



댐 및 저수시설 관리 및 운영에 적용되는 전기 설비



김 성 철

(주)이산 수력부 차장
kgrium@naver.com



박 래 건

(주)이산 수력부 이사
수자원개발 기술사
exspo10@uds.ac.kr



박 영 수

(주)이산 수력부 이사
pakwater@isg.kr

수 등의 자연재해로 변해버리면 물로 인하여 생명을 잃게 되는 극단의 양면성을 가지고 있기 때문에 물이 갖고 있는 의미는 우리 인류에게 있어 생존과 직결되는 문제인 것이다. 과거 역사 속의 정치가들은 치수 사업을 위해 지식이 풍부한 관료를 등용하기도 하고, 다양한 기구를 개발하여 치수사업의 편리성도 도모하였다. 오늘날 수자원개발은 다양한 과학기술 개발을 토대로 발전하고 있다. 과거와 달리 수자원에 대한 개발은 물질이 가지고 있는 유체에너지로서의 연구에만 국한 되어 있지 않다. 물이 가지고 있는 물질적 특성과 다양한 에너지로의 변환에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 따라서 과거의 수자원 개발이 치수 산업을 중심으로 물을 저장하고, 저장된 물을 사용하거나, 홍수 등으로 인한 하천의 범람을 통제하는 수준이었다면, 오늘날의 물의 개념은 석유, 석탄 에너지와 같이 물이 가지고 있는 특성을 극대화 하거나 가공하여 다양한 에너지로 변환하고 있는 것이다.

물은 인류가 발견하거나 개발한 에너지 자원 중 가장 흔하면서도, 가장 중요한 자원으로 다른 자원의 경우 부족하거나 고갈될 경우 불편함을 느낄 뿐이지만, 물의 경우는 인류를 포함한 자연생태계가 소멸될 만큼 가장 중요한 자원이자 에너지인 것이기 때문에 세계 각국은 다양한 방법으로 물을 합리적인 자원에너지로 활용하는 방안에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. 또한, 과거와 달리 오늘날의 수자원 개발 및 활용에는 다양한 연구 성과를 통한 기술들이 접목되고 있다. 대표적으로 댐이나 저수지에 대한 관리 및 운영기술에서는 다양한 통신 기술을 접목하여 정밀성과 운영의 합리성 및 무인화를 요

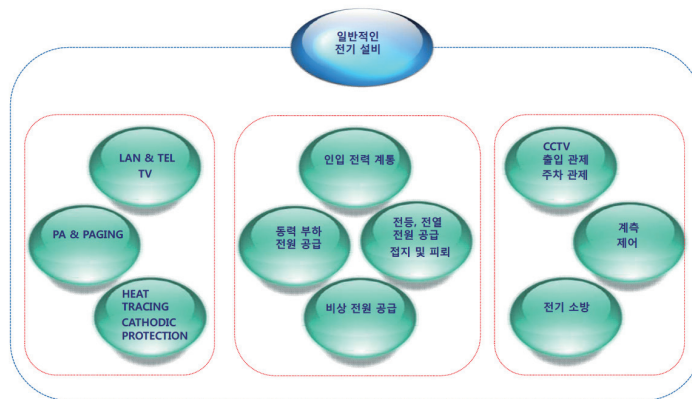
수자원을 개발하고 합리적으로 사용하기 위한 노력은 인류의 오랜 과제였다. 수자원은 일상 속에서 쉽게 접할 수 있는 것이면서도, 거대한 자연재해의 원인이 되는 양면성으로 우리 곁에 존재해왔다. 역사를 거슬러 살펴봐도 대부분의 정치가들은 치수 사업을 통하여 하늘로부터 선택받았다는 논리를 펼쳐 왔다. 과거 역사 속의 정치가와 같이 오늘날의 지도자들도 수자원 활용을 통하여 국민의 신뢰를 얻어 자 하고 있다. 물이 없는 국가에서는 수로사업을 통하여 물을 내륙까지 공급해주고, 우기와 건기 때 마다 자연재해가 발생하는 나라에서는 저수사업을 통하여 물의 양을 조절하고 있다. 물은 인간을 구성하는 하나의 요소이기 때문에 물을 통해 인간은 생명을 유지할 수 있는 것이지만, 반대로 물이 모여 흥

