

부스터펌프 자동제어시스템 시험방법

이규한*, 김대환*, 이상길*, 손영대**
 *테크원 기업부설연구소, **동서대학교

Testing method for automatic control system of the booster pump

GYU-HAN LEE*, DAE-HWAN KIM*, SANG-GIL LEE*, YOUNG-DAE SON**
 *TECHONE Research Institute, **Dongseo University

2. 본 론

Abstract - 본 논문은 부스터펌프 자동제어시스템의 성능평가를 위한 시험방법에 관한 것이다. 본 논문에서 제안하는 시험방법은 펌프 자체의 성능평가에만 의존했던 기존의 방법과 달리 펌프와 펌프를 제어하기 위한 자동제어장치까지 포함한 전체 시스템에 대한 성능평가를 할 수 있도록 한다. 본 시험방법은 부스터펌프 자동제어시스템을 설치하고, 토출 측에 전자제어밸브를 설치하여 이를 제어함으로써 물의 사용량 즉, 유량에 변화를 주게 된다. 이때 토출압력을 일정하게 유지하도록 설정된 자동제어시스템은 펌프를 제어하여 물을 토출 측으로 공급하게 되며 이를 통해 토출압력의 변화를 측정하는 방법이다. 이러한 시험방법에 있어서 정상상태특성시험, 가속특성시험, 응답특성시험을 수행한다. 결과적으로 본 논문의 시험방법을 통해 전체 시스템에 대한 성능평가가 가능하며, 모든 시험과정을 자동화 할 수 있고 다양한 운전환경에 대한 유량변화를 짧은 시간 내에 적용하여 시험에 소요되는 시간을 단축할 수 있다.

1. 서 론

공동주택(아파트), 빌딩, 공장, 운동장, 놀이공원, 골프장 등의 급수설비로써 기존의 옥탑물탱크(고가수조) 방식 대신에 가압형급수펌프 즉, 부스터펌프 방식이 사용되고 있다. 부스터펌프시스템은 낮은 설비투자, 수질오염 개선, 유지보수의 용이함, 도시미관의 개선, 건축설계 상의 자유도를 높일 수 있는 등 다양한 장점으로 인해 대부분의 급수설비에 적용되고 있다.

최근에는 고층건축물의 증가와 생활수준 향상으로 급수품질에 대한 관심의 증가로 펌프자체의 성능개선은 물론 자동제어시스템에 대한 성능개선이 필요하다. 하지만, 기존의 부스터펌프 자동제어시스템에 대한 성능평가는 펌프 자체의 유량, 양정, 동력효율을 시험하고 전체 시스템에 대해서는 사람이 직접 토출 측의 밸브를 닫거나 여는 과정을 통해 제어되는 특성을 관찰하고, 각 기능에 대한 동작여부를 시험하는 실정이다.

따라서, 이러한 시험방법은 수동으로 밸브를 조작하여 제어되는 특성을 관찰하기 때문에 불필요한 노동력의 소모, 정량적인 시험평가 불가, 시험시간이 많이 소요되는 문제가 발생한다.

본 논문에서 제시하는 부스터펌프 자동제어시스템 시험평가방법은 상기 문제를 해결하는 물론 다양한 운전환경에 대한 유량변화를 직접 적용하고 자동으로 시험평가함으로써 실제 운전환경에 따른 시스템의 운전특성도 평가할 수 있다. 또한 공조 및 수처리 등의 다른 자동제어 분야로의 확대 적용도 가능할 것으로 기대된다.

2.1 하드웨어 구성

하드웨어는 크게 시험설비와 컴퓨터와 시험설비 간의 인터페이스 장치로 구성된다. 시험설비는 물탱크, 흡입배관, 토출배관, 입형다단펌프, 자동제어반, 흡입압력센서, 토출압력센서, 토출유량센서, 토출 측 전자제어밸브로 구성된다. 인터페이스 장치는 전자제어밸브를 제어하기 위한 아날로그 출력 인터페이스, 흡입/토출압력과 토출유량을 감지하기 위한 아날로그 입력 인터페이스, 컴퓨터와의 통신을 위한 RS485 통신 인터페이스로 구성된다.

