

가압탱크를 이용한 급수시스템의 해석 및 최적화 연구 An Analysis of the Water Supply System with Pressurizing Tank

이 태 원*, 김 태 형*, 최 도 혁*, 김 세 동*, 김 종 필**
T. W. Lee, T. H. Kim, D.H.Choi, S. D. Kim, J. P. Kim

Key words : Water Supply System(급수시스템), Pressurizing Tank(가압탱크), Energy Consumption Rate(에너지소비율), Variable Pump Speed(가변속 펌프)

Abstract

It is the goal of this study to provide the essential data for design and operation of optimum water supply system. Experimental and theoretical analyses have been conducted for various parameters, for example, volume and air percent of pressurizing tank, pump speed and pressure range inside tank, etc.

Pressure inside tank with time, flow rate, energy consumption rate and pump operation time have been obtained for design and operating parameters to optimize the components and to establish the operating method of system, and therefore to contribute to the development of technology from a point of view of the improvement of quality, the enhancement of system efficiency and the reduction of construction cost.

기 호 설 명

dQ : 유량증가율 [lpm]
 n : Polytropic지수
 N : 펌프 회전수 [rpm]
 P : 압력 [kg/cm²]
 Q : 유량 [lpm]
 t : 시간 [sec]
 Δt : 시간증분
 V : 체적 [l]
 W : 에너지소비율 [Whr/hr]

1 : 상태 1
 2 : 상태 2
 air : 공기
 max : 최대값
 min : 최소값

1. 서 론

급수설비 시스템이란 건물내에서 사용자가 필요한 만큼의 생활용수를 필요한 장소에 필요한 수량 및 압력으로 불편없이 공급해 주기 위한 장치를 말한다. 따라서 급수시스템의 설계 및 장치시에는 이러한 효과가 충분히 만족되어야 함은 물론, 장치의 크기가 필요 이상으로 커져서 초기 투자비가 상승하는 것을 방지하고, 또한 이들의 구동에 필요한 에너지의 투입이 최소화되도록 하여야 한다.¹⁻⁴⁾

하 첨 자

* 정희원, 한국건설기술연구원
 ** 정희원, 대우건설기술연구소

이를 위하여 펌프, 가압탱크 및 급수배관망이 최적화 되어야 하고, 높은 효율의 장치를 효과적으로 운전하는 방법에 대한 연구는 필수적이라 하겠다.

그러나 대부분의 국내 아파트에 적용하고 있는 고가수조 방식은 건물의 옥상에 콘크리트 물탱크실을 설치하여 하향중력식으로 급수하므로 옥상 물탱크의 지지를 위한 건물의 구조때문에 공사비용이 많이 들 뿐만 아니라, 최상층의 경우 수압부족으로 민원발생을 초래하기 쉽고 위생면에서도 불리하다는 단점이 있다.

최근 들어 이의 해소방안으로 가압급수 방식이 채택되고 있으나, 급수시스템의 대부분을 수입에 의존하고 있다. 그러나 수입품의 대부분이 납기가 불확실하여 공기를 맞추기가 어렵고, 사후관리가 보장되지 않는다는 등의 문제점을 내포하고 있어 한국형 최적 급수시스템의 개발은 필연적으로 해결해야 할 문제점으로 등장하고 있다.

따라서 본 연구에서는 지하저수조에서 펌프를 이용해 각 세대에 직접 급수하는 급수시스템의 실용화를 위한 모델링 및 최적화 방안을 도출함으로써 최적 급수시스템의 개발을 위한 기반을 확립하기 위하여 급수시스템의 설계시에 효과적인 급수방식의 선택과 그에 따른 각 요소들의 최적화 및 효율적인 운전방법의 설정을 위한 수치해석을 수행하고, 그 결과를 실험치와 비교, 검증하고 분석한 후, 각종 파라미터의 변화에 따른 운전패턴 및 에너지소비율 등을 고찰함으로써 최적 급수시스템의 설계 및 운전에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

2. 수치해석

급수시스템의 해석시에는 시스템을 구성하고 있는 각각의 요소에 대한 계산을 순차적으로 수행한다. 그 과정을 다음에 간략히 기술한다.

2.1 펌프

2.1.1 해석모델

급수펌프의 해석시에 설정된 가정은 다음과 같다.

5-6)

- 1) 펌프의 특성은 잘 알려져 있어 해석시에 도

표나 관계식을 이용할 수 있다.

- 2) 관로 및 밸브에서의 손실은 무시한다.

- 3) 펌프 출구에서의 유체 압력은 가압탱크 입구 및 내부에서의 공기 압력과 같다.

펌프는 급수시스템의 가장 중요한 요소로서, 무차원화된 데이터로부터 계산에 의하여 계산하거나, 성능곡선 또는 실측값으로부터 압력, 유량 및 회전수의 관계식을 얻는다. 본 연구에서는 실측한 압력, 유량 및 회전수의 데이터에 의하여 필요한 값을 얻는 방법을 택하였다.

2.1.2 해석방법

각 시간단계에서 펌프 출구에서의 압력을 가압탱크 내의 공기압력에 의하여 알고 각 시간단계에서의 유량을 계산하는 경우에 관계식이 있는 경우에는 간단히 계산이 되나, 그렇지 못한 경우에는 도표에 의하여 다음과 같은 방법으로 계산을 수행한다.

