

원격지 수도시설 펌프운영 패턴의 자동화 알고리즘 구현

변두균\*, 운영환  
한국수자원공사 시설자동화팀

Algorithm Embodiment for Automatic Pump Operation Pattern

Doo-Gyoon Byun and Young-Hwan Yoon  
Korea Water Resources Corporation

**Abstract** - An algorithm was embodied to automatic pump operation pattern for remote control located in 60 km far. This automation pattern included least cost operation, peak load time response, pump operation time balancing etc. It was programmed four kind of operation mode as following: normal operation mode, before peak load time mode, peak load time operation, after peak load time operation.

1. 서 론

컴퓨터를 이용한 감시제어기술이 향상되고 통신회선의 신뢰성이 확보됨에 따라 시설의 원격감시제어가 일반화 되고 있는 추세이다. 원격지 시설의 감시제어기술은 제어대상 시설과 제어센터 간의 거리에 따른 문제도 극복하게 되었다. 시설의 원격운영에 있어 무엇보다 중요한 것은 기본적으로 설비 자체의 자동운전 신뢰성 확보임을 그간의 시설자동화 과정에서 경험하였다. 한국수자원공사는 지난 5년 간, 수도시설 운영의 자동화를 추진하여 왔고 2002년 말에는 급수구역이 중복되고 비교적 시설이 밀집되어 있는 충남지역의 일부와 전북지역의 시설을 함께 묶어 운영하는 통합운영을 개시하게 되었다. 본 논문에서는 통합운영체제 구축 시 구현한 군산취수장 펌프 운영 패턴의 자동화 과정에 대하여 기술한다.

2. 본 론

2.1 프로그램의 특성

취수펌프 및 정수장 송수펌프는 평상시 현장에서 근무자에 의해 운전되었으나 시설의 단위공정 자동화를 통해 원격지에서 운영할 수 있도록 운전 패턴을 프로그램화하였다. 프로그램은 군산정수장 서버의 MMI로 구현하여 운영센터와의 통신망 두절에도 불구하고 자동운영이 가능도록 구성하였다. 자동운전 프로그램의 탑재 위치는 PLC 또는 RTU에 있는 것이 아니라 서버의 MMI에서 실행함으로써 별도의 down load 등이 불필요한, 쉽고 편리한 user interface를 제공하고 있다.

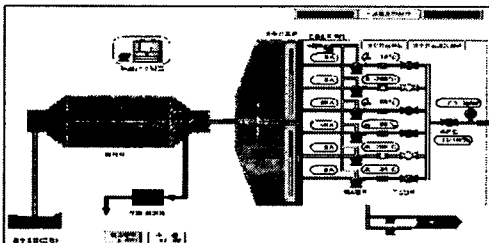


그림 1 운영자 화면  
Fig. 1 The man machine interface for operator

2.2 시설운전 조건

군산취수장은 그림 1과 같이 군산지역에 공업용수를 공급하기 위한 시설로 하루 130,000 m<sup>3</sup>/d의 시설용량을 가지고 있다. 현재 가동 중인 시설은 76,400 m<sup>3</sup>/d의 1단계 시설로서 평균 55,000 m<sup>3</sup>/d의 용수를 공급하고 있다. 취수를 위한 설비로는 315 kW 주펌프 3대, 160 kW 조절용 펌프 1대가 각각 설치되어 있다. 취수된 물을 급수하기 위하여 군산정수장에는 110 kW의 대용량 송수펌프가 3대 설치되어 있다. 계약전력 범위 내에서 운전 가능한 최대 펌프운전 대수는 2대이다.