2.1.1 시험설비 구성

그림 1과 같이 물탱크는 6m(가로)×3m(세로)×2m(높이)의 크기를 갖는 컨테이너 박스 형태이고 물이 약 1.5m이상 채워져 있도록 하여 약 0.1~0.15kgf/cm²의 압력으로 흡입배관에 유입되도록 한다. 또한 펌프를 통해 공급되는 물은 토출배관을 따라 물탱크로 유입되도록 한다.

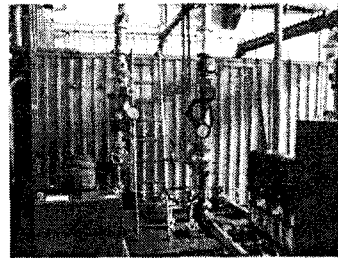


그림 1. 물탱크 및 배관연결 사진

그림 2와 같이 부스터펌프 자동제어시스템은 7.5KW 입형다단펌프를 병렬로 배치하고, 자동제어반으로 토출압력센서의 출력을 입력시키고, 자동제어반에서 각 펌프로 공급되는 전원선을 연결한다.

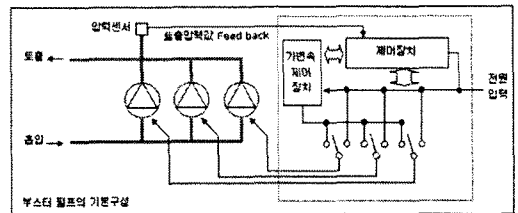


그림 2. 부스터펌프 자동제어시스템 구성도

흡입배관에는 흡입압력센서를 부착하고, 토출배관에는 토출압력센서와 토출유량센서, 전자제어밸브를 설치하여 구성하고, 토출압력과 흡입압력의 정확한 측정을 위해 아날로그 압력계지수를 통해 조정하여 그림 3과 같이 시험설비 하드웨어를 구성한다.

본 시험을 위해 사용된 압력센서와 전자제어밸브, 토출유량센서의 사양은 표 1, 2, 3과 같다.

표 1. 흡입/토출 압력센서


항목	사양	사진
제조사	HUBA Control	
모델명	D500.X31130	
전원	~30V	
측정범위	0Bar ~ 16Bar	
출력신호	4~20mA	
오차	±0.1mA	
형태	D(90도 꺾인 형태)	

표 2. 토출유량센서



항목	사양	사진
제조사	Fischer & Porter	
모델명	50XE43AAA	
전원	AC115V/AC230V	
측정범위	0 ~ 4m ³ /min	
측정오차	±0.001m ³ /min	
출력범위	4~20mA	
구경	80mm	

표 3. 전자제어밸브

항목	사양	사진
제조사	Danfoss Socla	
모델명	SHR-10	
전원	AC220V/AC380V	
토크	100N.M	
개폐시간	30/60	
신호입력	4~20mA	
모터	23W	

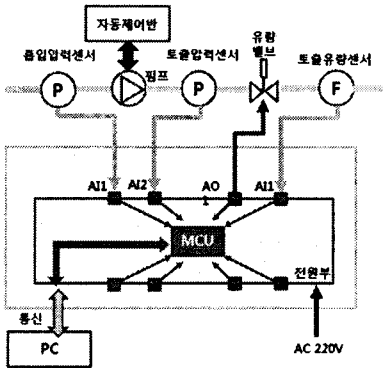


그림 3. 시험설비 하드웨어 구성

2.1.2 인터페이스 장치 구성

그림3에서 MCU(Micro Control Unit)와 아날로그 입/출력 단자를 갖도록 인터페이스 장치를 구성하였다. 이 인터페이스 장치는 흡입/토출압력센서로부터 출력되는 아날로그 신호와 토출유량센서로부터 출력되는 아날로그

신호를 입력받기 위한 인터페이스, 유량을 조절하기 위한 전자제어밸브에 아날로그 신호를 출력하기 위한 인터페이스, 컴퓨터와 직렬통신을 하기 위한 통신 인터페이스 등을 포함하는 것으로 표 4에 정의하였다.

