

BYG형 급수기의 MINI PC 제어 시스템

°박용규*, 강영모**

*중국 운반 로케트 연구원, **서광산업(주)

Mini PC Control System for BYG Type Water Supply Units

°Institute No.15 of the Ministry of Aero-Space Industry, China

**Suh Kwang Industry Co., Ltd.

Introductory Remarks

A highly efficient hydropneumatic water supply system type BYG is designed and built in accordance with ISO standard. The technical features of BYG type pump unit can be summarized as follows :

- reduce hydropneumatic tank capacity at the ratio of 1/10 - 1/30 compared with conventional method.
- ISO standard pumps can be used.
- the development of highly efficient water supply system type BYG is based on long-term experiences with the proven constant pressure water supply technique which minimize pressure fluctuation, rapid pulsation, etc.

The text contains the operation principle of BYG type water supply system, introduction of closed cycle control process focused on Mini PC and experimental results of type BYG-IVS-90x45.

서론

최근에 개발된 BYG 형 급수기는 기존 공기압식 급수기에 기압 급수 탱크 용적과 그 제어 압력차 간의 반비례 모순을 해결 토록 하여, 기존의 기압식 탱크 용적을 1/10 - 1/30 로 축소 시켜 통용화 시켰으며 국제적으로 통용되는 IS 펌프들을 사용하여 기존의 인버터 (INVERTER :VVVF) 방식에서 흔히 보는 인접 펌프 동작 전환시 발생하는 심한 압력 파동, 变速 펌프, 의 空转, 恒速 펌프의 급속 맥동 (急速脉动) 流量失调等 에너지를 浪费 현상을 最小化 시켜, 恒压供水 가 이루어 지도록 하였다.

본문은 이급수기의 동작 원리와 MINI PC 를 중심으로 한 電氣的, 流體的 및 氣體的 의 ON-OFF 량 펌프 사이클 제어 과정을 소개 하며 이에 관한 몇개 문제를 討論 한 다음 BXY-IVS-90 X 45 型機 의 실험 결과를 발표 코져 합니다.

1. BYG 형 급수기의 동작 원리

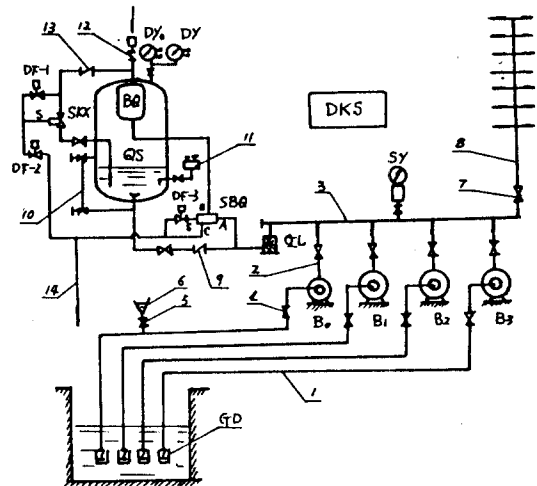


그림 1 : BYG 형 급수기의 수력 계통도

BYG-IV 형 급수기는 네대의 IS 펌프와 기압 급수 탱크 QS 를 급수관 (3) 에 모두 병렬 연결 시켰으며 급수탱크 상부에 있는 Dy0 전기 저항식 압력계 (PRESSURE GAUGE WITH ELECTRIC CONTACT) 로 보조 펌프 (Bo) 를 제어 하고, 세개의 주 펌프 (B1 - B3) 는 DY 하나로 제어토록 하였다. 만약 Bo 와 B1 펌프의 H-Q 특성이 근사 (近似) 하면 Dy0 를 사용하지 않고, DY 압력계 하나로 일괄 제어를 할수 있다. 이급수기의 절유 (THROTTLE) 조절 특성 (調節特性) 은 그림 2 와 같다.

