

---

# 정압비례제어방식을 적용한 정압급수장치의 개발

김주명\* · 김광열\*\* · 이건기\*\*\*

Development of a constant pressure feed system using a constant pressure proportional control mode

Ju-myung Kim\* · Gwang-yull Kim\*\* · Gun-ki Lee\*\*\*

## 요 약

자동 급수펌프는 압력스위치에 의해 운전 및 정지를 하게 된다. 따라서 수량 증감에 따른 펌프의 빈번한 운전 및 정지로 인해 지속적인 정격 및 정압 운전이 불가능하다. 또한 빈번한 작동으로 인해 지속적으로 일정한 압력을 얻을 수 없으며, 펌프의 소손과 에너지의 낭비가 심한 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 해결하고자 급수밸브, 유량센서, 제어장치로 구성되는 정압 급수장치를 설계 제작하였다. 급수밸브는 유출되는 물의 양과 관계없이 항상 일정한 양의 물을 유입하여 펌프의 부하를 줄이는 역할을 한다. 유량센서는 적외선 다이오드를 사용하여 유출되는 물의 양의 측정하며, 제어장치는 8 비트 마이크로프로세서를 이용하여 설계하였으며, 특별한 제어 알고리즘에 의해 펌프의 운전과 정지를 제어하게 하였다.

본 논문에서 개발한 장치는 토출 압력이 일정하게 유지되고 펌프의 작동 및 정지 동작이 부드럽게 이루어지며, 펌프의 지속적인 정압운전이 가능하므로 기존의 단점을 보완하는 장치로 사료된다.

## ABSTRACT

Automatic feed pumps are operated and stopped by a pressure switch. Thus, because of repeated operations and stops of the pumps according to fluctuations of water volume, operation with constant rate and pressure is impossible. Moreover, because of repeated running of the pump, keeping up of constant pressure is impossible and damage and energy loss are weak points of the pumps.

To make up for defects of an automatic feed pump, this paper designed and made a static pressure feed system which was composed of a feed water control valve, a flow sensor and a control system. The valve device plays an important part in reducing load of pumps by constant water supply regardless of outflow of water. Outflow of water is determined by infrared diode of the flow sensor. The control system is made of a 8 bit micro-processor and the pump was controlled by a specific control algorithm.

With the constant pressure feed system, discharge pressure was kept at fixed pressure, accurate operations and stops were smoothly accomplished and the pump was operated with constant pressure. Thus, the constant pressure feed system can be considered as an advanced system which made up for the weak points in the current automatic feed systems.

## 키워드

automatic feed pump, pressure switch, static pressure, valve device, flow sensor

---

\*광양보건대학 의료공학과  
접수일자 : 2003. 5. 26

\*\*마산대학 기계 자동차공학부  
\*\*\*경상대학교 공과대학 전기전자공학부

## 1. 서론

현재 널리 사용되는 자동급수펌프 장치는 펌프에 전원을 공급하면 펌프 내의 임펠러(Impeller)가 고속으로 회전하므로 진공과 같은 상태로 되어 물이 유입되고, 체크 밸브를 들어올리면 물은 펌프 내부의 임펠러를 거쳐 고압 토출관(수도꼭지)을 통해 토출된다. 이때 고압 토출관을 잠그면 급수량이 감소하게 되고 압력탱크의 압력이 높아지게 되며 그 압력이 압력스위치의 오프(off)값이 되면 전원이 차단되어 모터의 정지로 펌프의 양수가 정지된다. 그 후 다시 고압 토출관이 열리게 되어 압력탱크의 압력이 압력스위치의 온(on)값에 도달하면 모터에 전원이 공급되어 재급수 된다.

