

급수 가압 멀티 펌프 시스템의 컨트롤러 개발

이상균 · ·, 이재춘 ·, 이병훈 ·, 황민규 ·
LG 전자 생활 시스템 연구소 제어팀 ·

Controller Development of Booster Multi-Pump System

Lee Sang Kyun · ·, Lee Jae Choon ·, Lee Byeong Hoon ·, Hwang Min Kyu ·
LG Electronic Living System Lab. Home Appliance Control Team ·

Abstract

This paper introduces the controller development of booster multi-pump system with constantly estimated control algorithm. Through analyzing by the experiment of optimal pressure with a certain flow rate. The target pressure processing apparatus in microprocessor makes optimal water-supplying. This method is implemented with the only pure control algorithm without any other mechanical or circuitry apparatus. Also, Pump's life is lengthened by exchanging simple on, off and rotational inverter control. Optimal condition for pump is adjusted by the inverter control, and compact control panel helps the booster system install in real field.

1. 서론

현대 사회의 급수용 Pump System 의 소비자 Needs 변화와 주택기능 고도화에 따른 대규모 아파트 단지의 건설을 국가 정책으로 추진하고 있는 지금, 아직 초고층 아파트 급수 설비 시스템의 최적 설계기법이 확립되지 않은 상태에 있다. 이러한 때 본 논문에서는 아파트 등과 같은 건물의 급수 설비 시스템에 대해 사용자가 최적의 환경에서 깨끗한 물의 사용이 가능하게끔 주택 급수 기술 개발에 기여하고 해외 개방에 대비한 국제 경쟁력을 고취시킬 목적으로 개발된 예측 제어 알고리즘을 적용한 급수 가압 멀티펌프 시스템 컨트롤러를 소개한다.

2. 급수 가압 컨트롤러 개발

2.1 개발 목적

예측 제어 알고리즘을 통한 구동 펌프의 On, Off 제어 및 Inverter 제어가 가능한 급수 가압 펌프 컨트롤러 개발의 국산화

2.2 Controller 설계 Point

예측 최종압력 일정 제어방법 Algorithm

On,Off 제어 및 Inverter 제어간의 교대 운전 방식

Controller Panel 의 Compact화

2.3 Controller 및 System 구성도

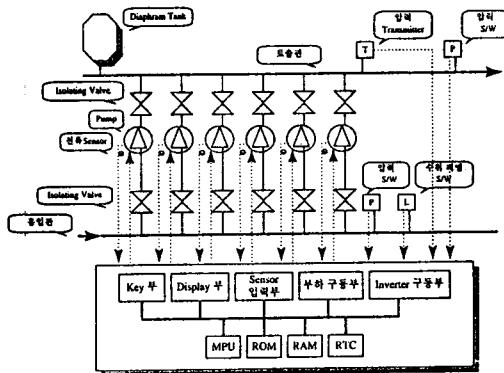


그림1 System 및 Control 구성도

3. 예측 최종압력 일정 제어 Algorithm

단일 펌프를 제어하는 시스템에 있어 급수 가압 방식은 필요 급수량에 맞게 펌프를 구동함으로 에너지 소비량을 줄이며, 효율적인 운전이 가능하게 하는 방식으로 펌프의 양수량은 모든 펌프가 순간 최대급수량을 만족 시킬 수 있도록 되어진다.

펌프의 회전속도를 제어함으로써 토출 압력을 일정하게 유지시키는 제어방법은 압력 변동이 적고 에너지 절약의 효과가 있으며, Inverter에 의해 펌프의 회전속도를 제어하는 일정 토출압력 제어방식(유량값의 변화와는 무관하게 원하는 토출압력값을 상수값으로 세팅함)의 기본 개념을 그림 2에 도시하였다.