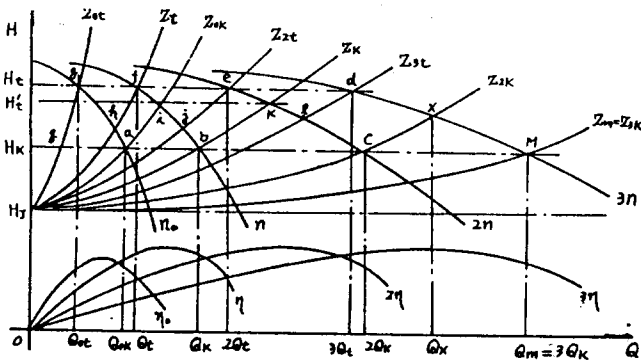


그림 2 : BYG-IV 형 급수기의 절유 조절 특성

그중 No, N, 2N, 3N : 각펌프 기동의 H-Q 특성
 $\eta_0, \eta, 2\eta, 3\eta$: 각펌프 기동후의 효율 곡선
 HJ : 건축물의 최고 정수 고도, HK : 펌프의
 기동양정
 HT : 펌프의 정지시 양정. ZI : 급수 사용
 수 량 QU 때 급수관 총저항 특성

전세대의 급수전의 유통면적비가 A/AM 인데

$$Z_i/Z_m = \frac{1 - Z_\alpha / Z_m}{(A/AM)^2} + \frac{Z_\alpha}{Z_m} \quad \text{---(1.1) 식}$$

$$\frac{QU}{Q_m} = \left(\frac{Z_i}{Z_m} \right)^{-0.5} \quad \text{---(1.2) 식}$$

식중 A : QU때 급수전의 유통 면적 (M²)
 AM : 총급수전의 최대유통면적 (M²)
 Qm : A = AM 때 최대급수유량 (M³/H)
 Zm : A = AM 때 급수관 총저항특성 (S²/M⁵)
 Z α : 급수전을 제외한 급수관 저항특성 (S²/M⁵)

그러므로 급수전의 (A/AM) 비가 커지면 급수관 총저항 특성은 HJ 점을 중심으로 하여 Z α \rightarrow Zm 으로 기울어 지면 급수 유량 (給水 流量) 은 커지며, 이와 반대로 Zm \rightarrow Z α 로 되면 급수 유량이 적어진다. 급수 사용 수량과 급수 유량이 서로 비슷할때 펌프들은 안정 운전 (安定 運転) 이 되므로 HK, HT 양정 (揚程) 이내의 ZI 와 H-Q 특성의 교차점 H, I, J, K, L, X 등은 모두 펌프의 안정 동작점이고, 그외의 교차점들은 순간 동작점들이어서 펌프 안정 운전이 불가능하다.

다음에 BYG형 급수기의 동작 과정을 설명 드리겠습니다.

1.1 QU \leq Q α t 인데 마이너스 펄스 (MINUS PULSE)

지연 과정: 급수사용자의 급수전을 조금 열어 ZI = ZOT 가 되면 QS 급수 탱크의 기압 P α 는 급수관 (3) 수압 P β 보다 높기에 QS 탱크내의 물은 체크밸브 (9 : 역지瓣) 와 필터 GL 을 거쳐 급수관으로 공급되어 진다. 이때 QS 탱크 기압은 ZOT 곡선을 따라

$\alpha \rightarrow \beta$ 점으로 급속히 하강한다. 이과정을 QS 탱크의 TP 초 배수과정이라 한다. β 점에서 P α 가 Dy α 압력계의 기동 압력 P β k 에 달하면 Dy α 가 기동 신호 S β k 를 발출 (發出) 하여 보조 펌프 B α 를 기동 시키며, 전자변 DF-2 를 열리게한다. 그러면 지하수는 완전 밀봉 흡입 밸브 GD 를 열고 흡입관 (1) 을 거쳐 펌프 B α 에서 승압 (昇壓) 되어 각각의 주펌프 (MAIN PUMP)와 급수관을 승압한 이후 급수관 (8) 로 흐른다. 이때 P β > P α , QU \leq Q α t 이므로 물은 GL \rightarrow SBQ \rightarrow BQ \rightarrow 체크밸브 (13) \rightarrow SKX \rightarrow QS 탱크로 충수 (充水) 된다. 이때 수력 절유밸브 SKX 는 달려 그중심의 오리피스 로만 절유 되므로 QS 탱크 기압은 Z α t 곡선을 따라 천천히 $\alpha \rightarrow \beta$ 점으로 상승 된다. 이때 QS 탱크의 충수지연시간 T α \gg TP이다. 다음 β 점에서 P α \geq P α t 되면 Dy α 는 제동 신호 (정지 신호) S α t 를 보내어 B α 펌프를 제동 시키고, 상승한 TP 초 기압 배수 과정을 반복한다. 이상의 조절 상태의 급수관 압력 P β s 변화는 그림 3 과 같다.