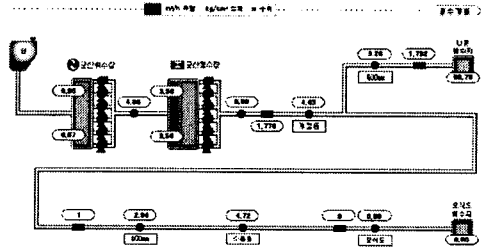


그림 2 용수공급 계통도  
Fig. 2 The diagram for water supply system

2.3 프로그램 구현 방법

최대부하시간에 펌프의 기동을 최대한 억제하기 위해 펌프 운전모드를 평상운전 모드, 최대부하시간 준비운전 모드, 그리고 최대부하시간 운전 모드, 최대시간 이후 운전 모드 등 네 가지 운전 모드로 분류하였다.

평상운전 모드에서는 정수지의 수위가 2.8 m 까지 떨어지면 송수펌프의 가동 상황에 따라 수위를 높이기 위해 취수펌프를 기동하고 정수지의 수위가 3.7 m 보다 높아지면 송수펌프의 가동 상황에 따라 수위를 낮추기 위해 취수펌프를 운전한다. 평상시에는 정수지 수위가 최소 2.8 m 에서 최대 3.7 m 를 유지하도록 자동 운전 된다. 여기서 정수지의 운영 최대 높이는 4m이다.

최대부하시간 준비운전모드 시간대의 펌프 운전은 최대부하시간 두시간 전부터 시작된다. 최대부하시간이 시작되는 시점에서 정수지의 수위를 최대로 높이기 위해 취수펌프를 운전하여 최대부하 시 펌프운전을 최대한 억제함으로써 최소 용수 생산원가를 실현한다. 최대부하시간은 계절별로 다르므로 근무자의 선택에 의해 설정할 수도 있고 계절별 최대부하 시간을 프로그램에 설정하여 자동적으로 최대 부하시간을 조정할 수도 있다. 또 펌프 가동시간의 평준화를 위하여 일반적인 펌프 기동 순서 이외에 전월 가동시간 및 효율을 고려하여 금월 휴지펌프를 지정 운영할 수도 있다.

### 2.5.1 정상운전 모드

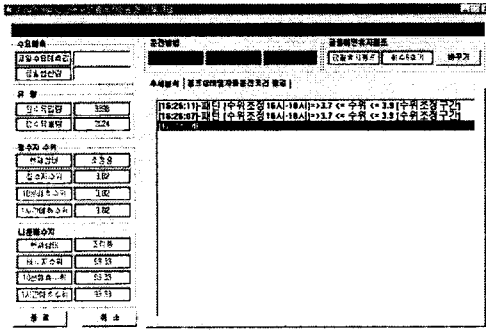


그림 3 펌프자동운전 및 운영예측 정보 화면  
Fig. 3 The MMI for automatic pump operation

프로그램은 그림 3과 같이 운전패턴, 정수지 수위, 최대부하시간 변경 등의 간단한 태그 정보만의 변경으로 다른 시설을 자동운전 할 경우에도 적용이 가능하다. 펌프 보호 기능은 이중화하였다. 1차적으로는 기동 패널에 하드웨어적인 인터록과 PLC 또는 RTU에서의 기본적인 인터록에 의해 펌프를 보호하고 2차적으로는 펌프를 기동하거나 중지시에 펌프 자동운전 프로그램에 의해 보호하게 되어 있다. 예를 들어 펌프 기동 조건이 만족되지 않으면 자동운전 프로그램의 기동신호 발생여부에 관계없이 하드웨어적인 인터록에 의해 기동이 불가능하지만 패턴 자동운전 프로그램에서 펌프 기동 출력 전에 한번 더 펌프 기동 조건의 만족 여부를 판단하여 기동 조건이 만족되지 않으면 스스로 펌프 운전 모드를 해제하고 알람을 발생하여 근무자에게 알린다. 근무자가 자동운전이 해제된 원인을 파악하고 고장원인을 조치해 함으로써 펌프 및 현장설비를 보호할 수 있다.