구하고 있다. 댐이나 저수지의 경우 수자원 활용을 위한 다양한 기술들이 필요하다. 시설물을 조성하는 과정에서는 토목과 기계 장비관련 기술이 필요하지만, 조성된 시설물을 운영하고 관리하기 위해서는 두 가지 과정으로 분류해서 생각하는 것이 합리적인 것이다. 두 가지 과정이란 직접관리 과정과 관제 관리과정을 의미한다. 직접관리 과정은 토목과 기계장비관련 기술로서 실제적인 작동과 관련되어 있다. 반면 관제관리 과정은 제어, 전원 공급, 통신 관련 기술로 수자원을 모니터링하고, 적절한 대응이 이루어지게 하는 것이다. 오늘날 다양한 통신 기술이 수자원 관제에 사용되고 있지만, 전문화된 분야로 치부되어 관련 기술에 접근하는 것이 용이하지 않다. 따라서 관제와 관련된 기술의 경우 상당한 배타성으로 인하여 실질적인 효율성을 확보하기는 어렵다.

실질적인 효율성을 확보하기 위해서는 다양한 사람들이 관련기술에 대한 이해력을 가져야 하고 그러기 위해서는 관련기술에 대한 알기 쉬운 소개가 필요하다. 따라서 본 논고에서 소개되는 내용들은 실제 수력발전 설비 또는 저수시설에 적용되고 있는 전기, 통신, 제어 설비에 대해 설명하고, 그 효율성에 대하여 살펴보고자 하는 것이다.

1. 전기 설비의 범위

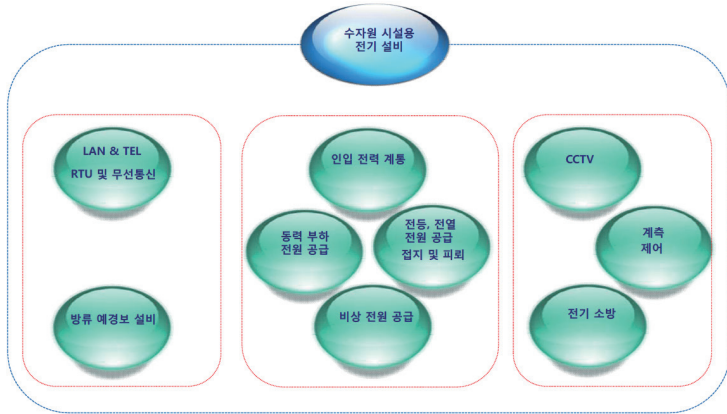
[그림-1]은 일반적인 전기 설비가 공급 되는 범위를 나타내고 있다. 전기설비를 기본적인 구성으로 나누면 [그림-1]과 같이 크게 3가지 영역으로 나뉜다.



[그림-1] 전기 설비 구성 범위

순수하게 전원을 공급하는 전원 공급설비와 낙뢰 및 전기 내부에서 발생하는 전기적 특성으로 인한 문제점을 상쇄시키기 위한 접지 설비 등이 1차적인 전기 설비로 구분될 수 있다. 또한 통신망구성, 방송 설비 구성, 부식을 방지를 위한 설비, 동결방지 설비 등이 2차적인 전기 설비로 구성된다. 3차적인 전기 설비에 구성되는 것은 CCTV와 출입통제 및 주차 관제 설비로 이는 보안 시스템에 해당되는 설비이다. 또한, 제어계측 설비와 전기소방 설비가 대표적인 3

차 설비로 구성된다. 1차, 2차, 3차 설비로 나누는 조건은 순수 전기 공정에 의한 분야인지, 또는 별도 독립적으로 수행할 수 있는 분야인지에 따라 나뉜다. 즉, 전기 분야에 대한 의존도가 높을수록 1차 전기설비에 포함되고, 의존도가 낮아질수록 3차 설비에 포함된다 할 수 있겠다. [그림-2]의 경우는 수자원 시설용 전기 설비 구성 범위를 나타내고 있는데, [그림-1]과 비교하여 보면 몇 가지를 제외하고는 거의 동일한 구성을 보이고 있음을 알 수 있다.