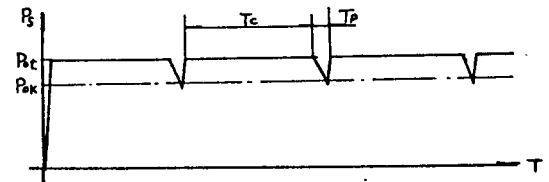


그림 3 : QU \leq Q α t 때 마이너스 펄스 지연 과정.

그러므로 마이너스 펄스 (MINUS PULSE) 지연 주기는 T α = T α + TP \approx TC, 보조 펌프 B α 의 매시간 맥동 회수는 No = 3,600/T α (회수/시간) - 식 (1.3)

1.2 QU \gg Q α t 때의 안정 조절 과정 ---이 경우는 모든 펌프들이 모두 최고 효율로 운전하는 과정으로 두가지 상태로 설명 하겠습니다.

1) 급수 사용 수량 QU를 점차 증가 시키는 과정

급수사용자가 (A/AM) 비를 서서히 증가 시킬때 급수관 총저항 특성은 공식 (1.1) 에 의하여 Z α t \rightarrow Zm로하강 이과정에서 B α 펌프의 동작점은 Q-H 특성 곡선 No 를 따라 $\beta \rightarrow k \rightarrow a$ 로 변하고 이때 양정이 HK 로 되어 DY 압력계는 기동 신호 S β k 를 펌프에 보내어 펌프 B1 을 기동 시키고 전자변 DF-1 이 열리게한다. 그리고 B1의 동작점은 Z α k 곡선을 따라 급속히 β 점에 달하는데 이때의 양정이 H β 보다 낮아 안정 운전 상태로 써 계속 n 곡선을 따라 $\beta \rightarrow j \rightarrow b$ 로 변하고 이때 펌프 B2 가 기동 되어지고 $\beta \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow c$ 점으로 변하고 이때 또 펌프 B3 를 기동 시켜 c-x-m 으로 변하며 이때 세펌프의 급수량은 Qm=3 Q α k 이다.

2) QU 가 차츰 적어지는 과정

만약 QU = Qm 상태에서 급수 사용자가 급수전을 짐차 잠그면 (A/AM) 가 감소 되어 급수관 총저항 특성은 Zm-Z0t 로 향상되며 세대의 펌프 동작 점은 3n 곡선을 따라 M--X--d 로 변하며 d 점에서 양정은 Ht 이다. 그러므로 DY 압력계는 작동신호 Sd 를 보내어 펌프 B3 을 작동 시킨다. 나머지 2 대의 펌프 동작점은 Z3t 곡선을 따라 l 점에 도달하나 그양정은 Hk 보다 높기에 안정 운전 상태로서 계속 2n 곡선을 따라 l--k--z 로 변하며 z 점에서 펌프 B2 를 정지시키고 나머지 한대의 펌프는 e--j--i--f 로 변하며 f 점에서 펌프 B1 이 작동된다. 그러면 B0 펌프가 기동하며 B0 펌프는 No 곡선을 따라 f--h--g 에 달하며 펌프 B0 는 작동한다. 상술(上述)한 QU ≤ Q0t 조절 과정이 반복 되어 진다.

2. MINI PC 를 사용한 자동 제어 시스템.

위에서 본바와 같이 BYG 급수기 유량은 펌프 절유 조절 원리(節流調節原理)로 자동조절 되니 전로 시스템(ELECTRIC SYSTEM)의 사명은 DY 압력계의起動, 制動 신호에 의하여 Hk 양정때 펌프 모터들을 순서대로 起動하며, Ht 때는 반대 순서로 펌프 모터를 制動 시키며 세개의 電磁 발브를 즉시 개폐시킨다. 이 사명엔 매우 복잡한 시설인 生活, 消防兼用 大馬力給水機도 그 제어 지령(制御指令)이 200 가지를 넘지않아, 신뢰성이 높고 수리도 필요 없는 소형 PC 제어기(PROGRAMMABLE CONTROLLERS)가 제일 적합함은 의문 할바 없습니다. 그러므로 BYG 급수기들은 90년대 초기 OMRON 회사의 SP 10, SP 16, SP20 등 MINI PC 를 사용 하였는데 이것을 중심으로한 전로(電路), 수로(水路) 및 기로(氣路)의 ON-OFF 량 脈쇄 싸이클은 그림 4 와 같음.

