

수력발전소 및 수처리 공정 제어 (자동제어를 중심으로)

김 영 규*, 백 두 현**

(*한국수자원공사 수자원연구소책임연구원, ** 동 연구소 선임연구원)

1. 서 론

1973년 소양강댐 발전소를 시작으로 현재 수자원공사에서 운영관리하고 있는 댐발전소는 안동, 대청, 충주, 합천, 주암, 임하이며 남강과 용담은 현재 개보수 또는 건설중이다. 상기 댐들은 홍수피해저감, 원수(原水)공급과 수력발전 및 관광 등의 목적으로 활용되고 있으며 홍수기중 긴박한 경우 여수문(餘水門)을 통한 방류이외는 모두 수차발전기를

통한 발전방류를 실시하고 있다.

한편 댐·하천 등의 취수원으로 부터 취수와 도수-정수-송수-배수 과정을 거쳐 지방자치단체로 공급하며 수도권을 비롯하여 울산, 금강, 대청, 창원, 여천, 섬진강, 구미, 포항, 거제, 남강, 일산, 운문댐, 대불, 군산, 주암 수도사무소가 있고, 보령댐, 수도권(5단계), 아산용수는현재 건설중이다.

한국수자원공사에서는 수력발전에 의한 청정에너지(clean energy)와 맑고 풍부한 물을 공급하기 위하여 정성을 다하고 있으며 이에 필요한 수력발전 및 수처리 자동제어가 마

표 1. 다목적댐 현황

| 구분 | 수계 댐 | 단위 | 한강 | | 낙동강 | | | | 금강 | 섬진강 | | | 비고 | |
|-----------|---|----|-------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-----|-----------------|--------|-------|------------------|-----------------------|
| | | | 소양강 | 충주 | 안동 | 임하 | 합천 | 남강 | 하구둑 | 대청 | 섬진강 | 주암(본) | | 주암(조) |
| 총저수 용량 | 10 ⁶ m ³ | | 2,900 | 2,750 | 1,248 | 595 | 790 | 190 | - | 1,490 | 466 | 457 | 250 | 158(안동 댐양수 포함시) |
| 유효 저수용량 | 10 ⁶ m ³ | | 1,900 | 1,789 | 1,000 | 424 | 560 | 109 | - | 790 | 347 | 352 | 210 | |
| 홍수 조절 용량 | 10 ⁶ m ³ | | 500 | 616 | 110 | 80 | 80 | 96 | - | 250 | 32 | 60 | 20 | |
| 사수 용량 | 10 ⁶ m ³ | | 700 | 596 | 240 | 124 | 150 | 28 | - | 450 | 87 | 45 | 20 | |
| 비상용수 공급량 | 10 ⁶ m ³ | | 400 | 496 | 122 | 84 | 130 | 25 | - | 270 | 78 | 40 | 8 | |
| 공급 불가능 용량 | 10 ⁶ m ³ | | 300 | 100 | 118 | 40 | 20 | 3 | - | 180 | 9 | 5 | 12 | |
| 발원지-하구 | km | | 368 | 467 | 512 | 462.5 | 227 | 266 | - | 401 | 226 | 188 | | |
| 발원지-댐 | km | | 166 | 250 | 172 | 97.5 | 63 | 102 | - | 251 | 87 | 99 | | |
| 저수지 길이 | km | | 65.8 | 82.5 | 43.5 | | 30 | 18 | - | 80 | 35.8 | | | |
| <발전> | | | | | | | | | | | | | | |
| 발전시설용량 | 만kW | | 20.00 | 41.20 | 9.00 | 5.00 | 10.12 | 1.26 | - | 9.00 | 3.48 | - | 2.25 | 158(안동 댐양수 포함시) |
| 연간 발전량 | Gwh | | 353 | 844.1 | 89 | 78.7 | 232.4 | 43 | - | 240196 | 174 | - | 731845.32 | |
| 정격낙차 | m | | 90.00 | 57.50 | 57.00 | 48.4 | 95.00 | 15.00 | - | 38.70 | 151.70 | - | 69.20 | |
| 정격사용량 | CMS/대 | | 13.0 | 197.0 | 80.5 | 61.0 | 59.5 | 52.5 | - | 132.0 | | - | 18.6 | |
| <조정지댐> | | | | | | | | | | | | | | |
| 정상 표고 | EL.m | | | 70.00 | 101.50 | 107.00 | 66.00 | | | 43.5 | | | 28.00 | *는배사문 일류부표고 |
| 길이 | m | | | 480.70 | 218.00 | 320.00 | 275.50 | | | 234.00 | | | 107.00 | |
| 계획홍수위 | EL.m (10 ⁶ m ³) | | | 67.30 (-) | 98.80 (5.54) | 106.20 (-) | 65.50 (-) | | | 35.10 (8.46) | | | 24.30 (0.687) | |
| 상시만수위 | EL.m (10 ⁶ m ³) | | | 65.10 (29.2) | 98.00 (4.77) | 103.10 (3.34) | 57.5 (1.76) | | | 30.00 (4.13) | | | 23.50 (0.564) | |
| 저수위 | EL.m (10 ⁶ m ³) | | | 63.50 (19.8) | 95.00 (2.18) | 101.30 (1.67) | 52.50 (0.32) | | | 25.00 (0.33) | | | 18.50 (0.103) | |
| 일류부 표고 | EL.m | | | 58.00 | 91.50 | 97.00 | 52.00 | | | 24.40 | | | 18.50 | |
| 유효 저수량 | (10 ⁶ m ³) | | | 17 | 3 | *96.00 | *49.00 | | | 3.8 | | | 0.575 | |