표 4. 인터페이스 장치 사양

항목	사양
전원	AC 110V/AC220V
아날로그 입력	4CH(4~20mA)
아날로그 출력	2CH(0~10V, 4~20mA)
통신	RS485
통신속도	38,400bps
데이터 구성	1 Stop, 8 Data, Even Parity

표 4의 사양을 갖는 인터페이스 장치를 그림 4와 같이 구현하였다. 각 단자에서 시험설비의 압력센서와 유량센서, 전자제어밸브로 연결되는 선은 차폐(Shielded) 2선식 선을 사용하였다.

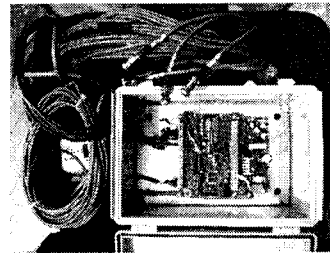


그림 4. 인터페이스 장치

2.2 사용자 소프트웨어 구성

사용자 소프트웨어는 측정화면(메인), 설정화면, 결과 보고화면으로 구성되어 있다.

2.2.1 측정화면

그림 5의 측정화면은 시험의 시작과 종료를 제어할 수 있고, 유량변화를 주기 위한 전자제어밸브의 개폐율과 해당 개폐율을 유지하는 시간이 저장된 파일을 불러오거나, 측정화면에서 직접 개폐율과 유지시간을 입력하여 저장 가능하다. 전자의 경우는 자동으로 테스트 되며, 후자의 경우는 '수동제어'라는 버튼을 이용하여 시험할 수 있다. 즉, 자동은 다양한 유량변화에 따른 펌프의 성능을 시험하는데 유용하며, 수동은 펌프자체의 성능을 시험하는데 유용하다.

또한 측정되는 데이터에 대한 그래프를 실시간으로 보여 줌으로써 가시성을 향상시켰다. 또한 측정을 통해 얻은 데이터를 *.csv 파일로 저장할 수 있도록 하였다.

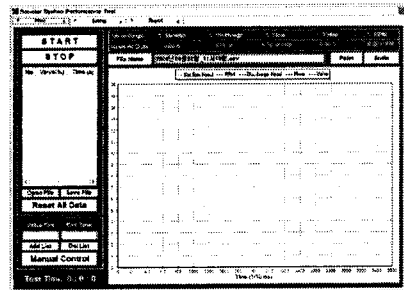


그림 5. 사용자 소프트웨어의 측정화면

2.2.2 설정화면

그림 6의 설정화면은 각 입력 및 출력 인터페이스에 대한 항목과 아날로그 입력범위, 아날로그 신호에 대한 물리적인 표시범위, 단위를 입력하기 위한 화면이다. 또한, 컴퓨터의 통신포트를 설정하기 위한 항목이 있어 연결 시 변경될 수 있는 포트 설정을 확인할 수 있다.

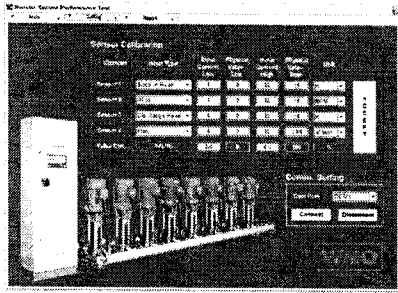


그림 6. 사용자 소프트웨어의 설정화면

2.2.2 보고화면

그림 7의 보고화면은 이미 시험이 완료된 자료를 불러와 확인할 수 있도록 하는 화면이다. 그래프 화면의 내용은 선택하여 표시할 수 있으며, 그래프의 크기는 마우스를 드래그 하여 조절할 수 있다.

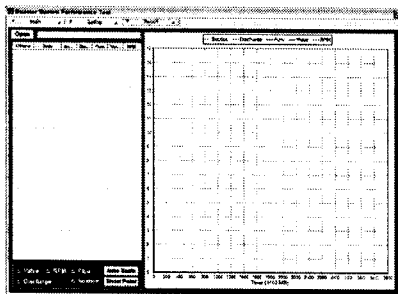


그림 7. 사용자 소프트웨어의 보고화면

2.3 시험결과

시험은 정상상태특성, 가속특성, 응답특성에 대한 평가를 위한 실시하였다.