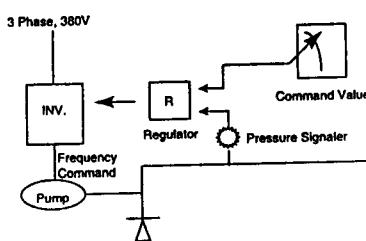


그림2 일정토출 압력 제어방식

그러나 일정 토출압력 제어방법은 급수시에 발생하는 순간 최대급수시의 압력값에 의하여 제어가 수행됨으로 급수량이 적은 경우에는 압력이 지나치게 높아지게 되는데, 이는 급수가 매우 적을때는 배관 저항순실이 매우 적어지기 때문이다. 이러한 지나치게 높은 압력은 에너지의 손실을 초래한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 예측 최종 압력 일정 제어방법(Constantly Estimated Terminal Pressure Control System)이 사용된다.

예측 최종압력 일정 제어 시스템에서는 급수량에 따라 토출량이 제어된다. 즉 토출압력은 압력센서에 의해 검출되고, 이 값과 현재의 유량에 해당하는 압력값과의 차이가 제어기에 입력된다. 그 이후에는 제어기에 입력되어진 값이 양(Positive)이면, 즉 실제 압력값이 초기 설정치보다 작으면 인버터로 하여금 주파수를 증가시키도록 지시함으로써 펌프의 회전속도를 높여주고 반대로 음의 값이면 인버터는 주파수를 감소시키도록 하여 펌프의 회전속도를 줄여준다.

일반적으로 사용되는 예측 최종압력 일정 제어방법에는 그림 3 과 같이 유량계를 삽입하는 방법이 있으나, 본 논문에서는 그림 4 와 같이 유량계를 삽입치 않고 MicroProcessor 를 사용하였다.

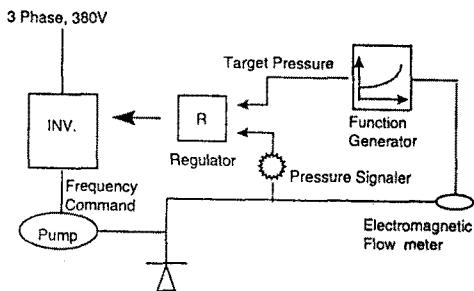


그림 3 유량계를 지닌 일정 토출 압력 제어방식

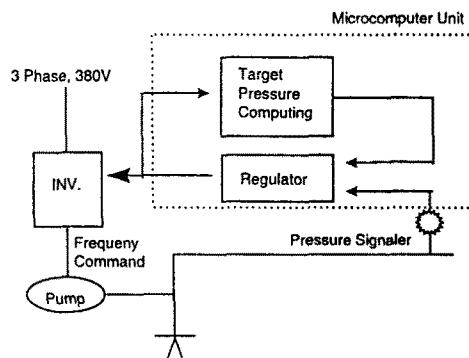


그림 4. 본 논문에서 사용한 예측 최종압력 일정제어방식

제어기의 출력값인 압력을 목표압력치 연산장치로 FeedBack 하여 이값에 대응하는 유량을 선행해 계산함으로 유량에 맞는 최적의 압력값(각 시스템마다 최적의 값을 실험을 통해 추출)을 제어기에 다시 보냄으로써 그때 압력 센서에 의해 측정된 값과의 오차값을 가지고

제어를 진행해간다. 즉, 목표 압력치 연산장치는 제어기에서 출력되어진 압력값으로 그때의 유량치를 계산하여 이 유량에 맞는 최적의 목표 압력값을 다시 제어기에 FeedBack 시킴으로 제어 알고리즘은 진행되어진다.

이러한 방법은 기구적이나 회로적인 요소가 없이 순수한 제어 알고리즘을 통해 제어를 진행해간다.

그림 5 는 일정 토출압력 제어방법과 최종압력 일정 제어방식의 유량비에 대한 축동력비를 보여준다.

