

소수력 발전소의 무인화 구축 설계

이 경 배*, 김 영 태*, 백 두 현*, 이 은 웅**
한국수자원공사*, 충남대학교**

The Remote Control System Design of Small Hydropower Plants

Gyeong-Bae Lee*, Young-Tae Kim*, Doo-Hyun Paik*, Eun-Woong Lee**
Korea Water Resources Corporation*, Chungnam National University**

Abstract-The developments of small hydropower plants in Korea have been delayed by rising construction cost/low feasibility, local people's disagreement even though the capacity of water resources are enough. However, the recent raising of electricity purchasing price, the government's enlarging plan of small hydropower plants caused the newly development to be accelerated. In this paper, the design of remote control of small hydro power plants are proposed for better economy and easy control. The operation and monitoring of power plants are planned based on One(1)-man control from the central control room of regional area water works/ operating station and engineering station multipurpose dam offices with the equipments of OS, RTU(PLC), KT leased lines, WMPS, CSU and etc.

1. 서 론

국내외적으로 화석에너지의 고갈문제와 환경규제에 대한 해결방안이라는 점에서 국내뿐만 아니라 세계각국은 신재생에너지의 기술개발과 보급확대를 위하여 심혈을 기울이고 있다. 신재생에너지의 한 분야인 소수력은 다른 신재생에너지원에 비해 국내 부존 잠재량이 많고 에너지 이용율이 높아 청정에너지원으로서 개발가치가 큰 재생자원으로 평가되고 있다. 우리나라의 소수력 개발은 주로 소하천을 이용한 개발로 건설비용 상승에 따른 경제성 불투명과 주변지역민의 각종 민원으로 개발가능성에 비해서 소수력개발이 원활하게 이루어지지 않았다. 최근에 전력매입 단가의 조정, 수차발전기의 국산화 및 정부의 보급확대정책 등으로 소수력 개발에 유리한 여건이 조성되어 기존 구조물을 이용한 농업용저수지, 하수종말처리장, 수도사업장의 용수용 관로, 기력발전소의 냉각수, 중소규모댐의 용수로 및 조정지 등의 방류물 이용한 소수력 개발이 활발하게 추진되고 있다.[1]

소수력 개발의 경제성은 발전지점의 특성, 개발형식, 시설용량과 연간전력량에 따라 큰 영향을 받는다. 연간 전력량을 증가시키기 위해 저유량 영역의 운전범위를 확대한 수차와 최신기술을 도입한 발전기를 채용하여 효율을 높이고 무인 소수력발전소로 구축하면 경제적 타당성이 커진다. 전력을 생산한다는 것은 전기의 생산에서 판매로 이어지는 하나의 사업으로 전력을 생산하기 위해서 투자되고 운영되는 모든 비용에 비해 발전사업에서 매년 발생되는 수익이 더 커야 경제성이 성립되므로 이들 영향인자들에 대한 정확한 분석이 수행되어야만 한다.

소수력 후보지에 대한 투자비와 운용비 대 수익성을 계산하고 경제성을 분석하여 타당성이 높은 지점을 찾아내기 위한 구체적인 개발계획을 수립하며, 지형 특성에 적합한 효율이 높은 수차발전기를 채택하여야 한다. 소수력은 장기투자사업으로 투자비가 한정된 상태에서 투자의 효율성을 극대화하기 위해서는 운영유지비용을 절감하기 위

하여 IT기술을 접목한 무인발전소로 구축하여 경제적 타당성을 높일 필요가 있다.[2]

본 논문에서는 소수력 발전소의 무인화 구축 최적 설계에 대해 제안하여 국내에서 새롭게 부각되고 있는 소수력에 대한 관심을 불러일으켜 개발 보급을 확대하기 위한 기초자료로 사용하고자 한다.

