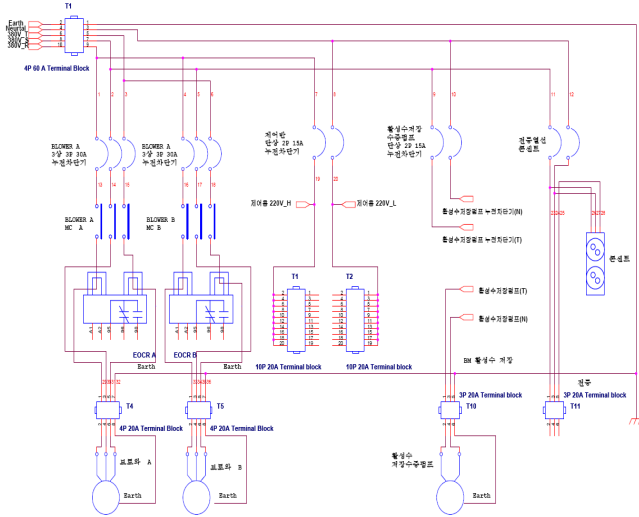


그림 4. BM 활성수 플랜트 공정제어기 전기 회로도  
Fig. 4. The electric circuit of BMW plant process controller

회로도의 중앙에 제어회로에 전원을 공급하는 단상 220V 15A 누전차단기가 위치한다. 제어반용 전원은 3상 380V 4P(R, S, T, N 접지)에서 2P(R, N)만 가지고 단상 220V를 분기해서 사용한다. 제어반 단상 220V 출력에 20P 터미널 블록을 사용하여 공정제어기의 전기를 분배한다.

그 다음이 BM 활성수 저장펌프 제어용 전기 회로도이다. BM 활성수 저장펌프용 전원은 3상 380V 4P(R, S, T, N 접지)에서 2P(S, N)만 가지고 단상 220V를 분기해서 사용한다. BM 활성수 저장펌프 단상 220V 누전 차단기 출력에 전자계폐기 GMC-9와 EOCR이 연결되고, EOCR의 BM 활성수 저장펌프 인 수증펌프가 연결된다.

그 다음이 BM 활성수 플랜트 공정제어기가 설치된 제어실에 조명과 기타 장비를 운영하기 위한 단상 220V 15A 누전 차단기와 3구 콘센트이다. 이 전원은 3상 380V 4P(R, S, T, N)에서 2P(T, N)를 연결하여 사용한다.

그 다음에 있는 단상 220V 15A 누전차단기는 겨울의 기온강하로 배관이 얼지 않도록 하기 위해 배관의 위에 감는 열선을 위한 전원이다. 이 전원은 3상 380V 4P(R, S, T, N, 접지)에서 2P(T, N)를 연결하여 사용한다. 마지막 단상 220V 15A 누전차단기는 예비용이다. 이 전원은 3상 380V 4P(R, S, T, N, 접지)에서 2P(T, N)를 연결하여 사용한다.

3.1 부로와 제어 회로

24시간 타이머, EOCR, 분 타이머와 전자계폐기를 이용하여 24시간 동작시 부로와 A와 B가 30분씩 교대로 동작하여 부로와의 과열을 방지하는 기능을 가진 부로와 제어회로이

다. 부로와가 정상 작동시 EOCR에 의해 녹색 램프가 점등된다. 그리고 지속적인 운행으로 인하여 과열이 될 경우 과열된 부로와는 EOCR에 의해서 붉은색 램프가 점등되도록 그림 5와 같이 설계하였다.