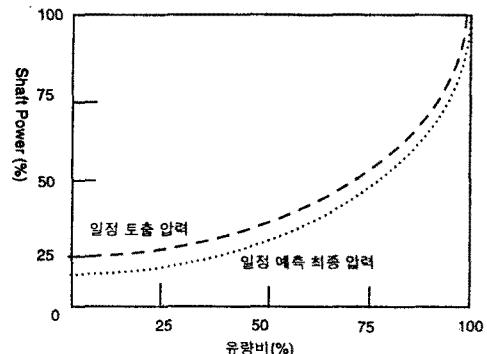


그림 5 유량비에 대한 축동력비의 관계

4. On, Off 제어와 Inverter 제어의 조합

작동중에 있는 Inverter 펌프(변속 펌프)가 최고속도에 도달하면 다른 펌프를 정속운전(펌프 On)하고, Inverter 펌프를 다시 변속운전시켜 기동압력에 맞게 제어한다. 정속운전펌프(On, Off 제어 펌프)의 용량으로 부족한 부분은 변속운전펌프(Inverter 제어 펌프)를 제어함으로 필요한 급수량을 충족시키며, 필요 급수량이 적어지면 다시 정속운전 펌프를 정지시킨다. 정속운전펌프가 작동 및 정지를 할경우 순간적인 압력변화가 커짐으로 정속운전 펌프의 On, Off 시는 먼저 변속운전 펌프를 최적으로 조절한후 제어한다.

그림 6 는 정속운전펌프와 변속운전 펌프의 조합시의 성능변화를 나타낸 표이며, 그림 7 는 예측 최종압력 일정 제어 알고리즘과 정속, 변속운전 펌프의 조합시에 따른 제어 Flow Chart 이다.

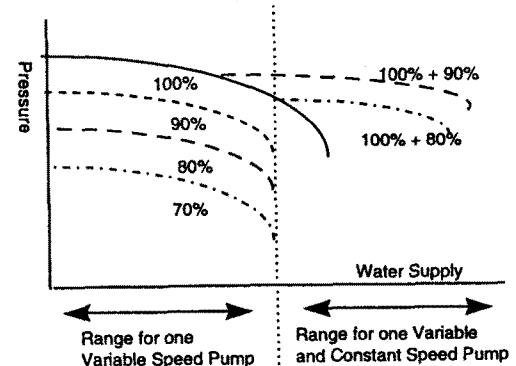


그림 6 정속, 변속운전 펌프간의 조합시 성능 변화

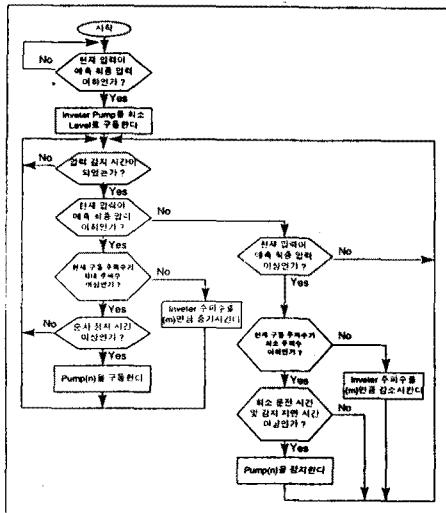


그림 7 Inverter와 정속운전 펌프에 대한 제어 Flow Chart

5. 교대운전

예측 최종압력을 맞춰나가게끔 제어하기 위해 사용되는 Inverter 펌프는 황시 쉬지 못하고 계속 구동이 됨으로 다른 정속운전 펌프에 대해 너무 많은 구동시간으로 인해 고장 위험이나 마모등이 생길 확율이 높은데 이렇게 Inverter로 구동되어지는 펌프를 다른 펌프와 일정한 시간마다 교대로 운전하도록하여 펌프를 보호할수가 있다. 또한 Inverter로 구동되어지는 펌프가 정속운전제어로 구동되어질때 제일 나중에 구동되어짐으로 펌프의 부담을 덜어주도록 한다.