2. 무인화 시스템 구축

최근 IT기술의 발전으로 권역단위 또는 중앙에서 발전소를 일괄 수행하는 통합운영체계 구축이 세계적 추세이며, 우리나라에서도 개별 발전소 운영을 원격지에서 일괄적으로 수행이 가능하도록 원격감시제어시스템을 구축하여 운영중에 있다. 소수력은 발전시설용량 증대와 배전선로가 정비되어 있어 송전계통에 대한 중요도와 주파수 조절에 기여할 수 있는 시설용량이 작아 단독운전의 책무를 질 필요는 없으며, 단독운전을 하는 경우 주파수, 전압제어 등의 기능이 필요하여 경제성이 없으므로 단독운전은 하지 않는다.[3]

무인 소수력발전소로 구축시 운영유지비 절감에 따른 경제성이 높아 소수력 개발이 촉진될 수 있으므로 관련 법령에 필요한 안전관리자를 확보하고 있는 소수력 발전사업자는 운영비용절감을 위하여 무인화 시스템을 도입 구축함으로써 투자 경제성과 운영관리 효율성을 도모할 수 있다.

2.1 무인 감시제어 대상설비

- o 수차발전기
- o 변압기, 차단기 등 송변전설비
- o 취수문 및 방수로 수문설비
- o 출입자 감시 등

2.2 시스템 표준구성도

소수력의 무인화 시스템은 IT관련기술과 통신기술의 향상으로 설계에서부터 설비전반에 대한 상태감시와 제어기능뿐만 아니라 계통의 안정성, 감시성, 조작성, 신뢰성과 경제성을 극대화시키고 유지관리의 편리성을 고려하여 구축한다. 무인화 시스템은 소수력 발전소 운영 상태와 고장에 대한 신속한 조치와 복구가 필요하므로 발전설비에 대한 알람과 조건을 스스로 판단하고 결정하여 수행하여야 한다.

그림1의 무인 시스템 표준구성도는 원거리 사무실이나 발전소 중앙운영실에 운영서버(OS:Operation Station) 및 유지보수 서버(ES: Engineering Station)를 두어 소수력발전설비를 감시제어하며, 발전소에는 현장계기의 데이터를 취득 전송하는 Micro-Processor를 내장한 단국장치(RTU:Remote Terminal Unit)를 설치하여 한국통신의 전화선로로 연결된 하나의 총괄 시스템으로 원격지에서 현장 발전설비를 원격감시제어하고, 마우스로 기동 정지

의 무인운전이 가능하도록 구성하며, 발전기 고장발생시에는 관리자에게 고장발생 경보시스템(WMPS:Warning Message Phasing System)에 의하여 발전기의 중고장이나 경고장 발생을 음성이나 메시지를 신속하게 전달하도록 구성함으로써 상시 교대근무인원을 투입하지 않아도 되는 무인발전소로 구축한다.