표 2. 정수장 현황

(단위 : 천톤/일)

| 지 구 | 시 설 명 | 용 량 | 침전지 | | 배출수 처리 방법 | 여과지수 |
|-----|-------|-------|-----|-------|-----------|------|
| | | | 지 수 | 수 집 기 | | |
| 계 | 21 | 3,686 | 99 | 93 | | 174 |
| 수도권 | 와 부 | 215 | 3 | - | 저류식 | 12 |
| | 성 남 | 786 | 8 | - | 저류식 | 20 |
| | 반 월 | 190 | 4 | 8 | 기계식 | 14 |
| 울 산 | 시 흥 | 258 | 8 | 8 | 기계식 | 8 |
| | 온 산 | 341 | 10 | 20 | - | - |
| | 남 수 | 240 | 6 | - | - | - |
| 여 천 | 창 원 | 120 | 4 | 4 | 기계식 | 10 |
| | 대 청 | 250 | 8 | 8 | 건조상 | 24 |
| | 대 덕 | 20 | 2 | 2 | 기계식 | 4 |
| 거 제 | 구 천 | 20 | 2 | 2 | 기계식 | 4 |
| | 연 초 | 16 | 4 | 4 | 건조상 | 4 |
| | 구 미 | 200 | 4 | 2 | 저류식 | 10 |
| 금 강 | 석 성 | 300 | 8 | 8 | 기계식 | 24 |
| | 황 지 | 70 | 4 | 2 | 기계식 | 8 |
| | 사 천 | 75 | 4 | 4 | 저류식 | 6 |
| 남 강 | 일 산 | 150 | 4 | 4 | 기계식 | 6 |
| | 삼 진 강 | 75 | 6 | 6 | 저류식 | 10 |
| | 운 문 댐 | 40 | 3 | 3 | 기계식 | - |
| 대 불 | 대 불 | 115 | 2 | 2 | 기계식 | - |
| | 주 암 | 75 | 3 | 3 | 기계식 | 5 |
| | 군 산 | 130 | 2 | 2 | 기계식 | - |