[그림-2] 수자원 시설용 전기 설비 구성 범위

[그림-2]는 수자원 시설중 수처리 설비나 수력발전설비에 적용되는 전기 설비는 아니다. 댐이나 저수 설비에 사용되는 전기설비라고 보아야 한다. 수처리설비와 수력발전설비에서는 일반적인 전기 설비에 방류 예경보설비가 추가되는 형태가 된다. 단, 댐이나 저수시설의 경우에는 수위의 조절이 중요하고, 인원이 항시 상주 할 수 없기 때문에 모든 설비를 무인화로 운영할 수밖에 없다. 따라서 자체 방송설비와 전식방지, 동결방지 설비, 주차관제 설비가 제외되고, 통신설비는 무선 설비와 유선 설비로 강화되고 방송설비는 위험경고 방송 설비가 추가되는 구성을 가지게 된다. 전기 설비는 [그림-1]의 구성이 기본 구성 방식이다. 단 적용하는 시설물의 상황에 맞추어 필요에 따라 구성을 바꾸어 적용함을 알 수 있다.

2. 저수설비의 적용되는 전기 설비

2.1 전력 설비

2.1.1 한전 인입 전원

한국 전력 주식회사로부터 전기를 공급받기 위한 작업을 전력인입 또는 수전이라 한다. 전력인입

은 일반적으로 1회선을 한전으로부터 받게 되는데, 과거에는 한전으로부터 2회선을 수전 받아 시설물에 전기를 공급하였다. 2회선을 수전 받는다는 것은 한쪽 전력에 문제가 있는 경우, 다른 한쪽을 이용할 수 있어 안정적인이지만, 최근 한국전력주식회사에서는 1필지 내에 2개 수전점을 주지 않기 때문에 현재는 통상 1회선만을 공급받고 있다. 수력발전소와 일반 플랜트 시설물의 전력인입, 댐이나 저수 설비의 전력 인입 방식에는 차이점이 있다. 수력발전소나 일반 플랜트 시설물에서는 사용되는 부하가 크거나, 송전을 목적으로 하기 때문에 인입에 사용되는 전압을 154kV로 선정하고, 최초 인입된 지점으로부터 전체 설비에 전력을 분산하는 방식과 송전탑을 사용하고 전압을 낮추거나 높이기 위한 부대시설이 필요하지만, 댐이나 저수설비의 경우에는 사용 부하가 작고, 설치 시설물의 위치가 원거리에 분산되어 있어 22.9kV의 전압을 사용하는 전신주에서 직접 인입을 받고 전압을 낮추기 때문에 별도의 부대시설이 필요 없다. 또한, [표-1]에서 보는 바와 같이 인입을 받는 지점이 원거리에 떨어져 있는 경우에는 해당되는 지점별로 인입을 받아 사용하는 특성을 가지고 있다. 즉, 수력발전은 최소 1개 지점의 인입을 중심으로 단일 계통의 종속적인 전력 계통을 구성하는 것에 비해 수자원 설비는 최소 2개 이상의

인입점을 통해 다중 계통에 의한 독립적인 전력계통을 구성하게 된다. 독립적인 인입점에 의한 전력계통 구성은 실제 부하가 크지 않아 불필요한 전력소

모를 감소시키고, 유지보수의 원활함과 시공 상의 경비 절감 효과로 인해 효율적이라 할 수 있다.