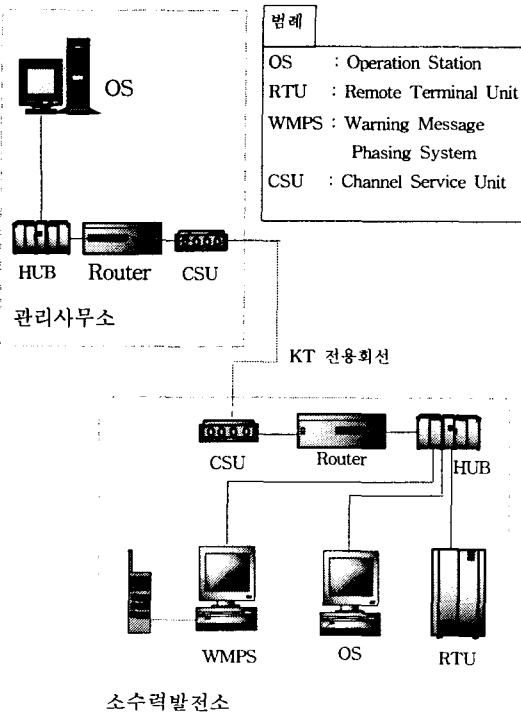


그림1. 무인 시스템 표준 구성도

2.2.1 시스템의 이중화 구성

소수력발전소는 무인운전을 기본으로 함에 따라 상시 안정적인 시스템 운용이 필수적임으로 원격감시제어시스템은 발전설비 운영을 신속하고 효율성과 안정성을 최대한 보장토록 하며, 예상치 못한 시스템 장애의 발생시에도 중단 없는 시스템 운영을 위해 이중화방식으로 구성한다. 시스템의 이중화 운영시 가장 중요한 것은 운영서버 상호감시와 서버 운영권 할당, 서버 장애발생시 운영관리자의 연락조치를 신속하게 처리해야 한다. 운영서버의 상호감시는 운영서버상의 MMI(Man Machine Interface) S/W 기반위에서 감시가 이루어져야 한다.

2.2.2 운영서버(OS:Operation Station)

유무선 통신을 이용하여 수차발전기, 취수문비 등 발전설비 전체의 감시제어를 키보드 및 마우스를 이용하여 운전조작을 수행하는 운영서버는 발전제어와 관련하여 현장계기로부터 단국장치(RTU)가 데이터를 취득, 전송한 데이터로부터 단국장치(RTU)가 데이터를 취득, 전송한 데이터를 취득하여 이를 운영화면에 그래픽 또는 텍스트로 출력하여 관리자에게 정보를 제공하는 일을 수행한다. 또한, 운영서버는 취득된 실시간의 데이터를 종합하여 이를 시간별, 일자별, 월별로 데이터베이스에 기록한다.

2.2.3 유지보수 서버(ES:Enginneering Station)

유지보수서버는 운영서버와는 달리 서버에 탑재된 MMI(Man Machine Interface) 소프트웨어 상에서 계측 및 제어기기의 추가나 삭제시 또는 기타 취득된 데이터와 관련한 TAG의 계산식과 형식변경시 필요한 작업을 수행한다. MMI S/W의 변경작업을 수행하는 서버를 말한다.

2.2.4 단국장치(RTU:Remote Terminal Unit)

단국장치(RTU)는 현장 계기의 데이터를 취득 및 전송을 담당하는 설비로 각종 연산을 수행하는 제어부와 현장신호 인터페이스를 위한 입출력부와 통신부로 구성되며, 제어연산결과를 네트워크를 통하여 운영서버로 전송하는 설비이다. RTU는 TM/TC(TM:Tele Metering, TC: Tele Control)의 복합기능을 가지고 있는 PLC(Programmable Logic Controller)를 채택한다.

2.2.5 고장발생전송시스템(WMPS)

무인 소수력발전소는 시스템의 안정성 유지가 최대 요소이다. 시스템 안정성 유지는 이중화 구성을 통한 시스템운영 뿐만 아니라, 장애발생의 진단유무와 장애발생에서부터 복구까지 유지보수시간의 단축이 필요하다. 이러한 목적으로 무인화 소수력발전소에 도입할 수 있는 대책이 고장발생전송시스템(WMPS:Warning Message Phasing System)이다. 주요설비의 중고장이나 경고장시 음성으로 변화하여 관리자의 핸드폰이나 전화로 통보하여 신속한 조치를 취할 수 있도록 구성한다. WMPS은 무인 자동화설비의 운영감시와 고장발생시의 문자메시지, 음성전송기능과 장애의 판별 및 발생원 추론기능을 가진다.

가. 무인자동화설비의 운영감시

WMPS는 운영서버와 동일한 MMI S/W상에서 동작하며 MMI S/W를 통해 서버와 동일한 데이터를 공유함으로써 발전설비에 대한 운영감시를 처리한다.

나. 고장발생시 문자메시지 및 음성전송기능

고장발생시 전화회선을 통한 경보음성 및 이동통신기기의 문자 메시지 전송기능을 이용하여 관리자의 비상연락망 자료를 토대로 호출하여 관리자에게 장애발생 내역과 고장고치 방법을 통보한다.

다. 장애의 판별 및 발생원인의 DB보유

계측제어설비의 발생 가능한 장애판별 및 원인에 대한 각종자료를 데이터베이스화하여 발전설비운영관리의 효율성을 제공한다.