그러나 이와 같은 기동방식의 자동급수펌프를 급격하게 수량이 변화하는 곳이나 소량의 양수를 연속적으로 사용하는 곳에 적용하면 압력탱크의 압력이 급상승하여 압력스위치가 오프(off)되어 펌프가 정지되므로 연속적인 운전이 불가능한 단점을 가지고 있다. 압력스위치의 압력 감지기에 의해 측정된 압력 값에 의해 기동 및 정지를 하므로 수량 증감에 따른 펌프의 빈번한 기동 및 정지 동작으로 인해 지속적인 정격 및 정압 운전이 불가능하며, 빈번한 작동으로 인해 지속적으로 일정한 압력을 얻을 수 없으며, 잦은 동작으로 인해 기계적 소음도 심하게 발생한다. 또한 펌프의 소손과 에너지의 낭비가 심하며 유량의 공급없이 회전을 하게 되는 경우에는 펌프의 파손까지 발생하는 심각한 단점을 가지고 있다.

따라서 이러한 단점을 보완하여 수량의 급격한 증감에도 펌프의 작동 및 정지 동작이 부드럽게 이루어지고, 지속적인 정압운전이 가능하며, 펌프의 수명 연장과 전력의 낭비를 줄일 수 있어 설치 및 유지비용이 줄어드는 장점을 갖는 자동급수 펌프를 개발하였다.

관, 상기 고압 토출관의 양수를 일정 압력으로 완충 역할을 하는 압력탱크와 압력탱크에 부착되어 펌프의 모터 전원을 개폐시키는 압력스위치, 그리고 역류를 방지하는 체크 밸브로 구성되어 있다.

이러한 구조의 자동 급수장치는 펌프의 자켓에 부착된 물 보충캡을 통해 물을 보충한 후, 모터에 전원을 공급하면 펌프내의 임펠러 회전으로 진공에 도달하여 물은 흡입관으로 유입되어 체크밸브를 들어올려 펌프 내부 임펠러를 거쳐 고압 배출관을 통해 배출된다. 이때 고압배출관을 서서히 잠궈 양수량이 감소하게 되면 압력탱크의 압력이 높아져 압력탱크의 압력이 압력스위치의 오프(off) 지점에 도달하게 되고 전원이 차단되어 모터의 회전정지로 펌프의 양수가 정지되며, 고압 배출관이 열리게 되어 압력탱크의 압력이 낮아지면 재 급수된다.

그러나 이러한 자동 급수펌프는 급격한 대소수량 및 특히 소량의 양수를 연속적으로 사용하려면 압력탱크의 압력이 급상승하여 압력스위치가 오프(off)되어 펌프가 정지되므로 연속적인 운전이 불가능하게 된다. 따라서 펌프에 압력스위치만 설치된 자동급수장치는 토출구의 압력탱크에 접속된 압력스위치의 압력센서에 의한 압력 값에 의하여 단순히 기동 및 정지를 하므로 수량 증감에 따라 압력이 빈번히 변하게 되면 일정한 압력을 지속적으로 얻을 수 없어 배출관을 통해 나오는 수량의 변화가 발생하며, 모터에서 소음이 발생하는 단점을 가지고 있다.

또한 그림 1의 실험용 급수펌프의 초기 기동 전류와 기동 후의 전류를 측정된 실험결과, 모터의 초기 기동전류는 펌프의 용량에 따라 차이가 있으나 정격보다 약 2배 이상의 전류가 필요하였다. 따라서 모터의 기동과 정지가 빈번히 일어나면 펌프의 소손과 에너지 낭비가 심하게 발생하는 단점을 가지고 있다.

## II. 급수 펌프에 대한 고찰

기존의 자동 급수장치는 펌프에 물을 보충하는 물 보충캡과 물을 보유하는 자켓, 펌프와 결합되어 흡입과 토출의 판로를 형성하는 흡입관과, 고압 배출

## III. 정압 급수 펌프

### 1. 정압 급수 펌프의 구성

정압 급수 장치는 흡입관의 압력에 의해 펌프

의 동작 시기가 결정되며 토출관의 유량에 의해 정지 시기가 결정된다.