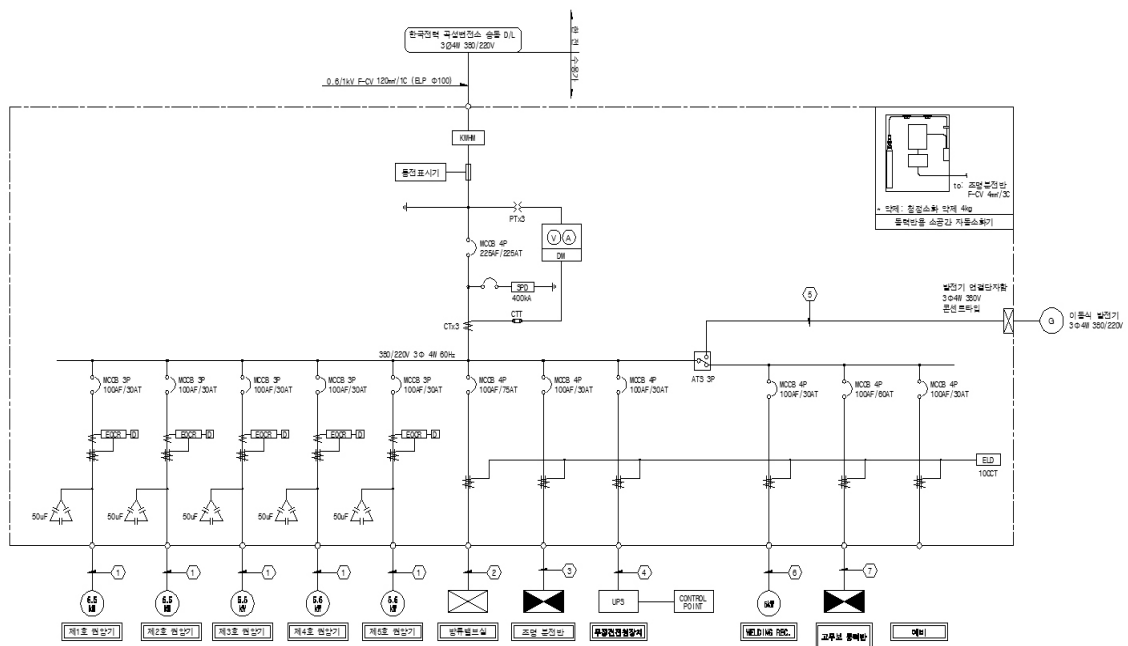
[표-1] 수력 발전과 댐 설비의 전력인입 비교

구분	수력발전	댐, 저수시설비	비고
전압	154kV	22.9kV	
인입선로	변전소-송전탑-GIS	변전소-전신주-주상 변압기	
인입방식	지중 매입	지중매입	
인입회선	1회선	1회선	
인입지점	1개소 또는 2개소	최소 2개소 이상	

2.1.2 전력계통

전력계통은 전력을 공급하는 순서이자 단계를 의미하는데, 기본적인 형태는 [그림-3]과 같이 피라미드 형태와 같다. 전력계통의 구성은 전력을 공급할 시설물에 따라 다르게 적용된다. [표-2]는 댐이나

저수지설비에서 일반적으로 사용되고 있는 전력 계통 구성을 보여주고 있다. 댐이나 저수설비의 경우 수문을 조절하기 위한 기기장비와 권양기에 사용되는 모터류가 동력부하의 주류를 이루고 있고, 기타 다른 목적으로 사용되는 펌프류 등이 포함된다.



[그림-3] 전력계통용 단선도 예시

따라서 기본적인 전력구성은 한국 전력주식회사로부터 전력을 공급받아 동력부하와 전등 및 전열 부하에 대하여 전원을 공급하고, 정전 등의 비상시를 대비하여 비상전원공급을 위한 UPS와 비상발전기를 계통에 연계시키는 구조를 가지고 있다. [표-2]에서 보여주는 것과 같이 댐이나 저수지 시설에 사용되는 전기설비의 가장 큰 특징은 수전된 전기를 배전하는 배전반의 구성과 신재생 에너지의 활용 방식일 것이다. 우선 배전반은 MCC와 RTU 혼합형으로 되어 있는데, 일반 전기시설에서는 배전반, MCC가 각각 별도의 독립적인 형태로 구성되고, 무선 송신용 RTU는 설치하지 않는다. 그러나 댐이나 저수지 시설은 지형조건이 좋지 않는 곳에 설치되어야 하는 제약으로 인하여 독립적 계통과 함께 가능한 복합 기능을 가진 구조를 선택할 수밖에 없다. 이와 같이 복합 기능을 사용하는 이유는 협소한 공간을 최대한 활용하기 위해서이다. 또한, 운영자가 항시 상주할 수 없으므로, 화재시 자동 소화를