그림4 : BYGIV 형 급수기의 脈쇄 싸이클

Sk Sd 신호 이하 교류 접점기 (AC CONTACTOR) CJx 이상 부분 모두는 Pc 내의 제어 과정인데, N ≠ 0 부호를 계산하여 그이상은 PC 의 신호 처리 부분이고 그이하는 Pc 내의 자동 제어 통로(通路)로서 DY 압력계가 한번 Sk 신호를 보내면 Ji 로, Sd 신호 한번은 K=1 로 기록 하여 (N) = Σ Ji - Σ K 식의 수학 모델로 제어 통로를 선택한다.

3. 자동 제어 시스템에 관련된 몇가지 문제

3.1 전기 접점 압력계의 상하 제어 압력 문제

이것은 에너지 소비량에 관련된 문제로서, 용수량 QU = 0-Qm 조절 범위 BYG IV 급수기가 소비한일(WORK)은 양정 Hk 로 항압 급수(恒壓給水)때의 일(WORK ; 구형 면적 Hk QM 에 비례됨) 보다 Hk→Ht→g→h→f→j→e→l→d→m→Hk 로 이루어진 면적만큼 더 소비하였으니 가능한한 제어 양정차

ΔHk = Ht - Hk 를 적게해야 에너지를 줄일수 있다.

그러나 Ht 를 Ht' 로 하강 시켜 ΔHk가 너무 적어지면 Z0k 곡선위의 a와 b 점 사이에서 펌프 B1 는 계속 起動/ 制動 즉 급속 맥동 상태로서 안정 될수 없고 Zk 곡선 위의 b와 k 시간 사이의 B2 펌프도 같은 상태에 처해 버린다. 이렇게 되면 에너지만 많이 소비될뿐만 아니라 심지어 모터(MOTOR)가 타버릴 우려가있어, 제어 양정을 좀높이 하여 Ht 로 한다. 이런 경우에도 Zt와 Z2t 곡선상의 작동점 f와 e는 각각 그아래 기동점(起動點) a와 b의 우측(右側)에 놓여 ΔQ0 = Q0t - Q0k 와 ΔQ1 =

2Q0t - Qk 사이에서는 발브(7)을 어떻게 조절하든 급수 유량을 얻을수 없습니다. 이런 현상을 유량 실조(流量失調)라 하는데 급속 맥동과 이유량 실조 문제를 해결하려면 보조 펌프와 주력 펌프 유량비를 아래의 (3.1) 식을 충족 시켜야한다.

$$Q_{0k} / Q_k \leq \beta_1 \text{ ----- 식 (3.1)}$$

주력펌프의 작동 / 기동 유량비는

$$\beta_1 = \frac{Q_{0t}}{Q_k} \leq \frac{m-1}{m} \text{ ----- 식 (3.2)}$$

식중 M - 펌프 병렬 대수

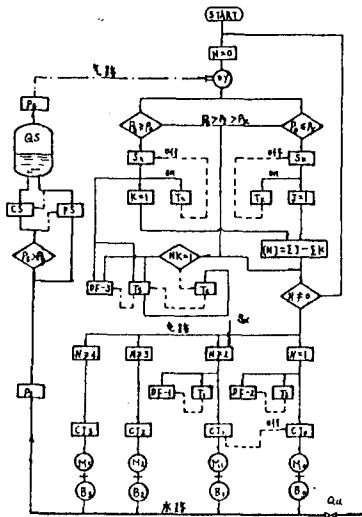
이 유량비를 근거하여 펌프의 H-Q 특성에서 Hk, Hk 양정을 찾는다. 이양정에 의거 DY 압력계의 상, 하 제어 압력은

$$P_k = 0.01 (H_k - H_i - \Delta H_1 - \Delta H_2) \text{ MPA-식 (2.3)}$$

$$P_t = 0.01 (H_t - H_i) \text{ MPA-식 (3.4)}$$

식중 Hi - 펌프 흡수 고도, ΔH1 - Qk 유량때 흡수관 저항 손실, ΔH2 - Qk 유량때 펌프에서 급수관 3 까지의 저항 손실,

IS 펌프의 H - Q 특성들을 보면 β1 = 0.5 인때



$\Delta H_k = 4-13 \text{ M}$ 그러므로 IS 펌플을 사용하면 펌프 토출압 파동을 $\Delta P \approx 0.02 \sim \pm 0.07 \text{ MPA}$ 로 제한하여 급속 맥동과 유량 실조가 없는 "준항압 (準恒圧)" 節能給水를 실현 시킬수 있다.