- 1) 그 시간단계에서의 회전수를 결정한다.
- 2) 위의 회전수가 속해 있는 구간을 결정한다.
- 3) 첫번째 구간으로부터 차례로 Interpolation에 의하여 유량 Q 를 계산한다(Fig.1 참조).
- 4) 계산된 유량이 그 구간에 포함되는지를 검사하여 포함되어 있으면 그 때의 Q 의 값이 유량이 되고 그렇지 않으면 유량의 구간을 증가시키면서 3)~4)의 과정을 반복한다.

실제 계산에 사용된 펌프의 성능 곡선의 한 예를 Fig.2에 도표로 나타내었다.

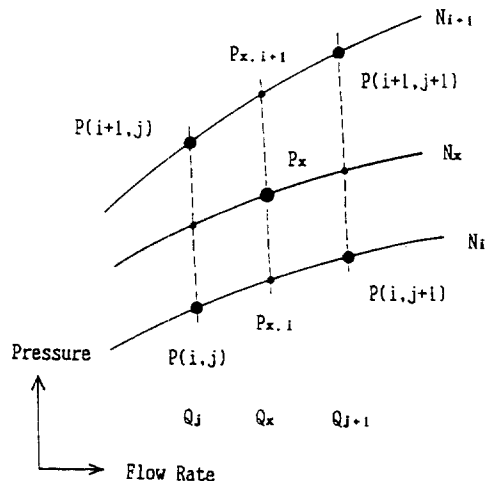


Fig.1 Interpolation for flow rate

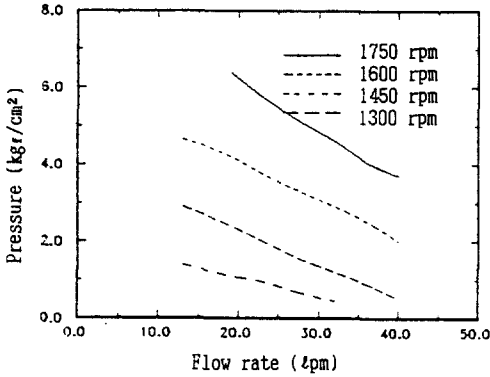


Fig.2 Pump characteristic curve

2.2 가압탱크

2.2.1 해석모델

가압탱크의 해석시에 설정한 가정은 다음과 같다.

7-9)

- 1) 가압탱크 입구 및 내부에서의 공기 압력은 펌프 출구에서의 유체 압력과 같다.
- 2) 가압탱크 출구의 압력은 감압밸브에 의하여 일정한 압력으로 유지된다.
- 3) 가압탱크 출구에서의 수용가 유량 수요 패턴은 알려져 있다.
- 4) 가압탱크 내의 공기는 이상기체와 같이 거동한다.
- 5) 공기의 압축 및 팽창과정은 Polytropic 과정이다.
- 6) 가압탱크 내의 공기는 액체에 용해되지 않는다.

2.2.2 해석방법

앞절에서 계산된 펌프로부터의 유량 및 가압탱크로부터 사용처로 공급되는 유량을 알고, 각 시간단계에서 가압탱크의 상태는 다음과 같이 구할 수 있다.

Fig.3은 시간단계 동안에 상태 1로부터 상태 2까지 상태변화를 겪는 과정을 도시한 것이다. 상태 2에서의 탱크 내 공기가 차지하는 체적은 다음과 같다.

$$(V_{air})_2 = (V_{air})_1 - dQ \cdot \Delta t \tag{1}$$

여기서 하첨자 1은 상태 1을, 2는 상태 2를 각각 나타내며, Δt 는 시간단계, dQ 는 시간단계 동안의

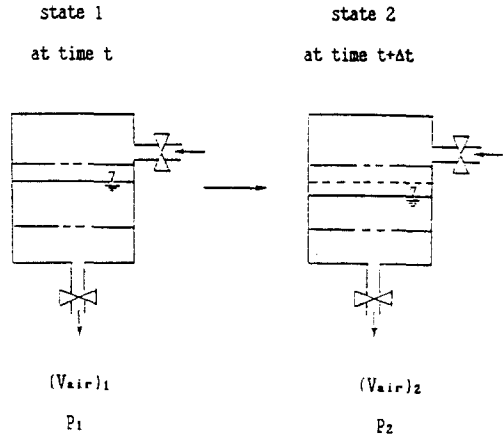


Fig.3 State change of tank

유량을 의미한다.

또한 관계식

$$P_1 \cdot V_1^n = P_2 \cdot V_2^n \tag{2}$$

으로부터 상태 2에서의 탱크 내 공기의 압력은 다음과 같다.

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^n = P_1 \left(\frac{V_1}{V_1 - dQ \cdot \Delta t} \right)^n \tag{3}$$

여기서 P 와 V 는 각각 탱크 내의 압력 및 체적이다.

위의 계산 결과로부터 시간단계 말기에서의 압력이 설정 최고 압력보다 높을 경우에는 펌프의 운전이 정지되고, 시간단계 말기에서의 압력이 설정 최저 압력보다 낮은 경우에는 펌프의 운전을 개시한다. 즉,

$P_2 > P_{max}$ 이면 : 펌프 정지

$P_2 < P_{min}$ 또는 $P_2 = P_{min}$ 이면 : 펌프 운전 시작

여기서 P_{max} 은 탱크내 설정 최고 압력, P_{min} 은 탱크내 설정 최저 압력이다.