2.2.6 통신회선

관리사무소 운영센터와 발전소 현장 RTU와의 전송을 담당하는 회선은 전송거리가 원거리로 자체 선로로 구성하면 비용이 과다하여 경제성이 없기 때문에 한국통신 전용회선을 임대하는 방법으로 채택한다.

2.3 운전 및 감시방법

소수력 발전소의 운전 및 감시방법은 1인 감시제어를 기준으로 계획하며, 운전조작은 발전소에서 직접 제어하거나 타 설비와 연계가 가능한 경우에는 연계 가능설비에서 원격감시제어를 할 수 있도록 구성한다. 그림2에서 보는 바와 같이 소수력발전소의 근무형태 및 감시방법은 주 운전은 관리사무소 운영센터나 원거리 사무소에서 원방조작을 우선으로 하며, 발전소는 평상시에는 근무자가 상주하지 않은 무인발전소로 구축하고, 특별한 고장과

유지보수시에만 현장에 주재하여 운전하는 것으로 한다. 한편 송전선로의 순간정전으로 인한 발전정지시에는 원격지 센터에서 계전기를 복귀하여 가동하고, 주요설비의 중고장으로 인한 발전정지시에는 발전소 현장에 가서 확인 후 발전설비를 가동한다.

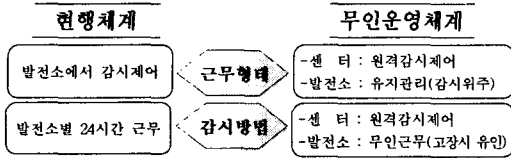


그림2. 소수력발전소의 운전 및 감시방법

3. 무인발전소 구축사례

한국수자원공사에서 운영중인 소수력발전소는 11개(합천 제2발전소, 광천, 운문, 반변, 보령, 부안, 횡성, 영천, 용담 제2발전소, 밀양, 안동)가 가동운영중이고, 태진, 대곡, 성남정수장, 용담소수력이 건설중에 있으며, 대청조성지댐 등 8개소를 개발 추진할 예정으로 있다. 우리 공사는 다목적댐 및 광역상수도 공사중에 발전소 공사를 병행하고 발전소 및 정수장의 운영인원을 소수력 발전설비 운영에 활용할 수 있어 소수력발전소를 무인발전소로 구축하여 운영비용을 절감할 수 있었다. 무인 소수력발전소 구축사례를 대별하면 다음과 같다.

- o 광역상수도 근무자가 무인 감시제어하는 발전소 (5개:운문, 보령, 부안, 횡성, 영천)
- o 관리사무소 근무자가 무인 감시제어하는 발전소 (6개:합천제2발전소, 광천, 반변, 용담제2발전소, 밀양, 안동)

3.1 광역상수도 근무자가 무인 감시제어하는 방식

3.1.1 시스템의 구성

소수력 발전소는 광역상수도 정수장에서 먼거리에 위치하고, 광역상수도 중앙운영실 근무자의 인력을 활용하여 발전기를 자동으로 기동·정지함으로써 운영비용을 절감할 수 있었다. 소수력발전소의 시스템은 정수장 중앙운영실에 OS(Operation Station 및 Engineering Station)를 두어 용수공급설비 및 소수력 발전소의 전설비를 감시제어하며 소수력발전소에는 Micro-Processor를 내장한 RTU를 설치하여 한국통신의 전화선으로 연결된 하나의 총괄 시스템으로 원방에서 무인운전이 가능하도록 구성하였다. 소수력 발전소에는 근무자가 상주하지 않고 정수장 중앙운영실 근무자의 인력을 활용하여 발전기를 자동으로 기동·정지하고 무인으로 운영함으로써 운영비용을 절감할 수 있었다.

3.1.2 시스템의 특성

정수장 중앙운영실의 운영서버인 OS는 RTU로부터 수집된 실시간 현장의 모든 상태 및 데이터를 감시하며 중앙에서 제어에 필요한 항목에 대하여 마우스로 기동이나 정지의 운전조작을 행하고 고장발생시 근무자에게 신속하게 경보상태를 알리고 고장발생경보시스템(WMPS)에 의한 발전기의 중고장이나 경고장 발생시 관리자에게 음성으로 경보를 전달하도록 구성하였다.