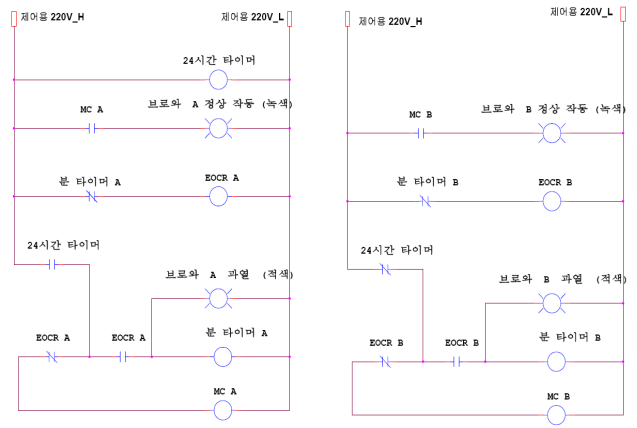


그림 5. 부로와 제어회로  
Fig. 5. The blower control circuit

그림 6에서 0분에서 1시간 사이는 24시간 타이머에 의해서 부로와 A와 B가 30분씩 교대로 동작하는 타이밍도를 나타내었다. 24시간 타이머가 30분 간격으로 On/Off하고, On 시에는 부로와 A를 동작시키기 위해 MC A 전자계폐기를 작동시킨다. 그리고 Off 시에는 부로와 B를 동작시키기 위해 MC B 전자계폐기를 작동시킨다. MC A 전자계폐기와 MC B 전자계폐기의 보조 접점에 연결된 부로와 A, B 정상램프가 점등된다.

24시간 타이머	Blower A	Blower B	Blower A	Blower B
분 타이머 A			Blower A 냉각 시간	
분 타이머 B			Blower A 냉각 시간	
EOCR A			Blower A 냉각 시간	
EOCR B				
MC A	Blower A		Blower A	
MC B		Blower B		Blower B
Blower A 정상램프	Blower A		Blower A	
Blower A 과열램프			Blower A 냉각 시간	
Blower B 정상램프		Blower B		Blower B
Blower B 과열램프				
	0분	30분	1시간	1시간 30분
				2시간

그림 6. 부로와 동작 타이밍도  
Fig. 6. The timing chart of blower

그림 6의 1시간에서 2시간 사이는 부로와 A가 정상동작중 과열에 의한 과전류를 EOCR A가 검출하여 MC A 전자 계폐기를 Off 시키고 부로와 A의 남은 동작 시간만큼 분 타이머 A에 의해서 정지된다. 그리고 부로와 B가 정상적인 동작을 완료한 후 부로와 A가 식어져서 다시 동작을 하게 된다.

3.2 퇴비투입조 전동밸브 제어회로

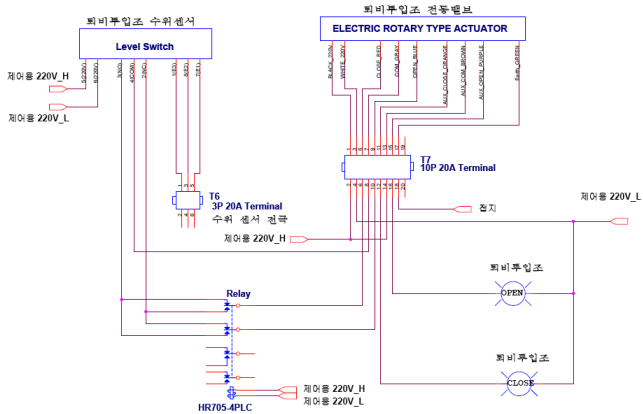


그림 7. 퇴비투입조 전동밸브 제어회로

Fig. 7. The control circuit of a motor operated valve for the compost throwing tank

유도조에서 퇴비 투입조로의 원활한 순환 및 제품의 노후 또는 하자로 발생할지 모를 물 넘침을 대비하기 위한 것으로 레벨스위치의 수위 센서전극을 이용하여 전동밸브의 동작을 제어한다. 이러한 제어회로는 기계식 수위조절기인 불탑이 노후로 고장시 수위센서를 이용하여 퇴비투입조의 만수위를 감지하여 전동밸브를닫고, 램프로 표시 하도록 설계하였다. 제어회로를 그림 7에 도시하였다.