치 전력계통 운용이론과 유사하여 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 수력발전

수력발전은 단순히 제어실(Control Room)의 master switch 로써 운전만 하면 되는 것이 아니라 홍수시에는 그림 1과 같이 기상, 강우, 저수지 모의운영, 하도추적, 수문조작 및 방류 등의 과정을 거쳐 수력발전에 이르게 되며 정상적인

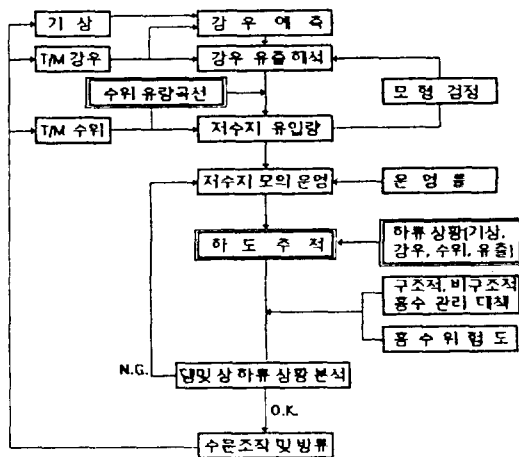


그림 1. 다목적댐 홍수조절 흐름도

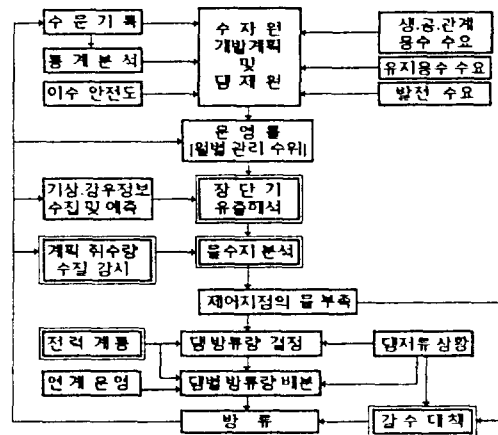


그림 2. 다목적댐 이수관리 흐름도

이수관리(利水管理)시에는 그림 2와 같이 수자원 개발계획 및 댐제원, 운영플, 장단기 유출해석, 물수지 분석, 댐 방류량 결정등의 과정을 거쳐 발전하게 된다.

발전은 정상기동, 정지(normal start-stop), 비상정지(emergency stop), 급정지(quick stop), 무부하, 무여자(no load, no exciting), 전력선 충전(line charge)의 공정이 있으나 정상 기동, 정지에 대해서만 언급코져 한다.

정상기동은 각종 공기압, 유압, 수차, 발전기, 변압기, 차단기 설비에 대하여 모두 정상조건인기를 시퀀스적으로 배선된(hard wired) 제어선로에 의하여 확인한후, master