3.2 관리사무소 근무자가 무인 감시제어하는 방식

3.2.1 시스템의 구성

소수력발전소는 24시간 상시발전소로 주간에는 관리사무소 관리자가 상주하나, 야간이나 공휴일에는 관리자가 퇴근하는 발전소로 구성되어 있다. 관리사무소에 소수력설비 전반을 감시제어 할 수 있는 중앙집중식 분산처리형 감시제어 무인 시스템을 구성함으로써 발전기를 자동으로 기동·정지함으로써 교대근무인원을 투입하지 않아 인건비가 감소되어 년간경비를 줄일 수 있어 경제성과 효율성 향상을 도모하였다. 또한, 송전계통이나 발전소 사고시 즉시 송전계통과 분리하여 사고확대를 방지하였고, 야간이나 공휴일에 발전소의 경고장이나 중고장 발생시에는 관리자의 핸드폰이나 전화에 음성이나 문자 메시지로 고장경보를 전달하도록 시스템을 구성하여 신속한 복구가 가능하도록 하였다.

3.2.2 시스템의 특성

시스템의 목적을 달성하기 위해 관리사무소 중앙운영실에 OS(Operation Station 및 Engineering Station)를 두어 소수력 전 설비를 감시제어하며, 소수력 발전소에 RTU(Remote Terminal Unit)를 설치하여 소수력설비의 자동운전이 가능하고 원격제어가 가능하도록 구성하였다.

4. 결 론

에너지 해외의존도가 97%를 상회하여 대부분의 에너지 수요를 해외에 의존하고 유가의 인상 등에 따른 경제수지의 악화와 국제적으로 기후변화협약에 따른 규제 가시화와 선진국의 신·재생에너지 정책 및 보급목표 등을 감안하여 정부에서는 신·재생에너지 보급목표를 2006년까지 1차에너지 소비량의 3%, 2011년까지 5%를 목표로 정책을 수립하여 추진하고 있다.[4] 신·재생에너지의 한 분야인 소수력은 다른 대체에너지원에 비해 국내 부존 잠재량이 많고 에너지 이용효율이 높아 청정에너지원으로서 개발가치가 큰 부존자원으로 평가되고 있다.[2] 기존 시설물을 이용한 소수력 개발과 더불어 일반 하천과 신규 농업용 저수지, 하수종말처리장, 수도사업장의 용수용 관로, 기력발전소의 냉각수, 중소규모댐을 계속하여 건설할 예정이므로 저낙차 유류 에너지를 이용한 소수력 개발은 환경 친화적인 에너지개발 차원뿐 만 아니라 석유 수입 대체효과와 지역의 분산전원 기여 등의 부수적인 효과를 거둘 수 있어 신·재생에너지 공급목표 달성을 위해서도 지속적으로 개발 추진되어야 한다.

소수력은 장기 투자사업으로 투자비가 한정된 상태에서 투자의 효율성을 극대화하기 위해서는 사업의 기술적, 경제적 타당성을 분석하여 소수력 발전소의 건설비용과 발전소 운영비용을 절감하는 계획이 중요한 과제이다. 소수력발전소를 무인화로 구축할 경우 향후 상업발전개시후의 운영비용절감에 따른 경제효율이 높아 소수력 개발 추진이 증대할 수 있으므로 소수력발전소의 무인화가 가능하도록 전기사업법 개정 및 개발보급을 위한 관련법령 제정이 필요하다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] 박완순 외, "소수력발전소의 경쟁력강화에 의한 개발활성화 방안연구", 산업자원부, 1999.12
- [2] 이은용 외, "국내 소수력 기술현황과 전망", 대한전기학회 2003. 7
- [3] "수력발전기기의 계획과 설계", 일본 신에너지재단 수력본부 1983.11
- [4] "중장기 신·재생에너지 기본계획", 산업자원부, 2003.12