3.2 : QS 탱크 소형 화와 SKX 발브 제어 문제.

$QU \leq Q_{ot}$ 조절시, 기존의 기압식 급수 설비들은 QS 탱크 용적 V_{qs} 를 ΔH_k 에 반비례로 확대해야만 B_0 펌프의 맥동횟수 N_0 를 제한 시킬수 있었다.

그러나 충수관이 단 하나인 QS 탱크는 충수 유량을 節流시켜 충수 시간 T_c 를 연장 하면 작은 V_{qs} 로도 맥동 횟수 N_0 를 증가 시키지 않아도 된다. 그러므로 BYG 급수기는 그림 1 처럼 QS 탱크 밑의 배수 관엔 체크 발브 (CHECK VALVE) 9를 설치 하여 충수를 방지하고, 탱크위의 충수관엔 수력 절유 (水力節流) 발브 SKX 를 부착 하여 그림 3 과 같은 마이너스 펄스 (MINUS PULSE) 과정을 시험 함으로서 QS 탱크를 소형화 시켰다. 이때 충수 지연시간 T_c 를 보장하는 SKX 발브의 오리피스 (ORIFICE) 면적은

$$A_0 \leq 0.3386 \frac{H_t - H_k}{10 + H_t} \cdot \frac{\alpha_k N_0}{\rho} V_{qs} \quad (M2) \quad \text{---식(3.5)}$$

식중 $\alpha_k = V_k/V_{qs}$ - QS 탱크의 기체 용적비 0.65-0.75

ρ - SKX 발브의 오리피스 유량 계수

그러므로 $N_0 = \text{CONST}$ 일때 A_0 를 감소 시키면 V_{qs} 는 얼마든지 축소 시킬수 있습니다. 이오리피스 절유 과정은 PC 의 N=1 通路에 電氣가 통하여 전자 변 DF-2 가 T2 초간 열릴때 부터 시작된다. 이때부터 SKX 발브의 수력 제어구 (水力制御口) S 의 물은 回水管 14 를 거쳐 모두 배수 (排水) 되니 SKX 발브면이 닫혀 그중심의 오리피스만 절유 된다. 그러나 이때 QS 탱크 기압 P_g 는 급수관 수압 P_s 의 하강 속도 ($DP_s/Dt < 0$) 엔 민감 (敏感度) 하지만 그상승 속도 ($DP_s/Dt > 0$) 엔 민감하지 않으므로 Zok 국선에서 펌프 B_0 가 B_1 으로 전환 될 때 전체 주펌프들이 모두 기동되어 저효율 운전 현상이 쉽게 발생 하기엔 PC 는 다시 N=3 通路에 전기가 通하게 하여 M_0 제동, M_1 모터를 기동 시키고 전자 변 DF-1 을 T1 초간 열여 (OPEN) 수력 제어구 (水力制御口) S 에 壓力水 를 채운다. 이때부터 SKX 발브가 한번 열려 절유 과정이 없어진다. PC 의 타이머 (TIMER) 로 제어된 T1 과 T2 는 시간이 너무 길면 전자 변 수명이 짧아 지므로 $T_1 = T_2 \approx 5 - 10$ 초 정도로 설정한다.

3-3, SBQ 발브의 공기 보충 방안과 DF-3 의 제어 문제.

일반적으로 흡입 발브 (FOOT VALVE) 의 밀봉 기능 불량으로 발생되는 펌프 공회전 현상을 없애기 위하여, BYG 급수기의 각각의 흡수관에 완전히 밀봉 기능 갖는 흡입변 (FOOT VALVE) GD 를 부착시켜, 펌프 작동 기간동안 흡수관의 물이 빠져 나가지 못하도록 하고, 충수 가압 상태를 유지 되도록 하였기에 QS 탱크의 공기 보충 방안을 (BQ 탱크)+(SBQ 발브) + (DF-3 전자 변) \approx (소형 공기 압축기) 방식으로 하여 QS 탱크를 더욱 通用化 하였다. 수력 보기 발브 SBQ 는 그림 1 에서 보는 바와 같이 전자 변 DF-3 이 T3 초간 열려 수력 제어구 S 의 물을 배출 시키면 먼저 수입구 (水入口) A 를 닫고 그후 B 와 C 구 를 연통 (連通) 시킨다. 그리고 보기 탱크 BQ 의 물은 BQ \rightarrow B 구 (B口) \rightarrow C 구 \rightarrow 회수관 14 를 거쳐 배수되니 이때 外界의 공기는 흡기 변 (AIR CHECK VALVE) 12 를 열고 BQ 탱크에 흡입된다. 이과정은 반듯이 $QU \leq Q_{ot}$ 마이너스 펄스 (MINUS PULSE) 때의 배수시간 T_p 로 끝내야한다.