### 2.4 자동운전 조건

설비의 안정적인 운영을 위하여 반드시 정해진 조건을 만족하는 경우에만 자동운전이 가능하다. 즉, 운전방법의 선택 모드가 원격운전인지 현장운전인지, 펌프와 밸브의 상태가 이상은 없는지, 제어권은 어느 곳으로 설정되어 있는지 등이다. 먼저 원격으로 운전하기 위해서는 모든 펌프의 운전모드가 원격운전에 선택되어 있어야 한다. 한대의 펌프라도 현장운전으로 되어 있다면 펌프 자동운전 조건은 해제된다. 설비의 상태 즉, 펌프와 토출밸브 중 어느 것이라도 고장상태이면 역시 자동운전 조건은 해제된다. 제어권은 실제로 제어를 수행하는 최고의 제어단계인 통합운영센터로 되어 있어야 한다. 만일 제어권을 하부 제어단계인 균산정수장으로 절체 시 펌프 자동운전은 해제된다. 기본적으로 펌프운전 모드는 자동운전 모드이고 스케줄 모드와 대수운전 모드 중 하나만 통합운영센터에서 선택되어야 한다. 만일 두 개 모드 중에서 하나도 선택되지 않았거나 두 개가 모두 선택된 경우에는 자동운전 모드에서 해제된다. 이 외에도 전 가동 펌프 중 기동 또는 정지과정에서 동작 실패가 발생할 경우도 자동운전 모드에서 자동 해제된다. 정수장 서버와 FEP, 정수장 FEP와 취수장 FEP, 취수장 FEP와 PLC의 통신과정에서 어느 단계에서이건 통신이러가 발생해도 자동운전 모드는 해제된다.

### 2.5 펌프운전 모드별 프로그램 작성

펌프의 자동운전은 정상운전 모드, 최대부하시간 준비 운전모드, 최대부하시간 운전모드, 최대부하시간 이후 모드로 구분된다.

정상 모드는 0시~17시, 22시~24시의 시간대에서 취수장 펌프가 자동운전 모드로 동작할 때를 의미한다. 펌프의 기동 및 정지는 그림 4에서 보는 바와 같이 정수지의 수위가 2.8 m 에서 3.7 m 사이에 위치할 경우는 어떤 출력도 발생하지 않으나 정수지의 수위가 2.8 m 아래로 내려간 경우 즉 경우 1의 조건이 되었을 때는 송수 펌프가 2대 가동 중이라면 취수펌프 중 대용량 2대를 가동하여 정수지 수위를 증가시키게 된다.

이 때의 취수 증가 물량은 600 m<sup>3</sup>/h~800 m<sup>3</sup>/h 가 된다. 송수펌프 1대가 기동하고 있다면 취수펌프 중 용량 펌프 1대와 보조 펌프 1대를 기동하여 정수지 수위를 증가시키며 증가 물량은 700 m<sup>3</sup>/h~950 m<sup>3</sup>/h 가 된다. 만일 어떤 송수펌프도 가동 중에 있지 않다면 취수펌프 중 용량이 큰 1대를 가동하여 정수지 수위를 증가시켜 약 1800 m<sup>3</sup>/h 의 물량을 증가시키게 된다.