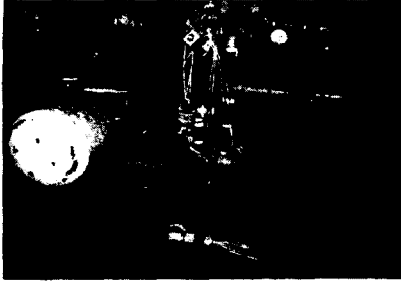


그림 1. 실험용 급수 펌프  
Fig. 1 Laboratory Feed Pump

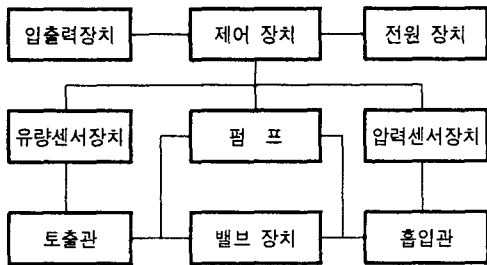


그림 2. 정압 급수장치의 블록도  
Fig. 2 Block Diagram of Constant Pressure Feed System

펌프를 제어하기 위한 압력값을 설정하기 위해 그림 1과 같이 실제 실험용 펌프를 제작 설치하여, 펌프의 기동시 흡입관과 토출관의 압력의 변화가 있음을 압력계지를 통해 확인하였다. 처음 설계에서는 흡입관과 토출관의 압력값을 본 연구에서 개발하고자 하는 제어장치의 제어 신호로 사용하려하였으나, 급격한 압력의 변화를 그대로 제어신호로 사용하게 되면 기존의 자동급수 펌프의 제어 및 동작에서 차이가 없게 된다. 따라서 펌프의 흡입관과 토출관에 연결되어 유체를 피드백시키는 역할을 하며 정압 비례제어 방식으로 동작되는 밸브를 제작 설치하여 펌프가 기동 후에는 항상 일정한 압력을 유지하도록 하였다.

또한 전류 측정 결과 모터의 초기 기동전류는 펌프의 용량에 따라 차이가 있으나 정격보다 약 2 배 이상의 전류가 필요하였다. 따라서 모터의 기동과 정지가 빈번히 일어나면 모터의 소손이 심한

단점을 가지고 있다는 것이 증명되었다. 본 연구의 정압 급수 장치의 구성은 그림 2와 같다

## 2. 유량 센서 장치

토출관의 유량을 측정하여 그 측정치를 제어에 이용할 경우 정압 급수장치의 제어 알고리즘을 만족하게 되므로 밸브장치에서 나오는 토출관에 연결할 수 있는 유량 측정 센서장치를 개발하였다. 그림 3은 본 연구에서 개발한 유량 측정용 센서 장치의 사진이다. 유체가 흐르는 관속에 회전체를 삽입하여 회전속도를 구하면 관의 단면적과의 곱으로 1초당 흐르는 수량을 알 수 있으므로 검은 바탕의 회전체에 10×20mm의 흰색 테이프를 붙여 흰색과 검은색을 구별할 수 있는 적외선 발광 다이오드(EL-7L)와 적외선 포토 트랜지스터(ST-7L)를 사용하여 회전체의 회전수를 측정하는 구조로 개발하였다.

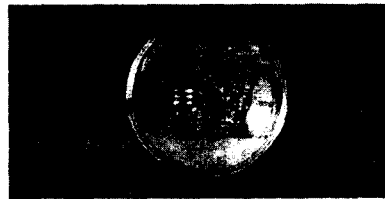
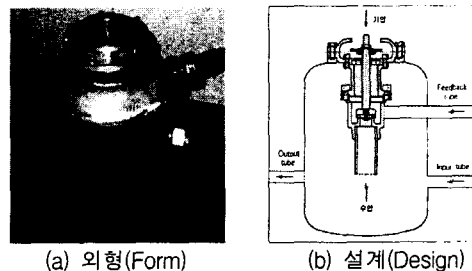


그림 3. 센서 장치  
Fig. 3 Sensor Device

## 3. 밸브 장치 개발

펌프의 흡입관과 토출관에 연결되어 유체를 피드백시키는 역할을 하며, 정압 비례제어 방식으로 구동되는 밸브 장치를 그림 4와 같이 설계 제작하였다.