2.3 계산순서

이상과 같은 해석모델 및 해석방법을 사용하여 다

음과 같은 순서에 의하여 계산을 수행한다.¹⁰⁻¹¹⁾

- 1) 초기값 및 입력 데이터를 읽어들이는다. 즉, 시간단계, 최대 계산시간, 최대 최소 허용압력, 펌프 데이터, 탱크 데이터 및 각종의 상수 등을 설정한다.
- 2) 펌프가 운전중이면 펌프의 회전속도를 결정하고, 이에 따라서 펌프로부터의 유량을 계산한다.
- 3) 펌프가 운전 중인 경우에 그 시간단계 동안의

에너지소비량을 계산한다.

- 4) 시간에 따른 급수패턴에 의하여 수요자로부터의 필요 급수량을 결정한다.
- 5) 유출 및 유입 유량에 의하여 가압탱크의 상태 즉, 유체와 공기의 체적 및 압력 등을 계산한다.
- 6) 필요한 결과를 출력한다.
- 7) 시간단계를 증가시켜 설정 최대 시간까지 2)~6)의 계산 과정을 반복한다.

이때의 과정을 Fig.4에 도시하였다.

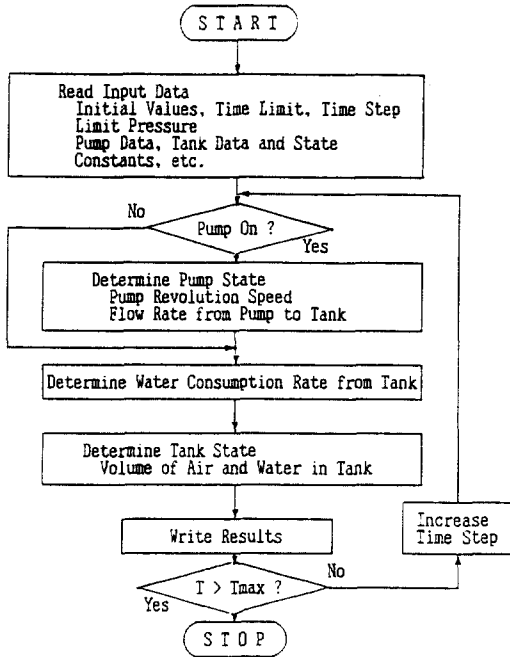


Fig.4 Flow chart

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

급수방식별 실험의 수행을 위한 대상모델이 Fig.5에 나타나 있다.

Fig.5의 a)는 수용가의 사용 급수량을 펌프의 정속운전에 의해 직접 급수하는 펌프 직송방식으로 출구측에 항압밸브를 설치하였고, Fig.5의 b)는 사용 급수량에 따라 펌프를 가변속 운전하기 위한 압력의 검출을 위하여 관로상에 소형의 가압탱크를 설치한 모델이다. Fig.5의 c)는 대용량의 가압탱크를 설치하여 펌프를 정속운전하고 급수량의 일부를 가압탱크 내에 저장하는 방식으로 수용가에서 물을 사용함에 따라 가압탱크 내의 수위와 압력은 낮아지나 가압탱크 내의 압력이 설정치(펌프 운전 개시 압력)에 도달할 때까지 펌프는 정지해 있다. 물의 사용이 계속되어 탱크 내의 압력이 펌프

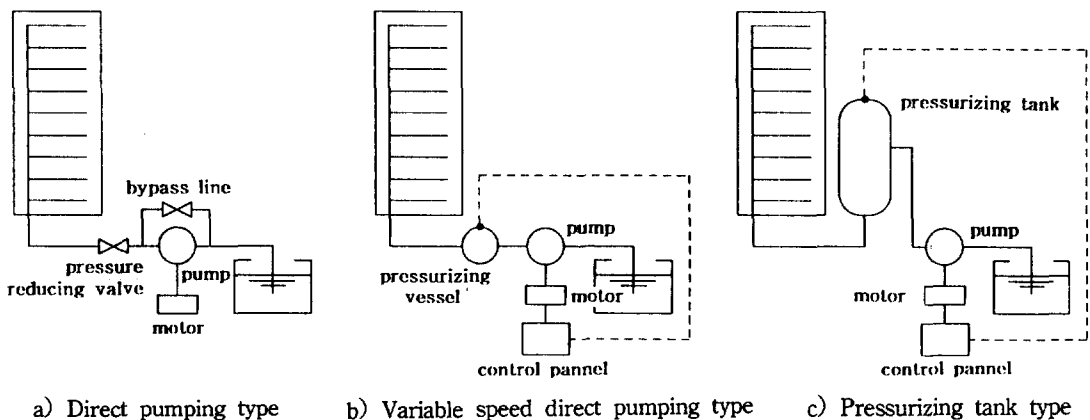


Fig.5 Models for experiment

운전 개시 압력에 도달하면 펌프는 자동운전되며 수용가의 물 사용이 중단되더라도 설정치(펌프 운전 정지 압력)에 도달할 때까지 펌프는 운전을 계속하게 된다.

위의 세가지 실험수행모델 중 가압탱크 방식에 대하여는 인버터에 의하여 입력 주파수를 변화시킴으로써 펌프의 회전속도를 제어하는 펌프의 가변속 운전실험을 추가로 수행하였다.