$$T_p = \frac{\alpha_k}{K} \cdot \frac{H_t - H_k}{10 + H_t} \cdot \frac{V_{qs}}{Q_{ot}} \quad (S) \quad \text{---식 (3.6)}$$

$$k = 2/3 \cdot \frac{H_t - H_j}{H_t - H_k} \left(1 - \left(\frac{H_t - H_j}{H_t - H_k} \right) \right) 1.5 \quad \text{--- 식 (3.7)}$$

식중 $Q_{ot} - H_t$ 양정때 펌프 B_0 의 제동 유량 (M^3/S) 이때 BQ 탱크의 배수흡기 용적은

$$V_g \leq \rho \cdot AP \cdot \sqrt{2G \Delta H_B} \cdot T_p \quad (M3) \quad \text{--- 식 (3.8)}$$

식중 ρ - SBQ 발브의 유량 계수

AP - SBQ 발브의 유통 면적

ΔH_B - BQ 탱크의 배수고도, 보통 ΔV_g 는 매우 적음. T3 초 이후 DF-3 이 닫혀 수력 제어구 S 가 밀봉되면 SBQ 발브는 먼저 C 구를 닫고 그후 A 와 B 구를 連動 시키니 압력수 (壓力水) 는 A 구 \rightarrow B 구 \rightarrow BQ 에서 공기를 압축 한후 \rightarrow 체크발브 13 \rightarrow SK X 발브 --QS 탱크에 주입되어 공기를 한번 보충함. 생활용 급수기는 $QU \leq Q_{ot}$ 조절 기회가 너무 적어 $QU \leq Q_{ot}$ 때만 공기를 보충 하면 공기 부족 현상이 발생되어 QS 탱크 수위가 점차 높아진다. 그리하여 PC 는 그신호 처리 부분에 1) 신호 처리때마다 제동 신호 S_t 가 신호 되도록 하여 DF-3 에 T3 초간 점전시켜 $QU \leq Q_{ot}$ 때만 아니라 $QU > Q_{ot}$ 때도 공기를 보충토록 하였으며 2) 그래도 부족되면 (정전시동) 개폐기 (FACE CONTACTER) 를 닫아 (즉 $NK=1$) 매 T4 초에 한번씩 DF-3 를 T3 초간 열리게 하여 계속 공기 보충이 이루어져 공기 부족 현상이 없도록 하였다. 이경우 PC 의 타이머는 $T_3 = T_4 \leq T_p$ 초가 되도록 설정 하여야 한다.

3-4. 消防 과 긴급호 처리문제.

BYG 급수기를 소방에 사용 할때 소방 신호 SX 는 직접 $N \geq 2$ 通路 에 投入시켜 수신 M₁ 모터를 기동시킨후 소방 용수 유량에 따라 기타 펌프들을 계속 기동 시키게 했는데 소방 경보때는 생활 용수 정황과 좀 달리 소화 발브가 긴급 작동함과 동시에 SX 신호가 보내어 지므로 급수관 총저항 특성은 모터 M₁ 이 채 기동 되기전에 그림 2 의 N₀ 곡선을 따라 Z_{0k} 에서 Z_{2k} 까지 급속히 하강 한다. 이때 압력은 P₀ < P_k << P_k 로 되어 DY 압력계에 기동 신호 SK 를 보내는데 시간이 길어진다. 이때문에 M₁ 이외의 모터 들은 긴급 기동 되기는 어렵다. 화재 발생시의 이런 문제를 해결 하고져 PC 의 신호 처리 부분엔 긴 SK 신호를 내 T_k 초에 한번씩 절단시켜 J=1 수입차수를 향상하는 조치로서 (N) = Σ J - Σ K 通路 호수를 빨리 증가시켜 전체 소방 펌프들을 즉시 기동하게 했습니다. 이때 PC 타이머는 $T_k \leq (T_x - \Delta T) / M$ (S) 식 (3.0)

식중 T_x - 소방 펌프 총 기동 시간, 약 30 초
 ΔT - 주펌프의 최초 기동 시간 (S), 이외 소화 발브가 급속히 달려 제동 신호 ST 가 길어지는 경우도 PC 는 같은 조치를 취했으나 이때는 중요하지 않으므로 T_k 타이머는 대략 T_k = 5 - 10 초로 설정하였다.