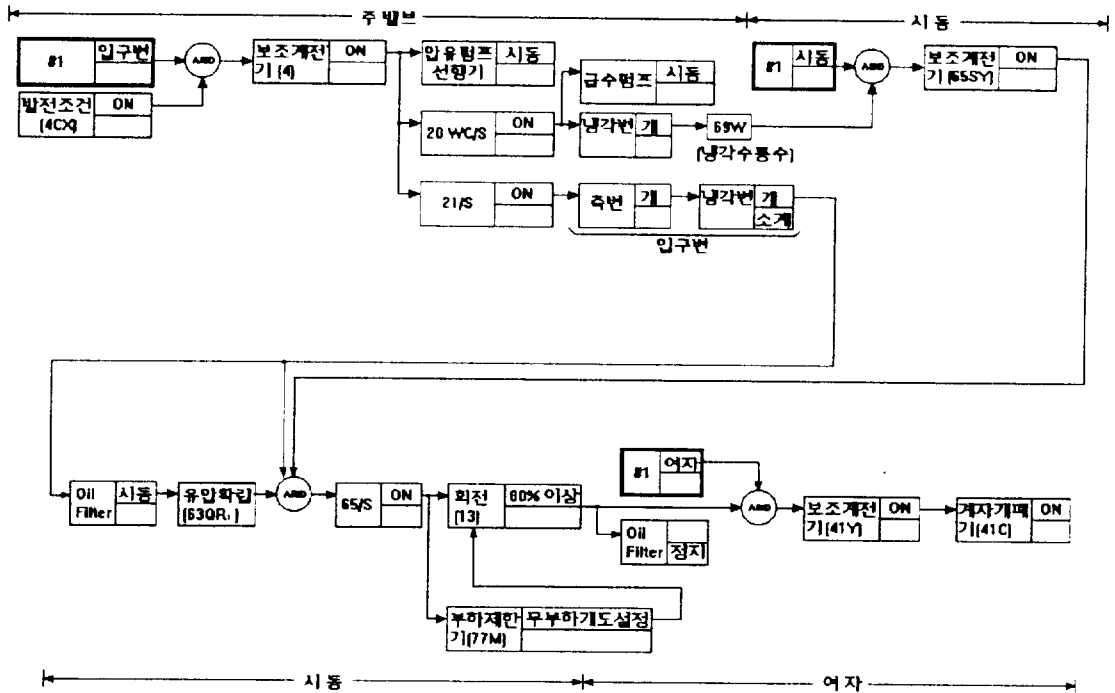


그림 3. 발전운전 시퀀스 블록도(a)

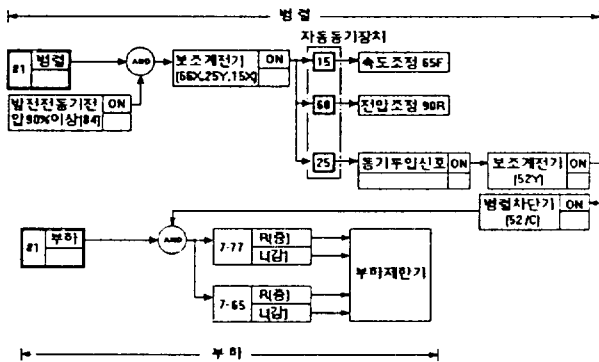


그림 4. 발전운전 시퀀스 블록도(b)

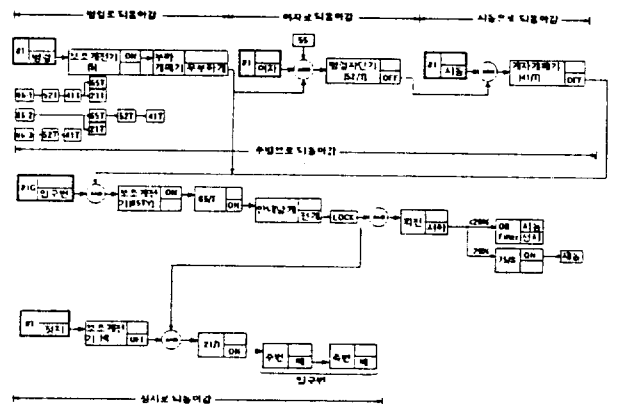


그림 5. 발전운전 시퀀스 블록도(c)

switch(No.1)로써 그림 3. 그림 4. 정상 기동순서와 같이 시동-여자-병렬-부하의 순서로 수행된다.

정상 정지는 거의 역순으로서 병렬(부하제감)-여자-시동-정지의 순서로 수행된다.

상기 조작에 따른 각종 설비에 대한 감시, 제어, 조작, 기록 등을 제어반(control desk), 계기반(meter panel), data logger를 통하여 수행해 오고 있으나 수력발전 제어를 포함한 종합적인 제어시스템으로서 충주발전소를 시범적으로 다음과 같이 수행코져 한다.