3.2 실험방법

앞 절에서와 같은 실험장치들에서 동일 급수 조건하에서 운전패턴의 변화에 따른 펌프 운전시간 및 에너지 소비율 등의 변화를 측정하였다. 운전패턴에 대한 피라미터로는 펌프직송방식 및 부스터방식의 경우에는 압력 및 유량을, 단순한 가압탱크방식의 경우에는 압력 및 유량은 물론 가압탱크 내의 압력 제어 범위를, 인버터를 적용한 가압탱크방식의 경우에는 압력, 유량 및 펌프 회전수 변화 범위를 선정하였다.

펌프의 회전수를 변화시키지 않을 때의 가압탱크내 압력은 최저압력에서 최고압력의 범위를 2.0-4.0kg/cm², 2.0-3.5kg/cm² 및 2.5-3.5kg/cm²로 하였고, 펌프 회전수 변화시의 주파수 제어 범위는 60-35Hz, 60-40Hz, 및 60-45Hz를 선정하였다.

가압탱크방식의 실험시에는 가압탱크를 허용 초기압력으로 선정된 후 전원을 공급하여 펌프를 운전시킨다. 이때 가압탱크 내의 수위는 최저 수위이고, 가압탱크내 압력은 설정 최저 압력을 가리킨다. 시간이 경과함에 따라 탱크 내의 수위 및 압력은 상승하며, 이때 측정된 압력치는 인버터를 적용하는 경우에는 인버터로 보내져 주파수를 변화시킴으로써 펌프의 회전속도를 변화시킨다. 어떠한 경우이든 가압탱크 내의 압력이 허용 최대 압력에 도달하면 펌프는 정지하게 된다.

모든 방식에 대하여 급수장치 출구에서의 압력 및 유량을 변화시키며 일정시간동안 운전시키고 누적된 전력량 및 펌프 운전시간을 읽어 기억시킨다.

이러한 과정을 각 피라미터의 변화에 따라 여러번 반복하여 평균치를 얻는다.

4. 결과 및 고찰

효율적인 급수시스템의 설계 및 운전에 필요한 자료를 얻기 위하여 시스템의 각 요소에 대한 모델을 설정한 후 계산을 수행하였고, 이에 의하여 여러가지 급수방식에 대한 계산을 실행하였다. 또한 각종 파라미터의 변화에 따른 급수시스템의 성능인자의 변화를 고찰하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

이때 파라미터로는 설계변수로서는 가압탱크의 크기 등을, 운전변수로서는 가압탱크 내 공기의 체적비, 펌프 운전속도 및 가압탱크 내 허용 압력 범위대 등을 택하였다.

계산결과를 고찰하기 위하여 먼저 각종의 급수 방식에 대한 계산결과 및 실험치와의 비교결과를 도시하였고, 이중 급수성능이 비교적 우수하다고 판단되는 압력탱크 방식 시스템의 표준 모델에 대한 급수시스템의 거동을 도시하였으며, 시스템의 최적화를 위하여 각각의 파라미터를 변화시키며 성능인자를 비교, 고찰하였다.

4.1 급수방식별 계산결과 비교

Fig.6은 각종의 급수방식에 대한 계산 결과를 각각의 유량 및 에너지소비율에 대하여 도시한 것이다. 급수방식의 종류로는 펌프와 가압탱크로 구성되는 가압탱크 방식(Method 1), 가압탱크 방식에 인버터를 적용한 방식(Method 2, 3), 인버터에 의한 펌프 회전속도 제어방식(Method 4) 및 펌프와 밸브만으로 구성되는 펌프 직송 방식(Method 5)으로 대별하였다. 펌프 직송 방식은 수요에 관계

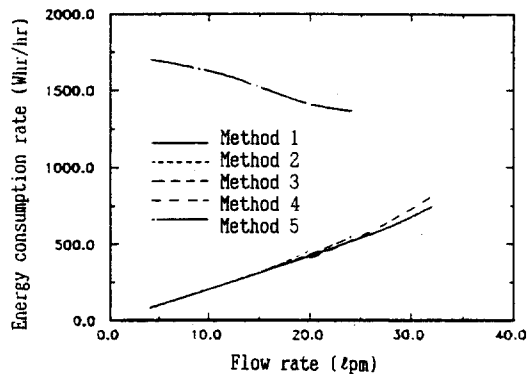


Fig.6 Energy consumptions for various water supply systems

없이 펌프가 일정 속도로 회전해야 하고 필요 이상의 유량은 저수조로 되돌려 보내지므로 에너지 소비율이 단연 낮게 나타났고, 수요 유량이 많을수록 에너지소비율이 적어지므로 효과적이기는 하나 다른 방식에 비하여 여전히 비효율적임을 볼 수 있다.

다른 방식들은 펌프 직송 방식과는 반대로 소요 유량이 많아질수록 에너지소비율이 증가하는 경향을 보이며, 유량에 따른 에너지소비율에 있어 그다지 큰 차이는 보이지 않지만, 소요 유량이 비교적 적은 영역에서는 인버터에 의한 펌프 회전속도 제어방식의 에너지소비율이 적은 반면, 소요 유량이 많아질수록 에너지소비율이 증가하여 가압탱크 방식이 더 효율적임을 볼 수 있다. 또한 가압탱크 방식에 인버터를 적용한 방식은 현 시스템에서는 에너지 소비절감의 측면에서 큰 효과를 거두지 못했음을 볼 수 있다.

이상의 고찰을 통하여 소요 유량의 범위에 따라서 가압탱크 방식과 인버터에 의한 펌프회전속도 제어방식을 혼합하여 각각의 장점을 이용함으로써 보다 고효율의 급수시스템의 설계가 가능할 것으로 예상된다.