(a) 외형(Form) (b) 설계(Design)

그림 4. 밸브장치  
Fig. 4 Valve Device

4. 제어 장치의 설계 및 개발

그림 5는 본 연구의 제어 알고리즘이며, 그림 6은 본 연구에서 설계하여 제작한 제어장치의 사진이다. 제어 장치는 원칩 마이크로프로세서인 MCS-51 계열 CPU를 중심으로 구성하였으며, 펌프의 제어신호는 8비트 마이크로프로세서인 8031에서 출력한다. 그러나 프로세서의 출력신호는 DC(직류) 5V로 동작 전원이 AC(교류) 220V인 펌프를 직접 제어할 수 없으므로 릴레이, 스위칭 트랜지스터, photo coupler를 이용한 전원의 분리를 통해 제어하여야 하므로, 본 연구에서는 약간의 소음이 발생하기는 하나 릴레이를 사용하여 펌프의 동작 및 정지 제어를 할 수 있도록 설계 제작하였다.

처음 제어장치를 설계했을 때 아날로그-디지털 변환기(ADC)에서 8비트의 디지털 값으로 변환한 후 그 신호에 따라 펌프를 제어하고자 하였다. 그러나 제어하고자 하는 센서의 신호는 압력 스위치와 유량 센서 장치로부터 나온 신호가 되었다. 따라서 마이크로프로세서의 외부 인터럽트 기능을 이용하여 회전수를 측정하도록 프로그램 한 결과 정확한 회전수의 판단은 물론 ADC를 추가해야 하는 하드웨어의 부담도 줄어들 수 있었다.

입력신호는 푸시버튼 스위치(pushbutton switch), 압력스위치, 유량센서장치의 신호가 있으며, 푸시버튼 스위치는 펌프의 정지 동작을 위한 지연 시간 설정용으로 그 시간을 10초에서부터 90초까지 10초 간격으로 설정할 수 있도록 하는 입력 장치로 쓰인다.

압력스위치의 신호는 펌프의 동작 시점을 결정하는 데 사용하며 펌프의 토출관에 연결된 어느 부분에서 물을 사용하고자 수도꼭지를 열었을 경우 펌프 내부의 압력은 순간적으로 낮아지므로 제어장치와 연결하여 이 때 제어장치에서 펌프의 동작신호를 내보내게 된다. 유량센서장치의 신호는 마이크로프로세서가 펌프 동작 개시 후 계속 계측하여 미리 정해 놓은 유량 이하가 되면 펌프를 정지시키는 신호로 사용하게 된다.

출력 장치는 7-세그먼트와 3색 LED를 이용하여 표시하며, 7-세그먼트는 정지하기 위한 지연시간을 표시하며, 3색 LED는 유량센서장치 내의 회

전체의 회전수를 16진수로 표시하였다.