매인 전원	전원 Off	전원 On			전원 Off
퇴비 투입조 레벨스위치		동작			
전동밸브 열림	열림		열림		
전동밸브 닫힘	닫힘		닫힘		닫힘
	정수위 밸브 정상 A	정수위 밸브 정상 B	정수위 밸브 고장 C	정수위 밸브 정상 D	

그림 8 퇴비투입조 전동밸브 타이밍도

Fig. 8 The timing chart of a motor operated valve for the compost throwing tank

퇴비투입조의 동작 타이밍도는 그림 8과 같다. 정수위밸브가 정상동작하고, 전원이 Off 상태면 전동밸브는 닫힌다(A). 그리고 전원이 On된 상태에서 정수위밸브가 정상동작하고, 퇴비투입조의 레벨스위치가 동작되지 않으면 전동밸브는 열린다(B). 이 상태로 동작하다가 정수위밸브인 불탑이 고장나서 불탑이 열리면 레벨스위치가 동작한다(정수위밸브 고장).

레벨스위치가 동작하면 전동밸브를 닫는다. 정수위밸브의 수리가 완료되면 전동밸브는 열린 고 정상 동작한다(C). 정상 동작하다가 전원이 Off 되면 전동밸브는 정전복귀 기능을 사용하여 밸브를 닫아서 퇴비투입조에서 퇴비물의 넘침을 방지한다.

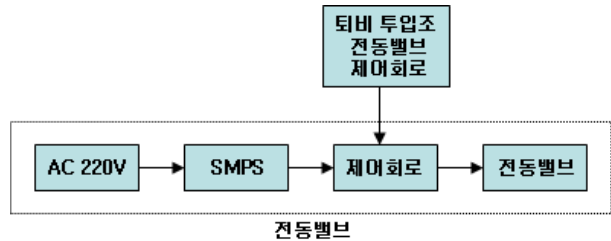


그림 9. 전동밸브 구성도

Fig. 9. The block diagram of a motor operated valve

현재 판매되는 전동밸브의 구조는 그림 9와 같다. 퇴비투입조에 사용하는 전동밸브는 전원이 Off 되면 전동밸브의 현재 상태를 그대로 유지한다. 즉 전원이 Off 되기 직전에 열려있으면, 전원 Off된 후에도 열려있다. 이러한 기능으로 인하여 BM 활성수 플랜트가 가동 중에 전동밸브가 열려져 있는 상태에서 전원이 Off 되면 유도조의 퇴비물이 퇴비투입조로 계속 흘러서 넘치는 현상이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 전원이 Off 되어도 전동밸브가 닫히는 동안은 전동밸브의 구동회로에 전기를 충분히 공급해주면 된다. 그래서 개선한 전동밸브의 구성도를 그림 10에 도시하였다.

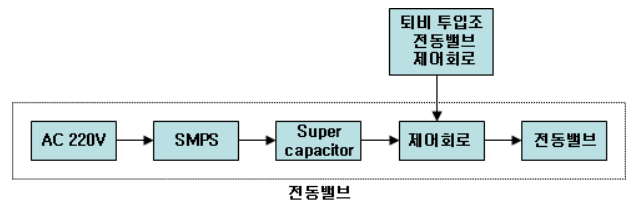


그림 10. 개선한 전동밸브 구성도

Fig. 10. The block diagram of a improved a motor operated valve

그림 10과 같이 SMPS와 제어회로 사이에 슈퍼 커패시터(Super capacitor)를 연결하여 전동밸브가 닫히는 동안 필요한 전력을 공급하게 개조한다. 사용하는 전동밸브는 AUTO MA의 ATM-0020으로 사양은 표 1과 같다.

표 1 ATM-0020 사양  
Table 1 Specification of ATM-0020

항 목	사 양
1차 전압	220V 단상
2차 전압	24V
2차 전류	3A
열리는 시간	11초

전동밸브의 소비전력은 72W 이다. 열리는 시간이 11초 임으로 필요한 전력은 792W 이다. 이 전력을 저장할 슈퍼 커패시터의 용량은 다음 (1)식과 같다.

$$C = \frac{2W}{V^2} = \frac{2 \times 792W}{(24V)^2} = 2.75F \quad (1)$$

3.3 원수 유입용 유도조 제어 회로

BM 활성수 플랜트의 1일 생산량을 제어하는 부분이 그림 11의 원수 유입용 유도조 제어 회로이다.