4. BYG-1V S - 90 X 45 형 급수기의 실험 결과
 이급수기의 파라메타 (PARAMETER) 는 아래와 같다.

- 1) 보조펌프 B₀ 규격 : ISSO-32-200 Q_{0k} = 15 M³/H
- 2) 세대 주펌프 규격 : IS65-40-200, Q_k = 30 M³/H
- 3) 기압급수 탱크 용적: V₀₅ = 0.5 M³, α_k = 0.70
- 4) DY₀ 의 제어압력 : P_{0k} = 0.45 MPA, P_{0t} = 0.52 MPA
- 5) DY 의 " : P_k = 0.44 MPA, P_t = 0.53 MPA
- 6) PC 제어 기기 규격: MINI PC 20 OMRON

(실험 결과)

NO.	내 용	부호	단위	요구수	정수	주기
1.	B ₀ 펌프 유량	Q _{0t}	M ³ /H	≤ 7.5	5.1	
2.	충수 시간 "	T _c	MIN	≥ 5	9.25	마이너스
3.	임펄스 배수시간	T _p	S	≥ 10	13	지연조정
4.	B ₀ 펌프맥동횟수	N ₀	회/시간	≤ 12	6.4	
5.	SBQ 발브배수량	ΔV ₀	ℓ	≥ 5	5.7	
6.	기동/제동 B ₁ 후 압력	P ₅₁	MPA	P _t > P ₅ > P _k	0.52/0.45	
7.	기동/제동 B ₂ 후 압력	P ₅₂	MPA	상동	0.50/0.47	
8.	기동/제동 B ₃ 후 "	P ₅₃	MPA	상동	0.48/0.48	
9.	P _k 때 최대유량	Q _m	M ³ /H	≥ 80	84	
10.	주펌프 급속 맥동	-	-	0	0	
11.	Q = 0 공전 현상	-	-	0	0	

실제 측정수 : H₁ = 1M, ΔH₁ = 2M, ΔH₂ = 1M,

그러므로 H_k = 100R₀ + H₁ + ΔH₁ + ΔH₂ = 100 X 0.44 + 1 + 2 + 1 =

48 M

$$H_k = 100R_0 + H_1 = 100 \times 0.53 + 1 = 54 \text{ M}$$

RH

고로 펌프 출구의 급수 압력 변화 범위 :

$$\Delta P = \pm (H_t - H_k) / 200 = \pm (54 - 48) / 200 = \pm 0.03 \text{ MPA},$$

또한 긴급 맥동, 펌프 공전, 유량 실조 등 현상이 없었음.

맺는말

BYG 급수기는 본문작성자의 새로운 설계 이론과 수력 발브 특허 기술로 제작되어, 기본상 소형 (小型) 통용 (通用), 에너지 절약 (ENERGY SAVING), 신뢰 (信頼) 경제성 (經濟性) 등의 目標 를 達成 시키므로 모든 유량 범위 내에서 기존의 기압식, 인버터 방식 등의 급수 장치 성능을 능가하여 급수 장치 분야에서는 단연코 선두의 기술임을 자부 합니다. 또한 MINI PC 를 중심으로한 電路, 水路, 氣路 의 壓差 싸이클 제어 방안 은 電路 의 신뢰성 만이 아니라 급수기의 기능을 다양화 시켰으며, 급수기의 원가 절감을 기할수 있을것 입니다. 그리고 기개의 RELAY - OPERATE 방식 의 많은 기계에도 보급 될수 있을 것으로 확신 합니다.

참고 문헌

- [1] 機械工程 手冊 編輯委員會, 《機械工程手冊》 第二卷, 基礎理論, 機械工業出版社, 1984.2.
- [2] 核工業部 第二研究院 主編, 《給水排水設計手冊》 第二冊, 中國建築工業出版社, 1986.12.
- [3] 中華人民共和國 公安部 發布, 《消防泵, 給水設備的性能要求及試驗方法》 GA30-92, 92.4.4.