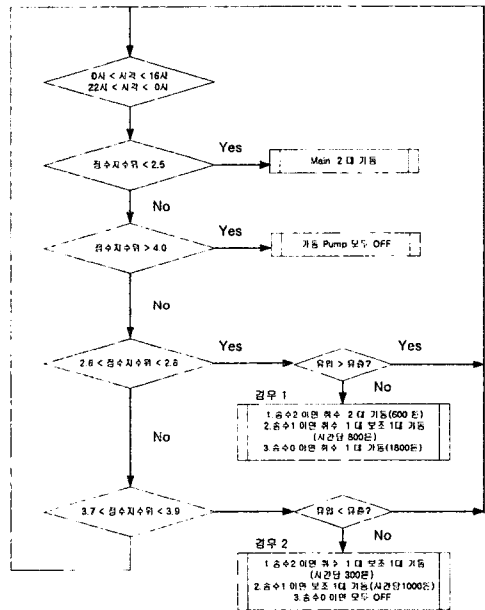


그림 4 정상운전 모드 플로차트  
Fig. 4 The flow chart for normal operation mode

이와 같은 과정을 거쳐 수위가 3.7 m 를 넘게 되면 이를 낮추어야 하므로 경우 2와 같이 송수펌프가 2대가 가동 중일 때는 취수펌프 중 대용량 펌프 1대와 보조 펌프 1대를 기동하여 정수지 수위를 최대한 천천히 낮춤으로써 펌프의 잦은 기동·정지를 방지하게 된다.

송수펌프가 1대가 가동되고 있다면 취수펌프 중 보조 펌프 1대만을 가동하여 정수지 수위 낮춘다. 이 경우의 감소량은 약 1,000 m<sup>3</sup>/h 이 된다.

송수펌프가 한대도 가동되지 않고 있다면 취수펌프 또한 모두 정지하여 현재의 수위를 유지하게 된다. 정수지의 수위가 2.5 m 보다 낮은 경우가 되면 송수펌프 가동 대수에 상관없이 취수펌프 중 용량이 큰 2대를 기동하여 정수지의 수위를 상승시킨다. 정수지의 수위가 4.0 m 보다 높은 경우가 되면 송수펌프의 가동 대수에 상관없이 취수펌프를 모두 정지시켜 수위를 낮춘다.

이와 같은 조건운전을 하면 정상모드에서의 정수지 수위는 2.8 m 에서 3.7 m 사이를 유지하게 된다.

### 2.5.2 최대부하시간 준비운전 모드

이 시간대의 운전 목적은 최대부하시간이 되었을 때 수위를 가장 높게 유지하기 위해 모든 펌프를 가동하여 정수지의 수위를 최대한 높이기 위함이다. 경우 1과 같이 정수지 수위가 3.4 m 보다 낮으면 정수지의 수위를 급격히 상승시키기 위해 펌프를 가동시킨다. 정수지의 수위가 경우 1에서 벗어나 경우 2에 도달하면 이때는 어느 정도 수위가 채워졌다고 보고 서서히 수위를 상승시켜 가며 운전한다.

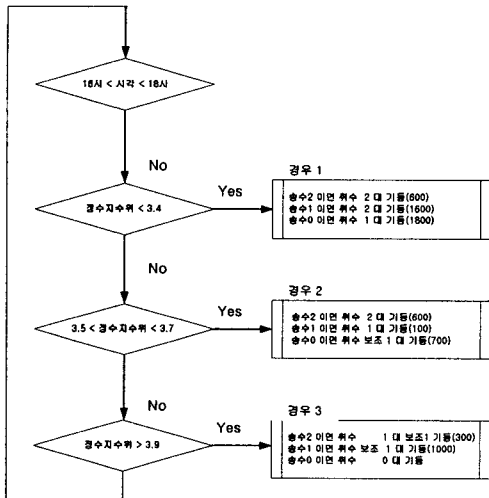


그림 5 최대부하시간 준비운전 모드 플로차트  
Fig. 5 The flow chart for before peak load time operation mode

그림 5에서 경우 3은 정수지 수위가 3.4 m 이하일 경우를 말한다. 이 시간대에 도달하면 수위를 서서히 하강시켜 최대부하시간 2시간 전에는 수위를 급격히 상승시켜 정수지의 수위가 3.7 m 에서 3.9 m 를 유지하도록 한다.