4.2 실험치와의 비교

Fig.7은 가압탱크 방식의 각 유량 및 에너지소비율에 대하여 계산치를 실험치와 비교, 도시한 것이다.

계산치는 실험치에 대하여 큰 오차없이 비교적 근사한 값을 가짐을 볼 수 있다. 따라서 이러한 계산

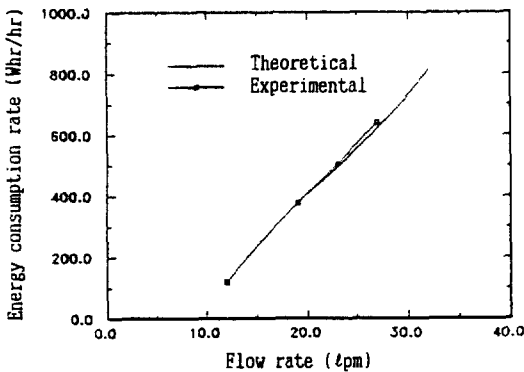


Fig.7 Comparison of theoretical result with experimental one

방법 및 결과들은 상당한 정확도를 가지고 급수 시스템의 해석시에 이용될 수 있을 것으로 판단 된다.

4.3 시스템의 거동

Fig.8-Fig.11은 압력탱크 방식의 경우에 실제 급수시 발생하는 물리적 현상을 고찰하기 위하여 표준의 모델에 대하여 시간에 따른 상태량들의 변화를 도시한 것이다. 여기서 표준의 모델이라는 펌프 회전속도는 1750rpm으로 일정하고, 가압탱크 내 허용압력 범위대가 2.0-4.0kg/cm²인 경우를 의미한다.

Fig.8은 가압탱크로의 유체 유입량 및 유출량의 시간에 따른 변화를 도시한 것으로, 가압탱크로부터의 유출량은 수요 패턴이 일정한 것으로 가정하였기 때문에 시간에 따라 변화가 없고, 가압탱

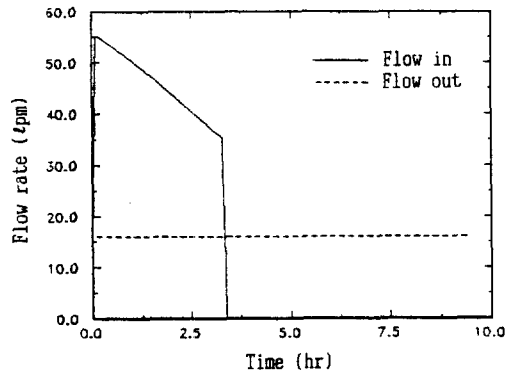


Fig.8 Time variation of flow rates in tank

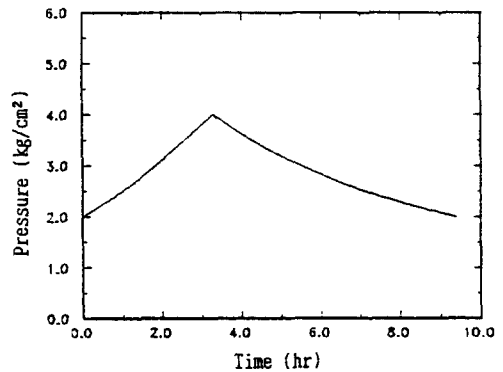


Fig.9 Time variation of air pressure in tank

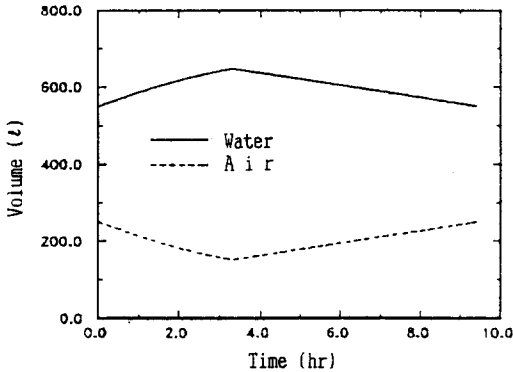


Fig.10 Time variation of volume of water and air in tank

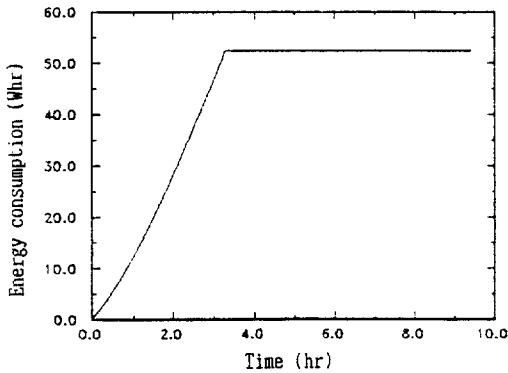


Fig.11 Time variation of energy consumption

크로의 유입량은 펌프의 운전개시점의 값이 가장 크고 시간이 증가함에 따라 가압탱크 내의 압력이 상승함으로써 펌프 정지시까지 거의 선형적으로 감소함을 볼 수 있다.

Fig.9는 시간의 증가에 따른 가압탱크 내 압력의 변화를 도시한 것으로, 펌프의 운전개시점으로부터 시간의 증가에 따라 압력이 상승하여 허용 최고 압력에 도달한 후, 펌프의 운전이 정지된 후에는 가압탱크 내 수량 감소로 인하여 시간의 증가에 따라 압력이 감소함을 볼 수 있다.