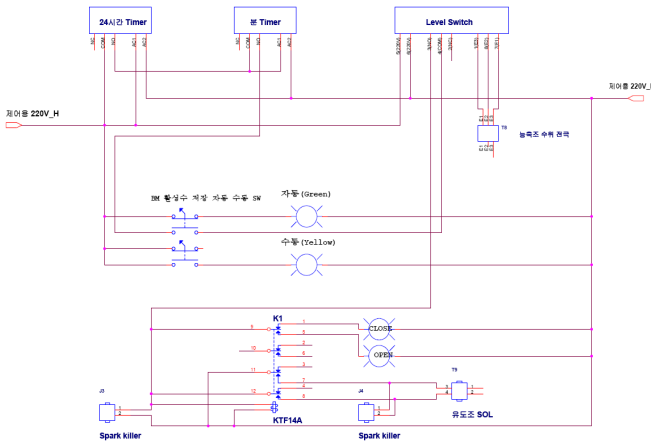


그림 11. 원수 유입용 유도조 제어 회로

Fig. 11. The control circuit of a guided tank for water inflow

1일 BM 활성수 생산량은 먼저 원수의 분당 유입량을 측정한다. 1일 생산량을 분당유입량으로 나눈어진 값을 분타이머에 세팅한다. 세팅한 시간만큼 유도조 원수 유입용 솔레노이드밸브(유도조 Sol)을 작동 시킨다. 이 과정에 대한 타이밍도를 그림 12에도시하였다.

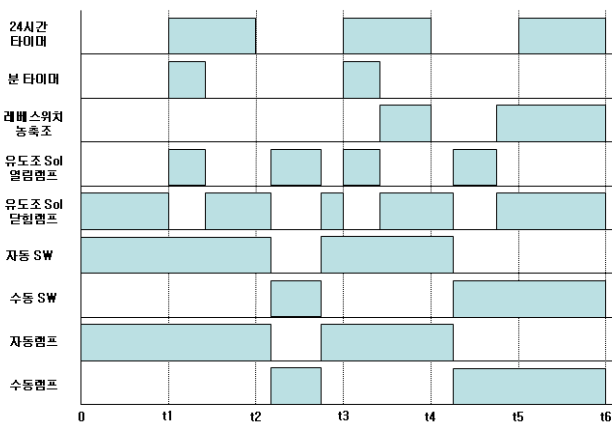


그림 12. 원수 유입용 유도조 Sol 동작 타이밍도

Fig. 12. The solenoid timing chart of a guided tank for water inflow

원수 유입 방법은 자동/수동 방식이 있다. 자동방식은 하루에 한 번씩 일정한 시간에 1일 생산량 만큼의 원수를 유도조에 공급하는 것이다. 동작순서는 24시간 타이머를 10분단위

로 설정한다. 설정된 24시간 타이머의 동작시간에 1일 생산량의 원수가 공급되도록 분타이머의 시간을 설정한다. 설정 시간만큼 원수 유입용 솔레노이드밸브가 열려서 유도조에 원수가 공급 된다. 원수를 공급하는 중 농축조가 만수위가 되면 농축조에 설치된 수위전극이 만수위를 감지하여 레벨스위치를 작동시켜서 유도조 Sol 을 닫는다. 이 과정이 그림 12의 t1에서 t2 구간이다.

수동방식은 수동 SW를 작동시키면 24시간타이머와 관계없이 유도조 Sol 을 열어서 원수를 유도조로 공급한다. 이과정은 그림 12의 t2에서 t3 구간이다.

t3와 t4 구간은 자동방식으로 운전시 레벨 스위치가 동작하여 을 유도조 Sol 닫는 과정을 보여주는 타이밍도이다. 그림 12에서 t4와 t6의 구간은 수동방식으로 운전중 레벨 스위치가 작동하여 유도조 Sol을 닫는 과정을 보여주는 타이밍도이다.

3.4 활성수 저장조 제어 회로

활성수 저장조 제어회로는 그림 13에 도시하였다. 24시간 타이머와 4개의 분타이머는 그림 3에 도시한 것과 같이 하루 동안 생산한 활성수를 4개의 활성수 저장조에 하루에 필요한 양 만큼 자동 분배하는 기능을 수행한다.