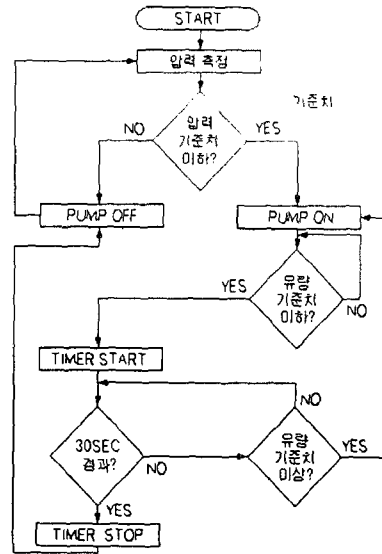


그림 5. 제어 알고리즘  
Fig. 5 Control Algorithm

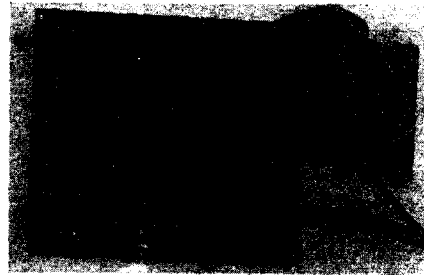


그림 6. 제어장치  
Fig. 6 Control Device

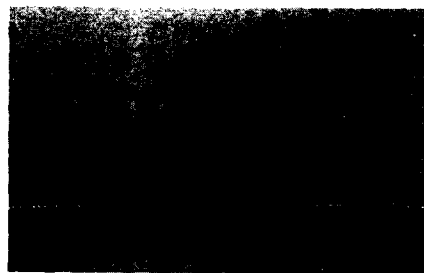


그림 7. 전면 패널  
Fig. 7 Front Panel

#### IV. 결과 및 고찰

본 연구에서 개발한 정압 급수 장치의 동작은 펌프에 설치된 압력스위치에서 측정된 압력 신호에 의하며, 정지는 밸브장치의 토출관에 연결된 유량 센서 장치에서 측정된 유량에 의해 결정된다. 이것은 기존의 자동급수펌프에서는 사용하지 않은 방식이며 본 연구의 초기에 펌프의 흡입관과 토출관에 압력스위치를 각각 설치하여 예비실험을 하였을 경우 어느 정도 비슷한 결과를 얻을 수 있지만 미세한 유량을 계속 사용할 경우는 압력스위치가 그 때의 변화치를 읽을 수 없어 정지하여야 할 상황에도 계속 펌프가 동작하는 사례가 있었으며, 밸브장치를 개발하여 설치한 후에는 펌프의 토출구에 연결된 밸브장치의 흡입관에서는 항상 일정한 압력이 발생하며 압력의 변화는 펌프 내부에서만 발생하였다. 따라서 펌프의 동작신호는 펌프 내부의 압력에 따라 출력하도록 하였으며, 일단 펌프가 동작한 후에는 밸브장치의 흡입관을 통해 들어온 유량은 피드백(feedback) 관과 토출관을 통해 모두 다 토출되므로 항상 같은 압력이 유지된다. 또한 정지신호는 토출관을 통해 나오는 유량에 의해 결정되므로 수도를 잠겼으나 약간의 유량이 흐를 경우에는 제어장치가 판단하여 펌프를 정지시킬 수 있으며, 다시 수도를 열어 물을 사용하게 되면 정지하기 위한 지연 시간인 30초 동안 펌프는 동작 중이므로 원래 상태로 환원되며, 30초가 경과한 후 펌프가 정지한 상태면 제어장치가 다시 펌프를 기동시킨다. 적은 유량을 자주 사용하는 장소에서 기존의 자동 급수장치를 사용한다면 펌프는 수없이 많은 동작과 정지를 반복하게 되어 펌프의 수명 단축과 에너지의 낭비가 심하게 된다. 이런 경우 본 연구의 정압 급수 장치를 설치하면 동작 개시 후 정지 신호가 측정되었을 때 정지하기까지 30초의 지연시간이 있으므로 펌프의 동작과 정지 횟수를 줄일 수 있으므로 펌프의 수명연장은 물론 에너지의 절감 효과도 가져오게 된다.

또한 기존의 자동급수펌프는 펌프가 동작 개시 후 물의 공급이 끊기거나 기타 다른 사유로 인해 공회전을 하는 경우가 발생할 수 있는 데 이 경우

압력은 변하지 않으므로 정지신호를 발생할 수 없다. 따라서 펌프가 파손되는 경우가 종종 발생하게 된다. 이러한 경우에 본 연구에서 개발한 정압 급수장치는 펌프가 물을 사용하지 않는 상태에서 공회전을 하더라도 밸브장치를 통해 피드백되므로 펌프에 걸리는 부하는 물을 쓸 때와 같은 조건을 갖게 되며, 토출관을 통해 나가는 유량이 적거나, 전혀 없다면 유량 센서장치에서 정지 신호를 제어장치로 보내게 되고 제어장치는 펌프를 정지시키게 되므로 기존의 자동급수 펌프의 단점을 보완한 장치로 사료된다.