2.1.1 목 적

건설당시부터 기술분야(댐관리, 수력발전, 전자통신)별로

제각각 설치 운용되고 있는 기존 설비들에 대하여 통합적인 자료취득, 감시 제어시스템을 구축하여

- 설비의 실시간(real time) 운용 및 최적제어
 - 통일된 DB관리
 - 본사 등 외부와의 통신연계
 - 타 사무소에 대한 모델제시
- 등을 구현코져 한다.

2.1.2 기 능

2.1.2.1. 댐관리

- 일반기능 : 실시간 자료취득 DB저장, 그래픽 표시, 다

CHUNGJU IDAC SYSTEM

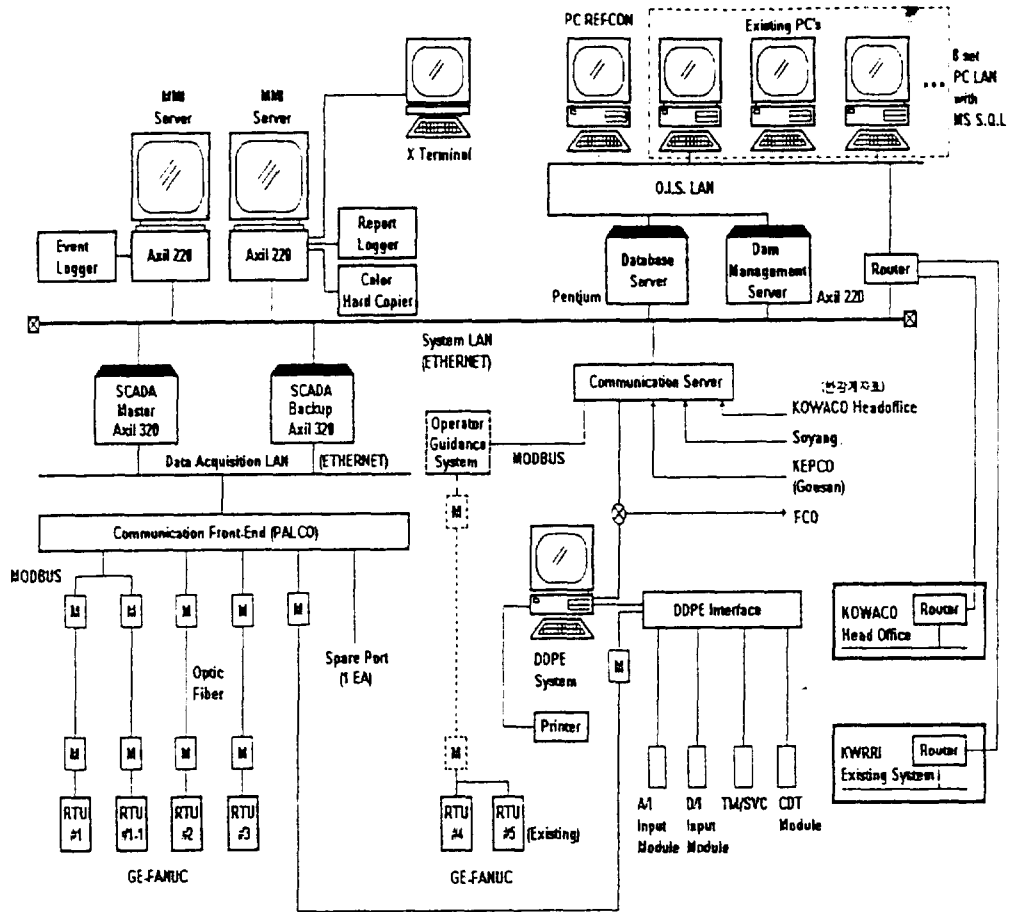


그림 6. 충주댐 자료취득 및 제어시스템 구성도

중매체를 이용한 자료관리 및 검색

- 응용기능 : 수문자료 분석(防災業務 등)
 - 수문조작 결정, 저수지 운영모의 의사결정 지원용 프로그램
 - 중장기 저수지 운용계획 (hydro scheduling)