### 2.5.3 최대부하시간 운전 모드

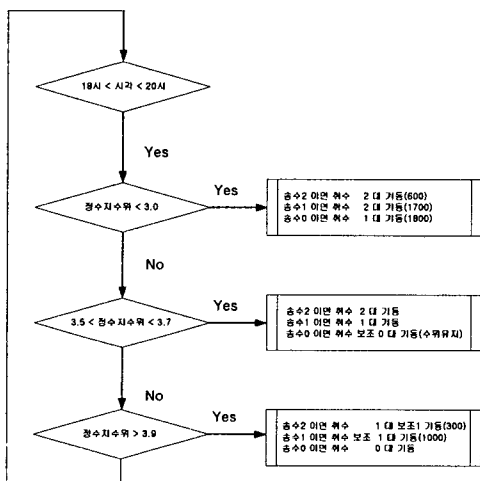


그림 6 최대부하시간 운전 모드 플로차트  
Fig. 6 The flow chart for peak load time operation mode

최대부하시간의 운전은, 정수지 용량이 6,000 m<sup>3</sup> 정도이어서 가용할 수 있는 수위 범위가 넓지 않으므로, 배수지의 적정 수위 유지를 위해 송수펌프를 1대 정도 가동한다. 최대부하시간에 정수지는 그림 6과 같이 운전하면 펌프가동을 최대한 억제하며 운영이 가능하여 용수 생산원가 절감에도 기여할 수 있다.

### 2.5.4 최대부하시간 이후 모드

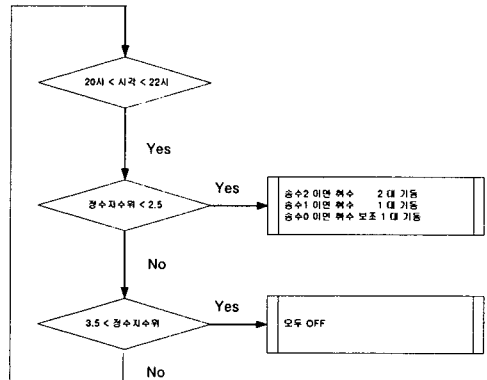


그림 7 최대부하시간 이후 모드 플로차트  
Fig. 7 The flow chart for after peak load time operation mode

최대부하시간에는 펌프의 기동을 최소화하여 운전하고, 20시가 되었을 때 정수지 수위가 3.5 m 이상이면 송수펌프의 가동대수에 관계없이 모든 취수 펌프를 off 시킨다. 수위가 계속 하강하여 2.5 m 에 이르면 다시 수위를 올리기 위해 그림 7과 같은 조건에 따라 송수펌프의 대수를 고려하여 가며 취수펌프를 가동한다.

## 3. 결 론

펌프 자동운전 알고리즘을 프로그램화하여 실제 운전 에 적용하고 그 결과를 확인한 바, 현재의 알고리즘은 정수지 수위의 가변요소를 수위별 고정 상수화하여 단순화하였지만 향후, 정수지 수위 증감비를 또는 유출유량을 가변요소로 적용하여 알고리즘화 할 것이 요구된다. 확인된 효과로는 정수지의 수위를 예측 가능토록 운영함으로써, 대형펌프 기동 횟수의 최소화로 설비수명의 연장이 가능할 것으로 기대된다. 또 최대부하 시간대 설비가동을 최소화함으로써 전력비 절감의 직접적 효과를 거두고 있으며 신뢰성이 높은 프로그램의 운영으로 설비를 안정적으로 운영할 수 있게 되었다.

### [참 고 문 헌]

- (1) D.McCloy and H.R.Martin, "Ellis Horwood Limited Control of Fluid Power - Analysis and Design", 1980
- (2) Benjamin C.Kuo, "자동제어", 장세훈 등 역, 청문각, 1986
- (3) 최승길 등, "시퀀스 제어일반", 일진사, 1987
- (4) 이원희, "자료처리 기법", 대림, 1989
- (5) KMK 정보산업연구원, Visual C++ 2.0 Microsoft OLE Control Developer's Kit, 삼각형, 1985
- (6) KMK 정보산업연구원, Visual C++ 2.0 Run-Time Library Reference, 삼각형, 1985
- (7) KMK 정보산업연구원, Visual C++ 2.0 User's Guide, 삼각형, 1985