위 설명을 가능케하는 Controller Panel의 Main Power 선과 제어선의 흐름도는 그림 8, 9과 같다. (펌프 5, 6 번이 서로 교대운전)

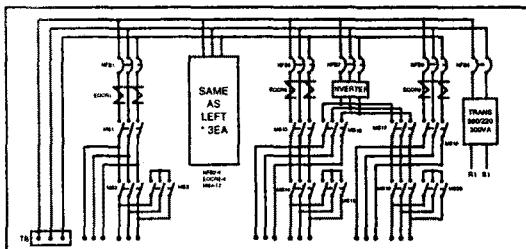


그림 8 Main Power Circuit

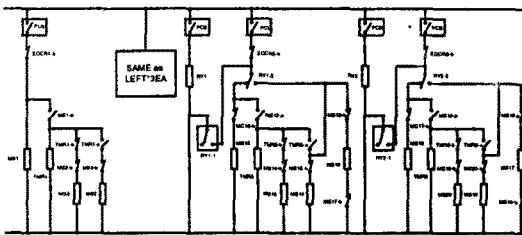


그림 9 Control Sequence Circuit

6. Control Panel의 Compact화

일반적으로 고마력 모터의 기동시 초기 상태에서는 정격전류의 6 배까지의 전류가 흐르게 됨으로 일반적으

로 고마력 모터의 기동시 Y-△ 기동 방법을 사용하게 된다. 또한 시스템에 사용되는 펌프가 다단일 경우 부품의 수는 급격히 늘어나게 되며, 또한 고마력이기 때문에 여러 보호장치의 체가는 필연적이다.(그림 9 참조) 많은 양의 부품을 Control Panel에 배치하는 방법이 매우 중요한 문제가 되어지는데, 이는 실질적으로 너무 Size가 커진 Panel은 Field에 적용함이 용이치 않기 때문이다. 이러한 이유로 크기가 커질수 밖에 없는 Control Panel을 Compact화 시키는 문제를 해결하는 방법이 필요로 하게된다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하는 방안으로 한층으로 구성되어있던 배치구조에서 Panel을 2층으로 구성하고 부품구성을 최적화함으로서 Compact하게 하였다. Compact화된 Panel의 Size는 다음과 같다. (단층과 2층과의 높이가 같은 이유는 Inverter가 가지고 있는 고유 높이에 맞추어 설계 하였기 때문임)

단층 구조 : 1400 X 1600 X 400(가로*세로*높이)

2 층 구조 : 1000 X 1400 X 400(가로*세로*높이)

7. 결론 및 향후 전망

기존의 펌프 시스템에 있어서 중요 기술은 시스템 배관이나 인펠라 설계와 같은 기계적인 부분이 대다수를 차지하고 있었다. 그러나 현시대로 접어듬에 따라 펌프 시스템은 Micom 제어, 사용자의 편의를 위한 최적의 제어 Algorithm 등 최첨단 기술의 복합체가 되었다.

이러한 상황에서 개발되어진 급수기압 시스템의 Controller는 차세대에 선진업체와 기술 경쟁을 할수 있는 중요 발판을 만들었으며, 개발과정에서 얻어진 Know-How 및 제어 알고리즘을 통해 초고층 건물의 급수시스템 개발뿐만 아니라 Intelligent Building 등에 적합한 Controller 개발이 가능케 되었다.

그리고, 앞으로의 Controller는 BAS(Building Automation System)와의 Interface 기능이 필요하게 될것으로 전망되어 통신등 관련기술의 융용이 필요할것으로 전망된다.

8. 참고 문헌

- 1) 가압급수시스템 기술개발 연구, 백 춘기, 냉동공조 기술, 1993, 8.
- 2) Performance of an Axial-Flow Fan and Compressor Blades Designed for High Loading, by S.M. Bogdonoff and L.J. N.A.C.A.T.N. No. 1201, 1947
- 3) Experimental and Theoretical Distribution of Flow Produced by Inlet Guide Vanes of an Axial-Flow Compressor, by H.B. Finger, H.J. Schum and H. A. buckner, Jr., N.A.C.A.T.N. No 2391 1951
- 4) Modeling the Steady State Pressure Flow Response of Steam and Water System, Stoner, M.A., Proc. The Int. District Heating Association, Vol.LXV, pp. 53-67, 1974
- 5) Analysis and Control of Unsteady Flow in Pipeline, Watters, G.Z., Ann Arbor Science, 1984
- 6) Adaptive Control, Isermann , Prentice Hall