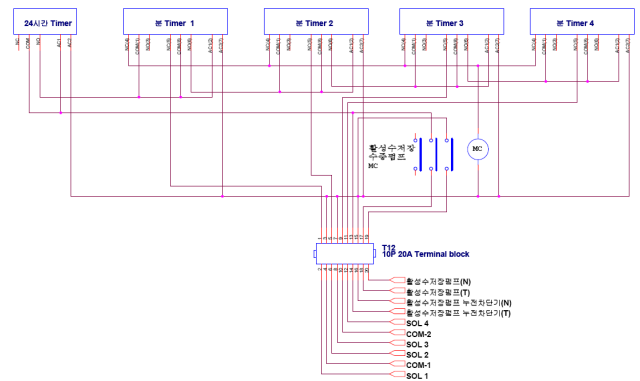


그림 13. 활성수 저장조 제어회로

Fig. 13 The control circuit of a BMW storage tank

활성수의 분배 원리는 그림 14에 타이밍도로 나타내었다. 활성수를 저장시간을 24시간 타이머로 설정한다. 24시간 타이머의 설정시간은 4개의 분타이머가 4개의 활성수 저장조에 활성수를 저장하는 시간의 합보다 크게 설정한다. 24시간 타이머가 동작하면 연속적으로 분타이머 1(t1-t2), 분타이머 2(t2-t3), 분타이머 3(t3-t4) 그리고 분타이머 4(t5-t6)가 동작한다. 분타이머 4개의 동작 시간의 합에 해당하는 시간 동안 수중펌프 구동용 MC가 동작하여 수중펌프를 구동한다. 그리고 분 타이머와 활성수 분배용 솔레노이드밸브는 동시에 동작한다.

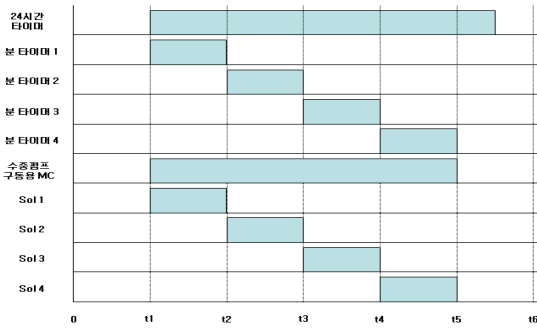


그림 14. 활성수 저장조 타이밍도  
Fig. 14. The timing chart of a BMW storage tank

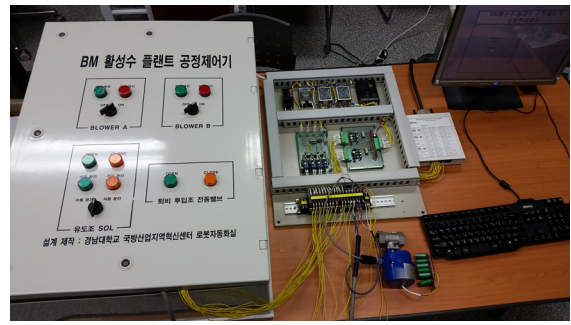


그림 17. 시험중인 공정제어기  
Fig. 17. Examination of the process controller

#### IV. 실험 및 결과고찰

##### 4.1 BM 활성수 공정제어기 시험장치 구성

완성된 BM 활성수 플랜트 공정제어기 모습을 그림 15에 나타내었다.

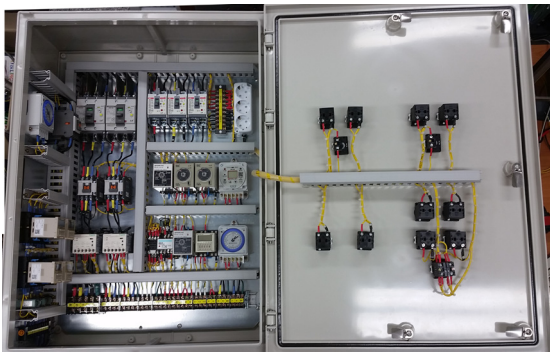


그림 15. 완성된 공정제어기  
Fig. 15. Completed process controller

신호측정 장치의 프로그램은 Labview를 사용하여 그림 18, 19와 같이 제작하였다. 그리고 측정한 데이터는 Matlab를 사용하여 그림으로 표현 하였다. 측정시간 간격은 15초 간격으로 하였다.