- 한전 피산수력 : 출력, 수위(저수지, 방수로), 유입량, 발전사용수량, 방류량, 강우량
- 한강 홍수통제소 : 댐수위, 저수용량, 총유입량, 총방류량, 발전방류량, 수문방류량, 발전기 출력, 총발전량
- 소양강댐 : 수위, 우량, 유입량, 방류량, 발전량, 한전 5개댐(화천, 춘천, 의암, 청평, 팔당)의 저수위, 유입량, 방류량

2.1.2.2. 발전전 관리

- 운전상태 분석 : 출력/효율별 발전시간 통계, 출력/효율 추이, 수위별 발전가능량 산출, 사용수량에 따른 발전량 예측, 예측수위 산출, 사용수량에 따른 출력대별 발전지속시간 예측, 고장기록
- 발전기 효율분석 : 호기별 발전량 및 사용수량을 산출하여 최적 효율곡선에 따라 운전
- 자동조작/복구 : 소내 전원 정전시
- 운전실적 보고 : 일, 주, 월, 연, 특별

2.1.3. H/W 및 S/W

2.1.3.1. H/W

상기 기능을 수행키 위한 H/W적 구성도 (configuration)는 그림 6과 같다.

2.1.3.2. S/W

- OS : UNIX
- DB : MS SQL
- SCADA : RESY - USS (독일 Repas사)
- MMI : GUI

2.1.2.3. 통신연계

- 본사

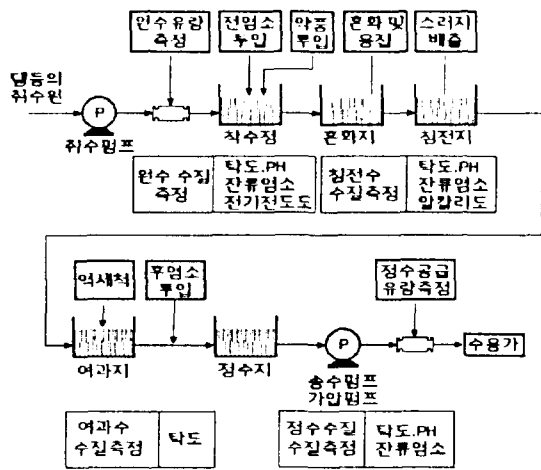


그림 7. 수처리 계통

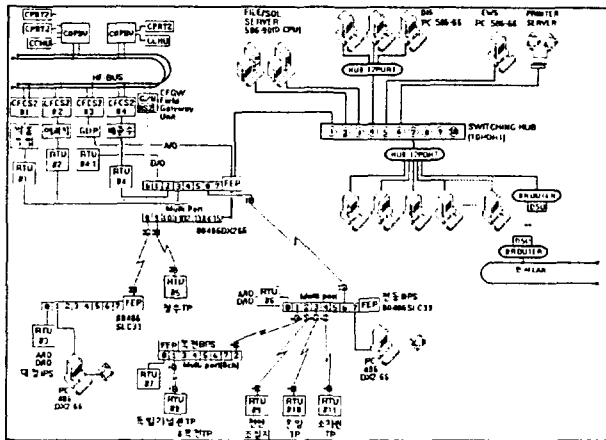


그림 8. 대청수도 자료취득 및 제어시스템 구성도

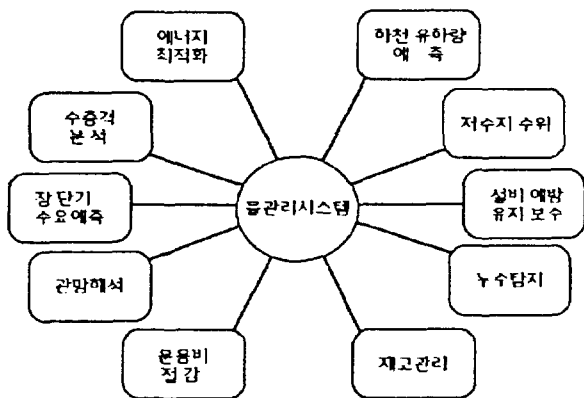


그림 9. 물관리시스템 기능도

2.2. 수처리 공정

상수도 처리공정은 그림 7과 같이 취수와 도수, 정수와 송배수 공정으로 대별되며, 수자원공사에서는 표 2의 사무소중 수도권, 대청, 금강, 태백, 일산, 주암, 군산, 대불 등이