Fig.10은 가압탱크 내 유체 및 공기가 차지하는 체적을 시간의 증가에 따라 도시한 것이다. 시간의 증가에 따른 유체의 체적은 가압탱크 내의 압력 선도에서와 같은 경향을 보이며, 공기의 체적은 정반대의 경향을 보여주고 있다.

Fig.11은 시간의 변화에 따른 펌프에서의 에너지

소비량 선도로서, 펌프의 운전시 전력소비량은 시간의 증가에 따라 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있다.

이상의 결과는 표준 모델에 대한 하나의 예에 불과하며 고려하고 있는 급수시스템의 거동 및 성능을 예측하기 위하여 본 프로그램을 사용할 수 있음을 보여준다.

4.4 시스템의 최적화 연구

시스템의 최적화에 필요한 각 파라미터의 변화에 따른 성능인자의 변화를 고찰하면 다음과 같다.

이때 파라미터로는 가압탱크의 체적, 가압탱크 내 공기의 체적비, 펌프의 회전속도 및 허용 압력 변화 범위대 등을 택하였다.

각 경우에 급수시스템의 성능을 나타내 주는 성능인자로서는 펌프의 한 작동 개시점으로부터 다음 작동 개시점까지의 기간을 의미하는 주기(Period), 펌프 운전시간(Pump Operating Time) 및 에너지소비율(Energy Consumption Rate) 등을 정하였다.

또한 각 파라미터의 변화에 따른 계산을 수행할 때 소비 유량은 8, 16, 24 lpm으로 변화시키면서 각각의 경우에 대하여 계산하였다.

파라미터의 변화시 파라미터 이외의 값들은 앞에서 설명한 표준 모델에서와 같은 값을 사용하였다.

4.4.1 가압탱크 체적의 변화

Fig.12 및 Fig.13은 가압탱크 체적의 변화에 따른 일간 펌프 운전시간 및 단위 시간당 에너지소비율의 변화를 각각의 소비 유량에 대하여 도시한 것이다.

Fig.12에 보인 바와 같이 일간 펌프 운전시간은 체적이 매우 적을 때에는 가압탱크 체적의 증가에 따라 다소 증가하는 경향을 보이나, 대부분의 영역에서는 체적에 따라 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 또 소비 유량이 클수록 펌프의 일간 운전시간도 길어진다.

Fig.13은 단위 시간당 에너지소비율을 도시한 것으로, 이는 앞에서 보인 단위 시간당의 펌프 운전시간과 같은 경향을 보여 준다.

즉 가압탱크 체적의 변화에 따른 시스템의 효율은 가압탱크 체적이 매우 작은 영역에서는 펌프 운전시간도 짧고, 에너지소비율도 적음으로 인하여

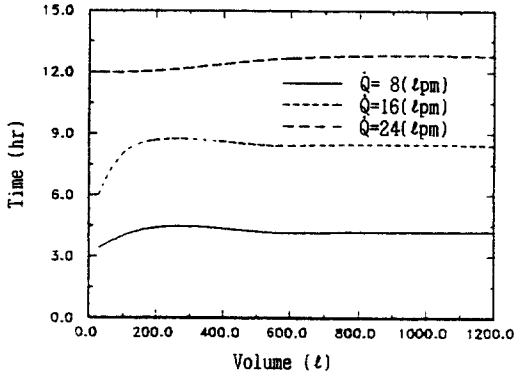


Fig.12 Pump operating hours per day for various tank sizes and flow rates

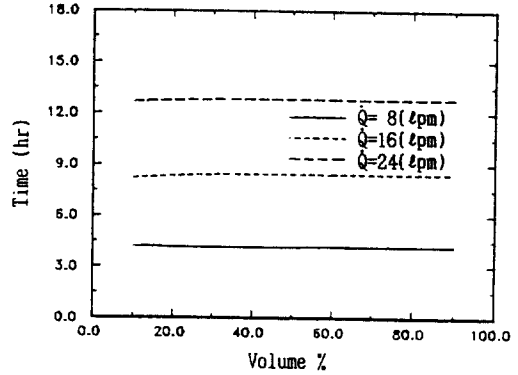


Fig.14 Pump operating hours per day for various volume percent of air and flow rates

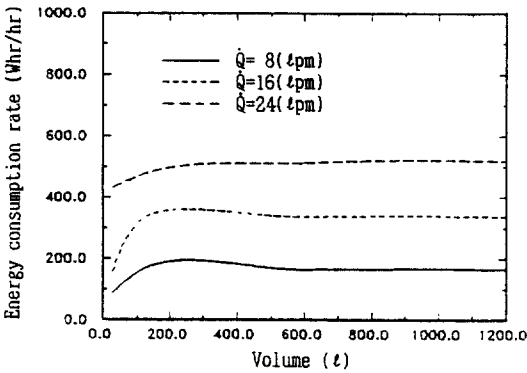


Fig.13 Energy consumption rates for various tank sizes and flow rates

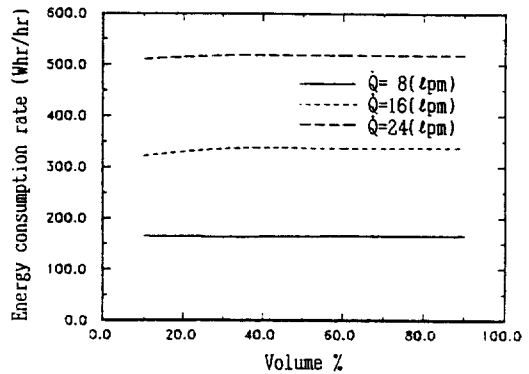


Fig.15 Energy consumption rates for various volume percent of air and flow rates

약간 상승하는 경향을 보이거나, 전반적으로는 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

그러나 가압탱크의 체적이 작을수록 급수펌프의 기동 횟수가 많아지게 되고, 이에 따라 기동시 에너지 소비가 증가하고 전동기의 소손율도 높아질 것이다.