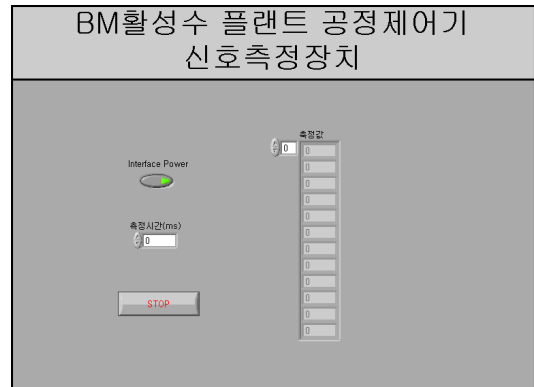


그림 18. 신호측정 장치의 프론트패널  
Fig. 18. The front panel of a signal measurement device

제작한 공정제어기를 시험하기 위한 신호측정 장치의 구성도는 그림 16과 같다. AC 220V로 동작하는 신호를 신호변환 회로를 만들어서 PC에서 관측하고 기록할 수 있도록 하였다. 이장치를 사용해서 공정제어기를 시험하는 모습을 그림 17에 나타내었다.

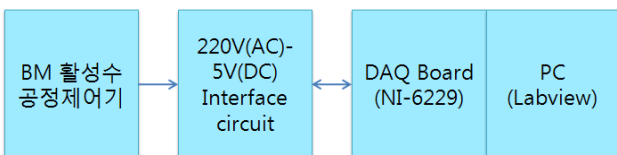


그림 16. 신호측정 장치의 블록선도  
Fig. 16. The block diagram of a signal measurement device

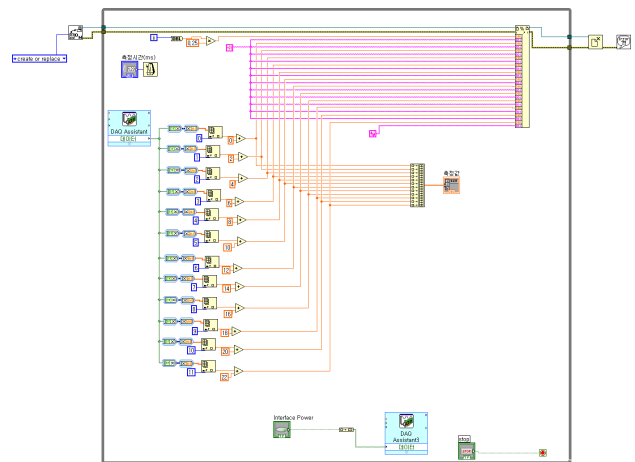


그림 19. 신호측정장치 블록다이아그램  
Fig. 19. The block diagram of a signal measurement device

4.2 실험결과

공정 제어기가 설계한 대로 정확하게 동작하는지 확인하기 위해서 신호측정기를 제작하였다. 제작한 신호 측정기를 사용하여 공정 제어기가 설계 사양대로 동작하는지 부로와 제어회로, 퇴비투입조 전동밸브 제어회로, 원수 유입용 유도조 제어회로 그리고 활성수 저장조 제어회로에 대해 동작 신호 측정실험을 실시하였다. 실험결과를 그림 20에서 그림 23에 도시 하였다.

부로와 제어회로의 실험조건은 공정제어기의 동작만 확인 하면 되므로 24시간 타이머의 동작 시간은 10분으로 설정하였다. 10분 마다 부로와 A와 B가 교대로 동작한다. 그리고 과열시 정지 분 타이머도 10분으로 설정하였다. 동일한 시간대에서 11곳의 신호를 측정하여 그림 6의 타이밍도와 그림 20의 실험 결과가 동일함을 확인하였다.