최신 컴퓨터 및 분산 제어시스템(distributed control system)과 원격감시 제어시스템(supervisory control and data acquisition system)을 활용하여 수처리 공정의 감시제어, 경제적인 운영, 조사분석을 위한 자료수집, 성력화, 수질의 관리 등을 하고 있으며 종합적인 수처리공정 제어시스템으로서 대청수도를 시범적으로 다음과 같이 수행 코져 한다.

2.2.1. 목적

기존 외국으로부터 도입된 계장제어시스템의 운영상 문제점을 보완하고 우리 자체의 자료 취득 및 제어 시스템을 구축하여

- 설비 운용방법 개선
- 각종 의사결정 지원
- 경영성과 제고
- 타 사무소에 대한 모델제시

등을 구현코져 한다.

2.2.2. 기능

2.2.2.1. 의사결정 지원을 위한 기능

- 수요예측
- 조절지 시물레이션
- 관망(管網) 시물레이션

2.2.2.2. 감시제어를 위한 기능

- 표시 : 전체, 그룹
- 추이 : group 리얼타임, group historical trend
- 감시 : 아날로그, 경보

2.2.2.3. 통신 연계

- 본사

2.2.3. H/W 및 S/W

2.2.3.1. H/W

상기 기능을 수행하기 위한 H/W적 구성도(configuration)는 그림 8과 같다.

2.2.3.2. S/W

- OS : WINDOWS NT SERVER 3.5, WINDOWS NT WORKSTATION 3.5
- DB : Microsoft SQL
- SCADA : PCMS (중앙소프트웨어), PLANT VIEW (한국 디지털콘트롤)
- MMI : WINDOWS NT-용 GUI

3. 결 론

다목적댐 및 수도사무소의 종합적인 기능은 그림 9와 같다 할 수 있다.

상기 기능을 최적으로 수행하기 위한 계측제어 시스템으로서 현재까지는 소위 분산제어시스템(DCS)과 원격감시제어시스템(SCADA)를 부분적으로 사용하고 있으나 공사 자체기술이 아닌 외국의 기술회사 또는 외부 기술진에 의지해오고 있다.

연구소에서는 1990년부터 자체적으로 이러한 시스템에 대한 현장조사부터 시스템 설계를 거쳐 1996년 상반기가

되면 충주댐과 대청수도에 종합 자료취득 및 제어시스템(Integrated Data Acquisition and Control System)이 시범적으로 구축될 예정이다.

위 시스템이 구축되면 종합적인 물관리 시스템의 기초가 다져지게 되어 홍수피해 저감, 최적의 저수지운영, 깨끗하고 넉넉한 물 공급 기능이 훨씬 향상될 것으로 기대된다.

저 자 소 개



김영규(金榮奎)

1949년 5월 25일생. 1977년 2월 숭실대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 10월 - 91년 11월 Voest Alpine(주) 연수. 1994년 12월 호주 엘프로(주) 연수. 1977년 2월 - 현재 한국수자원공사 수자원연구소 책임연구원



백두현(白斗鉉)

1953년 2월 15일생. 1980년 2월 명지대 공대 전기공학과 졸업. 1985년 10월 - 12월 일본 후지전기(주)연수. 1991년 - 1992년 미국 애리조나 주립대 연수. 1980년 3월 - 현재 한국수자원공사 수자원연구소(자동화 연구부) 선임연구원.