4.4.2 공기 체적비의 변화

Fig.14 및 Fig.15는 가압탱크 내 공기 체적비의 변화에 따른 일간 펌프 운전시간 및 단위 시간당 에너지소비율의 변화를 각각의 소비 유량에 대하여 도시한 것이다.

일간 펌프 운전시간(Fig.14)은 가압탱크 내 공기의 체적비에는 거의 영향을 미치지 않음을 볼 수 있고, 단위 시간당 에너지소비율(Fig.15)도 일간 펌프 운전시간과 같은 경향을 가짐을 볼 수 있

다.

따라서 급수시스템 운전조건의 설정시 가압탱크 내 공기의 체적비는 본 연구에서 설정한 범위내에서는 시스템의 성능에는 크게 영향을 미치지 않으나, 공기의 체적비가 작은 경우에는 급수펌프의 운전 주기가 짧음으로 인하여 단위 시간당 펌프 기동 횟수가 많아져 기동시의 에너지 소비가 증가하여 불리할 것이므로, 실제의 경우에는 이에 대한 고려가 필요하다.

4.4.3 펌프 회전속도의 변화

Fig.16 및 Fig.17은 펌프 회전속도의 변화에 따른 일간 펌프 운전시간 및 단위 시간당 에너지소비율의 변화를 각각의 소비 유량에 대하여 도시한 것이다.

Fig.16에서 보인 일간 펌프 운전시간은 펌프 회전속도가 클수록 짧아지는데, 이는 펌프의 회전속

도가 클수록 단위 시간당 공급유량도 그만큼 많아지기 때문이다.

또한 단위 시간당 에너지소비율 (Fig.17)도 같은 경향을 보여준다.

따라서 펌프의 특성에 따라서 다르기는 하지만 소비 유량이 어느 정도 이하인 경우에는 펌프의 회전속도를 작게 하여도 무방하나, 소비 유량이 많은 경우에는 오히려 단위 시간당 펌프 운전시간 및 에너지소비율이 현저히 증가할 것이므로, 인버터 등에 의하여 주파수를 제어함으로써 펌프의 회전속도를 변화시킬 경우에는 반드시 펌프의 특성은 물론, 사용자의 급수 소비 패턴도 같이 고려되어야 할 것이다.

4.4.4 압력변화 범위대의 변화

Fig.18 및 Fig.19는 허용압력 범위가 동일할때

압력변화 범위대의 변화에 따른 일간 펌프 운전시간 및 단위 시간당 에너지소비율의 변화를 각각의 소비 유량에 대하여 도시한 것이다.

일간 펌프 운전시간(Fig.18)은 압력범위대가 높아질수록 증가하며, 이러한 경향은 소비 유량이 많을수록 더 커짐을 볼 수 있는데, 이는 압력범위대가 높을수록, 소비 유량이 많을수록 동일한 압력상승에 요하는 시간이 길어지기 때문으로 분석된다.

Fig.19에서는 압력변화 범위대가 높아짐에 따라 단위 시간당의 에너지소비량은 펌프의 운전시간의 증가와 더불어 증가함을 볼 수 있는데, 이는 가압탱크 내의 압력이 높을수록 유체를 탱크 내로 송출하기가 더욱 어렵기 때문으로 분석된다.