퇴비투입조 전동밸브 제어회로의 실험은 공정제어기의 전원이 차단되거나 퇴비투입조 레벨스위가 동작 되면 전동밸브가 닫히는지 확인한다. 동일한 시간대에서 4곳의 신호를 측정하여 그림 8의 타이밍도와 그림 21의 실험 결과가 동일함을 확인하였다.

원수 유입조 제어회로 실험은 24시간 타이머의 동작 시간은 10분으로 설정하고, 원수 유입 타이머의 작동시간을 4분으로 설정 하였다. 10분을 주기로 원수 유입 타이머가 동작하다가 농축조 레벨스위치가 작동하면 유도조 솔레노이드 밸브(유도조 Sol)이 닫힌다. 동일한 시간대에서 9곳의 신호를 측정하여 그림 12의 타이밍도와 그림 22의 실험 결과가 동일함을 확인하였다.

활성수 저장조 제어회로 실험은 24시간 타이머의 동작 시간은 10분으로 설정하고, 4개 솔레노이드 밸브의 분 타이머를 2분으로 설정하였다. 24시간 타이머가 동작하면 4개의 솔레노이드 밸브가 2분 간격으로 연속적으로 동작하는 것을 관찰 할 수 있다. 동일한 시간대에서 10곳의 신호를 측정하여 그림 14의 타이밍도와 그림 23의 실험 결과가 동일함을 확인 하였다.

이상의 실험 결과로부터 설계 및 제작한 BM 활성수 플랜트 공정 제어기가 잘 동작함을 확인 하였다.

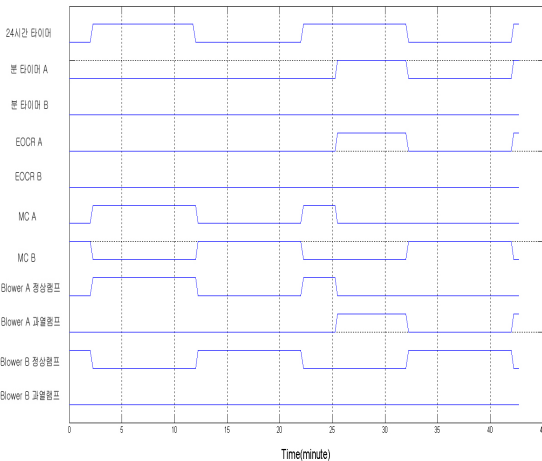


그림 20. 부로와 제어회로 시험결과

Fig. 20. The control circuit experiment result of a blower

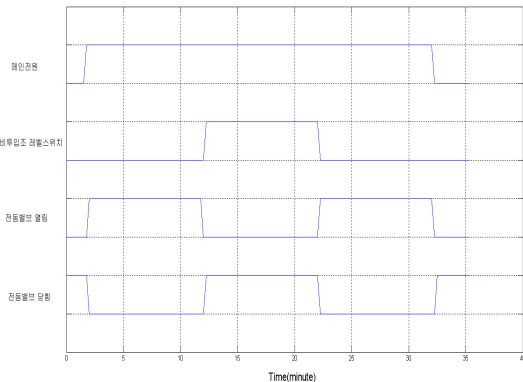


그림 21. 퇴비투입조 전동밸브 제어회로 실험결과

Fig. 21. The control circuit experiment result of a motor operated valve for the compost throwing tank