그림 8은 본 연구에서 개발 제작한 정압 비례 제어 방식의 정압 급수장치이다.



그림 8. 정압 급수장치  
Fig. 8 constant pressure feed system

#### V. 결론

본 연구에서 개발한 정압 급수 장치는 기존의 자동 급수 장치의 단점인 급격한 대소 수량 및 특히 소량의 양수를 연속적으로 사용할 경우 압력의 급상승으로 인해 압력스위치가 열리게 되어 펌프가 정지되며, 수량 증감에 따라 압력이 빈번히 변하게 되면 일정한 압력을 지속적으로 얻을 수 없어 토출구를 통해 나오는 수량의 변화가 발생하며, 잦은 모터의 기동과 정지 동작의 반복으로 모터의 소음도 발생하게 되며, 펌프의 소손과 에너지 낭비가 심하게 발생하는 단점을 보완하고자 하였다.

현재 사용되는 자동 급수 장치는 고가이며, 모두 수입에 의존하고 있다. 그러나 지속적인 정압 운전이 불가능하고, 펌프의 소손과 에너지의 낭비

가 심한 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 정압 급수 장치는 펌프의 압력이 일정하게 유지되고, 잦은 기동과 정지동작이 줄어들게 되어 펌프의 수명연장과 전력의 낭비를 줄일 수 있으며, 대량 생산할 경우 현재보다 저가로 제작이 가능하므로, 시설 및 유지비용이 절감되어 수입 대체효과를 가져오고 도리어 수출할 수 있으므로 외화절감 및 획득과 기업의 경쟁력 향상에 기여하여 경제효과가 클 것으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] L.Howard pollard, "Computer design and architecture", Prentice Hall.
- [2] 정동명, 고수복, 김주명, "전동화 수동 휠체어 INMEL-VII의 주행 안정성 개선에 관한 연구", 의공학회지, Vol. 16, No. 4, 1995
- [3] 진달복, "8051 마이크로컨트롤러", 양서각, 1998
- [4] 정혜선, "원칩 마이컴 활용핸드북", 성안당, 1993
- [5] 조순복, 김광희, "8086/88 마이크로프로세서와 그 주변소자들", 집문당, 1991
- [6] 천희영, "로보트공학" 청문각, 1994
- [7] 한홍석, 정기철, "New-TECH51", 도서출판 세화, 1994
- [8] 차영배, "ONE-CHIP MICROCOMPUTER 8051", 다다미미디어, 1998
- [9] "월간 전자기술 2000/2", (주)첨단, pp.49-109.

### 이건기(Gun-Ki Lee)

1985년 ~ 현재 : 경상대학교 공학연구원 원장, 경상대학교 공과대학 전기전자공학부 교수  
 기타 약력 : 학회논문 Vol. 3, No.1 참조  
 주관심분야 : 디지털신호처리, 생체신호처리



### 김광열(Gwang-yull Kim)

1990년 경남대학교 공과대학 전자공학과 졸업.  
 1998년 경상대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사).

1989.12-1999.2 기아중공업(주)기아기술연구소 선임연구원.

2002년 경상대학교 대학원 전자공학과 박사수료

1999년 3월~현재 마산대학 기계자동차공학부 교수



### 김주명(Ju-Myung Kim)

1994년 2월 원광대학교 전자공학과 졸업(학사)

1996년 2월 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

2003년 3월 경상대학교 대학원 전자공학과 박사수료

1996년 3월~현재 광양보건대학 의료공학과 조교수

※ 주관심분야 : 생체신호처리, 의용전자