이상의 결과를 종합하면, 급수시스템 자체만의

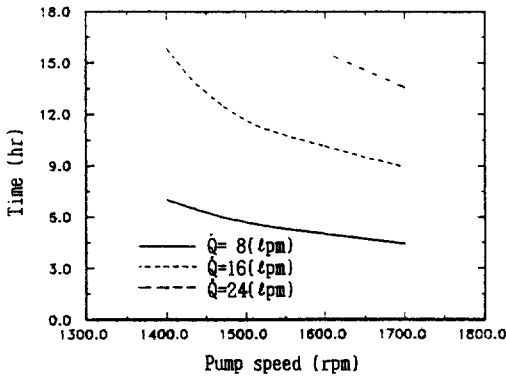


Fig.16 Pump operating hours per day for various pump speeds and flow rates

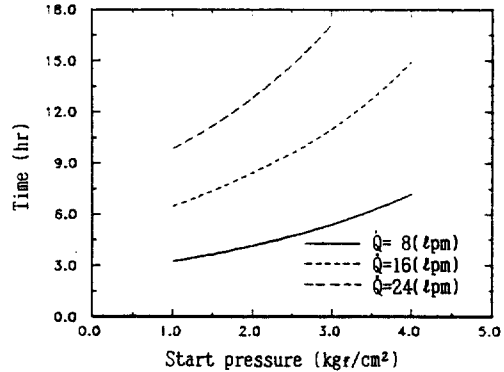


Fig.18 Pump operating hours per day for various pressure ranges and flow rates

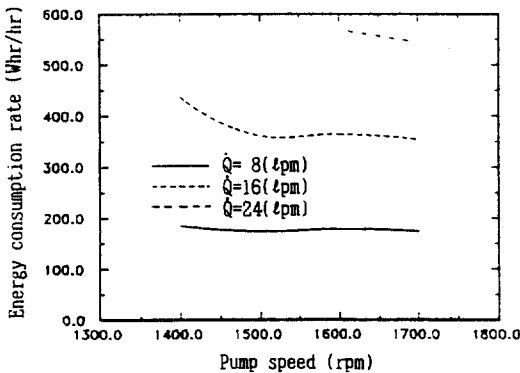


Fig.17 Energy consumption rates for various pump speeds and flow rates

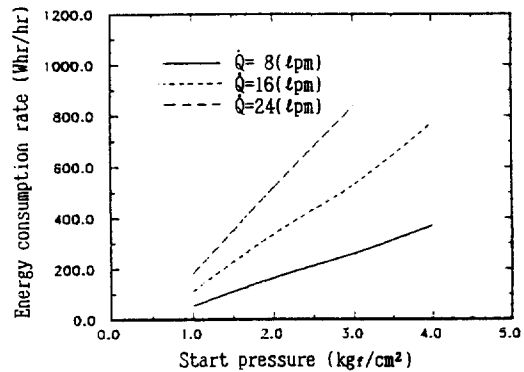


Fig.19 Energy consumption rates for various pressure ranges and flow rates

효율을 고려하는 측면에서는 압력변화 범위대가 낮을수록 높은 효율을 가지나, 실제 설계시에는 사용자에게 필요한 유체압력 이하로 되지 않도록 해야 하므로 급수시스템이 설치되는 건축물의 규모, 높이 및 구조, 급수 소비패턴 등을 종합적으로 고려하여 허용 압력변화 범위대를 결정하여야 한다.

5. 결 론

이상의 고찰 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1) 본 연구에서 사용된 계산 방법 및 결과들은 상당한 정확도를 가지고 급수시스템의 해석시에 이용될 수 있다. 또한 고려하고 있는 급수시스템의 거동 및 성능을 예측하기 위하여 본 프로그램을 사용할 수 있다.

2) 소요 유량의 범위에 따라서 압력탱크 방식과 인버터에 의한 펌프 회전속도 제어방식을 혼합하여 각각의 장점을 이용함으로써 보다 고효율의 급수시스템의 설계가 가능하다.

3) 가압탱크 체적의 변화에 따른 시스템의 효율은 가압탱크 체적이 작은 영역에서는 약간 상승하는 경향을 보이나, 전반적으로는 큰 차이가 없다. 그러나 가압탱크의 체적이 작은 경우에는 펌프의 단위 시간당 기동 횟수가 증가하여 이에 따른 기동시의 에너지소비율이 증가하고 전동기의 손실이 증가한다.

4) 가압탱크 내 공기의 체적비는 펌프 기동시의 에너지 소비를 고려하지 않을 경우 급수시스템의 성능에 크게 영향을 미치지 않으나, 공기의 체적비가 작은 경우에는 단위시간당 기동 횟수가 증가하고, 이에 따른 기동시 에너지 소비가 증가하여 불리하다.

5) 가압탱크 방식에서 펌프 회전속도를 변화시킬 경우 소비 유량이 많은 경우에는 펌프운전시간 및 에너지소비율이 현저히 증가하므로 펌프의 회전속도를 변화시킬 경우에는 반드시 펌프의 특성 및 사용자의 급수 소비 패턴도 같이 고려되어야 한다.

6) 급수시스템 자체만의 효율을 고려하는 측면에서는 압력변화 범위대가 낮을수록 높은 효율을 가지나, 실제 설계시에는 사용자에게 필요한 유체압력 이하로 되지 않도록 건축물의 규모, 높이 및 구조, 급수 소비패턴 등을 종합적으로 고려하여 허용 압력변화 범위대를 결정하여야 한다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원, 1992, "초고층 아파트 최적 설비시스템 개발(II)", 연구보고서, pp.35-84.
2. ASHRAE, 1984, "Basic Water System Design", ASHRAE Handbook, Chap.14.
3. Wylie, E.B. and Streeter, V.L., 1987, "Fluid Transients", McGraw-Hill.
4. Chaudhry, M.H., 1979, "Applied Hydraulic Transients", Van Nostrand.
5. Karassik, I.G., Krutzsch, W.C., Fraser, W.B. and Messina, J.P., 1976, "Pump Handbook", McGraw-Hill.
6. Donsky, B., 1961, "Complete Pump Characteristics and the effects of Specific Speeds on Hydraulic Transients", J. Basic Eng., ASME, pp.685-699.
7. Stoner, M.A., 1974, "Modeling of the Steady State Pressure Flow Response of Steam and Water Systems", Proc. the Int. District Heating Association, Vol.LXV, pp.53-67.
8. Streeter, V.L., 1972, "Unsteady Flow Calculations by Numerical Methods", J. Basic Eng., ASME, pp.457-466.
9. Haberman, J., 1981, "Introduction to Fluid Mechanics", Prentice-Hall.
10. Safwat, H.H. and de Kluyver, J.P., 1972, "Digital Computations for Water Hammer Column Separation", Proc. of the 1st Int. Conf. on Pressure Surges.
11. Zielke, W., 1980, "Simulation of Fluid Transients in Piping and Channel System", SIMDRU Program Manual.