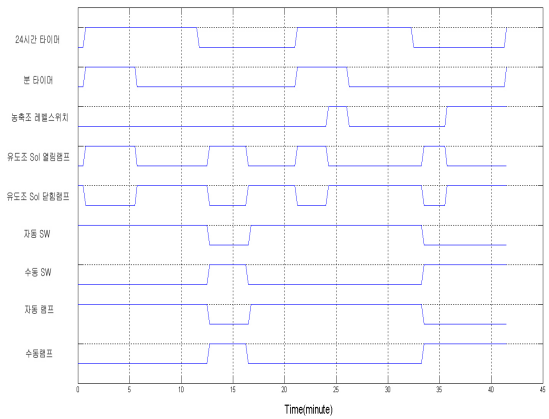


그림 22. 원수 유입용 유도조 제어회로 실험결과

Fig. 22. The control circuit experiment result of a guided tank for water inflow

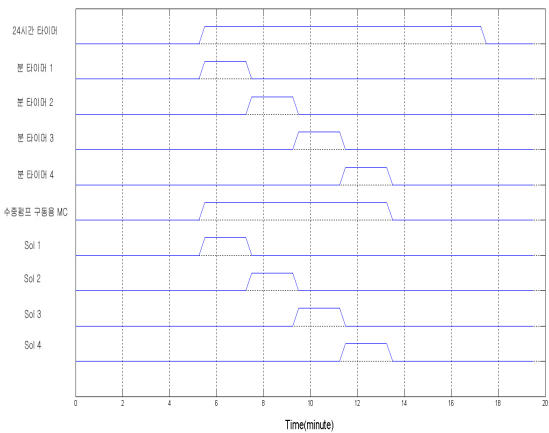


그림 23. 활성수 저장조 제어회로 실험결과

Fig. 23. a control circuit experiment result of BMW storage tank



## V. 결론

본 논문에서는 BM 활성수를 생산하는 BM 활성수 플랜트 공정 제어시스템 모델을 제안하고, BM 활성수 플랜트 공정 제어기를 개발 하였다.

- 1) 부로와가 순간적으로 과부하가 걸렸을 때, 전자과부하릴레이가 동작하여 일정시간 부로와를 정지시킨 후 재 기동하도록 하였다.
- 2) 정전시 전동밸브가 자동으로 잠기는 기능을 부가함으로써 불밸브의 고장으로 인한 퇴비투입조의 누수를 막을 수 있다.
- 3) 생산된 활성수를 농축조에서 4개의 저장조로 자동으로 이송 할 수 있는 기능을 부가하여 일일 활성수 생산량을 이종으로 자동 관리하게 하였다.
- 4) BM 활성수 플랜트 공정제어기 신호측정 시험장치를 개발하여 제작한 BM 활성수 플랜트 공정 제어기가 설계한 사양대로 잘 동작하는지 확인할 수 있게 하였다.

본 연구는 BM 활성수 플랜트 공정제어기를 건설한 저가의 시퀀서 제어방식 기반의 공정 제어기를 개발하여 시스템의 안정성과 효율성의 향상 및 운전관리 비용의 절감을 꾀할 수 있으리라 기대된다.

뿐만 아니라, 차후 네트워크 기반의 공정제어 시스템을 개발하여 농가에서 활용되는 시스템에 전반적으로 적용가능하며, 그 활용 범위는 넓어질 것이라 예상된다.

## 참 고 문 헌

- [1] (주)비엠수코리아, “BM 활성수 개요 및 활용사례”, 2013
- [2] (주)비엠수코리아, “BM 활성수 생산 장치 시방서”, 2013
- [3]. (주)비엠수코리아, “BM 활성수 플랜트 설명서”, 2013
- [4] 한민경, “PLC 기반의 BM 활성수 플랜트 공정제어시스템 개발”, 경남대학교 석사학위논문, pp. 1~22, 2012
- [5] 한민경, 이상윤, 강재관, “간이형 비엠활성수 플랜트 개발”, 한국기계가공학회 2013년도 춘계학술대회 논문집, pp. 135-135, 5, 2013
- [6] 김영흡 외, “시퀀스 제어와 PLC”, 북스힐, pp. 19-98, 2008



이 상 윤 (Sang-Yun Lee)

正會員

1986년 2월 금오공대 전자공학과 (공학사)

1991년 2월 금오공대 전자공학과 (공학석사)

1998년8월 경남대학교 전자공학과(공학박사)

2005년 1월 ~ 2006년 2월 이상윤지도사 사무소 대표

2006년 9월 ~ 2012년 3월 경남대학교 기계공학부 강의전담

2012년 4월 ~ 현재 경남대학교 기계공학부 조교수

※주관심분야 : 자동제어, 유공압, DSP 응용분야