2.3.1 정상상태특성시험

토출 측의 전자제어밸브를 1%씩 5초마다 토출밸브를 100%까지 열었다가 다시 1%씩 5초마다 닫는 방식으로 시험하여 펌프의 추가 기동/정지 시의 토출압력의 현상이나 목표치 도달시간, 안정화 시간 및 정상상태오차를 측정한다.

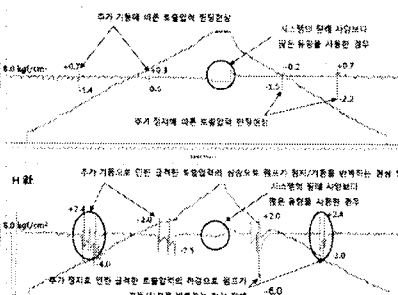


그림 8. 정상상태특성시험 결과

2.3.2 가속특성시험

펌프 1대의 추가 기동/정지가 발생하는 시점을 기준으로 밸브개폐율을 $\pm 3\sim 4\%$ 의 완만한 변화(사인 형태)를 주었을 경우의 토출압력의 변화를 측정한다.

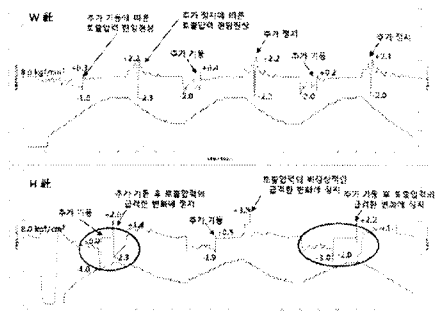


그림 9. 가속특성시험

2.3.3 응답특성시험

펌프 1대의 추가 기동/정지가 발생하는 시점을 기준으로 밸브개폐율을 $\pm 3\sim 4\%$ 의 급격한 변화(펄스 형태)를 주었을 경우의 토출압력의 변화를 측정한다.

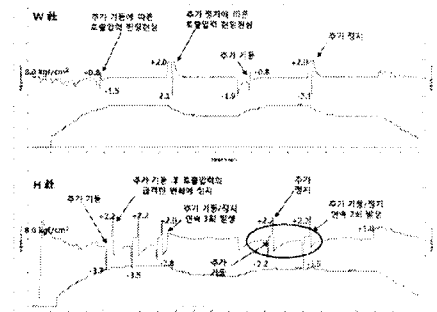


그림 10. 응답특성시험

3. 결 론

본 논문에서 제안하는 부스터펌프 자동제어시스템의 시험방법은 기존의 펌프 자체에 대한 성능평가 만에 의존했던 방식과 달리 시스템 전체에 대한 성능평가를 수행할 수 있기 때문에 보다 정량적이고 효율적인 시험방법이라 할 수 있다.

무엇보다 본 시험방법을 통해 기존제품에 대한 신속하고 정확한 평가를 수행하여 제품의 품질개선에 이바지함은 물론 새로 개발되는 제품에 대한 표준화도 가능할 것으로 보인다. 즉, 향후 부스터펌프의 성능평가를 통한 제품의 신뢰성 확보는 물론 급수품질의 개선과 에너지 절약에 큰 기여를 할 것으로 보인다.

또한, 서론에서 밝힌바와 같이 공조, 수처리, 모터제어 등 자동제어분야의 시스템 시험평가를 위한 장비로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박헌영 외, 펌프핸드북, 동명사, pp.243~255, 2002.
- [2] 심우철, "PID를 이용한 기압식 부스터펌프 제어시스템 설계", 인천대학교 석사논문, 1-2, 2003.
- [3] 홍규장 외 3명, "공동주택에서 급수설비의 개선된 운전제어 방식 설계 및 구현", 조명전기설비학회지, 11권, pp.72~80, 1997.