목적으로 판넬 내부에 자동 소화 장치가 내장되기도 한다. 사용되는 모든 간선의 경우 난연성 케이블을 적용하고 있고, 비상전원을 공급하는 발전기의 경우 어느 한 곳에 고정하여 사용하는 것이 아닌 필요에 따라 장소 이동할 수 있도록 콤팩트 타입의 이동형을 사용하는 특징을 보인다. 신재생에너지의 활용의 경우 일반적인 전기 시설물에서는 신재생에너지의 발전 효율에 따라 상용전력과 계통 연계를 한다. 즉, 신재생에너지가 적용된 설비와 한국전력주식회사에서 인입 받은 전력을 배분하는 계통에 같이 연결 시켜둠으로써, 발전량이 감소하게 되면 부족한 전력량을 상용전력이 충당하도록 하는 것이 보편적이다. 그러나 댐이나 저수설비에서는 계통연계를 하지 않고, 실제적인 발전량만을 사용한다. 즉, 가로등에서 필요한 전력을 태양광 설비 하나만으로 사용하는 것이 아닌 풍력과 태양광 두 가지를 복합적으로 사용하도록 하여 상용전력이 전혀 연결되지 않은 순수 신재생에너지로만 운영하는 경우가 많다.

[표-2] 댐 설비 등에 사용되는 전력 계통 구성 요소

구분	내용
배전	수전방식 : 한전 380/220V 1회선 동력반 : 컴팩트형 저압배전반 MCC + RTU 혼합형, 자동소화장치 내장
예비전원	비상발전기 : 3상 4선식, 380/220V, 이동형 UPS : AC 220V, IGBT 방식
동력 및 간선	전력간선 : 트레이용 난연 케이블 (N-FR-8/F-CV) 동력설비 : 고효율 전동기
조명 및 전열	조명설비 : 고효율 광원 및 등기구 전열설비 : 일반용
방재설비	피뢰설비 : 트라이앵글 공법 (쌍극자 피뢰침) 접지설비 : 공용접지 방식 채택
신재생에너지	하이브리드보안등 : 풍력 및 태양광 LED조명



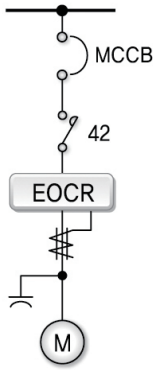
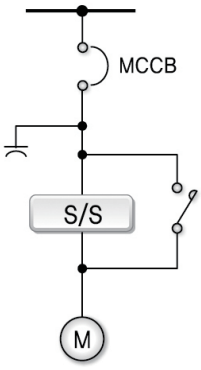
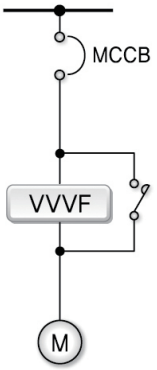
2.1.3 동력 설비

댐 또는 저수지 시설에서 사용되는 주요 동력 부하는 권양기와 밸브류등을 포함한 모터나 펌프 부하가 대부분이다. 사용되는 유효 전력량도 10kW미만으로 고압 모터가 아닌 저압 모터가 주류를 이루고 있다. 따라서 공급되는 전력의 형태도 고압이 아닌 저압 수전이 일반적이다. 이와 같은 모터의 용량은 모터의 기동방식에 영향을 준다. [표-3]은 모터의 기동방식을 비교한 것이다. 수자원 설비 등에서는 [표-3]의 모터 기동방식 가운데 직입기동을 많이 사용하고 있다. 직입기동 방식은 전전압 기동 방식으로 구성이 간단하고, 유지보수가 용이하며 소용량에 사용하기 적합하다. 또한, 설치에 따른 비용이 저렴하다는 경제성이 크고, 시설물의 특성상 기동과 정지가 빈번하지 않은 경우에 많이 적용한다. VVCF(Variable Voltage Constant Frequency)방식은 가변전압 일정주파수 방식을 의미하는데 싸이

리스터로 구성된 제어회로에서 주어지는 신호에 따라 작동을 조절할 수 있어 기동시 전압강하가 크거나, 기동정지 횟수가 빈번한 용량이 큰 전동기에 적용하는 것이 유리하다. 그러나 설치에 따른 초기 투자비용이 많이 든다는 단점을 가지고 있다.

VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) 방식은 가변전압 가변주파수 방식을 의미한다. 즉, 전원공급계통과 전동기 사이에 인버터를 포함한 제어장치를 연결하여 전동기의 특성에 따라 변하는 전압 및 전류, 주파수를 제어하여 고효율의 운전이 가능하게 하는 방식을 의미한다. 전동기의 속도 조절이 가능한 가변속 운전을 통해 사용되는 전력을 절약할 수 있는 방식이므로, 댐이나 저수지설비에도 적용하는 것이 효과적이지만, 직입기동방식보다 초기 투자비가 크다는 이유로 쉽게 적용되고 있지 않다.

[표-3] 모터 기동방식비교

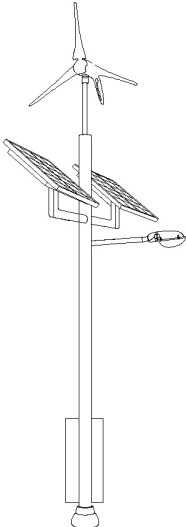
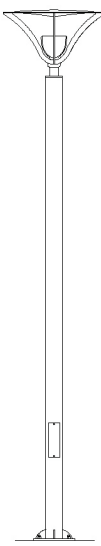
구분	직입기동	VVCF기동	VVVF(인버터)기동
구성			
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 기동 토크가 크고, • 구성이 간단 	<ul style="list-style-type: none"> • 기동충격을 최소화 • 초기 투자비 고가 	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지절약 가능 • 전동기 속도 조절 가능
적용 대상	<ul style="list-style-type: none"> • 소용량 전동기 • 기동·정지가 빈번하지 않은 전동기 	<ul style="list-style-type: none"> • 기동정지가 빈번 하거나 기동시 전압 강하가 큰 전동기 • 37kW 이상 전동기 	<ul style="list-style-type: none"> • 가변속 운전 전동기 • 에너지절약 효과가 크게 기대되는 전동기

2.1.4 전등 및 전열 설비

조명 설비와 전열 설비의 경우, 전기실과 기계실 이외의 건축 설비가 없고, 동력용 모터나 펌프의 크기가 작기 때문에 기계실의 크기가 작다. 또한, 전기실의 경우 독립적인 전력계통으로 구성되어 있기 때문에 면적이 작다. 따라서 조명설비의 경우 설치 면적이 작기 때문에 설치 수량이 실제 최대 10개를 넘지 못한다. 설치되는 전등은 형광등 32WX2 타입으로 최

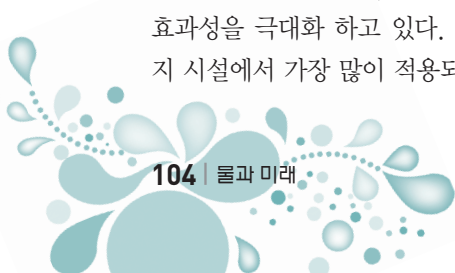
대 설치 수량을 적용 할 경우에도 유효전력은 640W 밖에 되지 않는다. 또한 전열의 경우 대부분의 부하는 직접 MCC에서 연결되므로 분전반에서 연결되어 사용되는 수량은 최대 5개를 넘지 못한다. 통상 1개의 전열 수구에 대한 피상전력을 250VA라고 하면 최대 5개 설치 되는 전열수구의 피상전력을 1,250VA이다 이를 유효전력으로 환산하면 1,063W가 된다. 전열과 전등 설비를 모두 합쳐도 1.063kW밖에 되지 않기 때문에 전체 부하에 영향을 주지 못한다.

[표-4] 가로등 설비

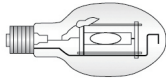

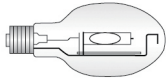
구분	하이브리드 보안등	LED 보안등
외형		
장점	풍력, 태양광 발전 전력 사용 LED 전구 사용으로 소비전력 감소	LED 전구 사용으로 소비전력 감소

따라서 전등과 전열 설비는 부하 용량이 전력 계통에 미치는 영향보다 유지보수와 효율성의 측면에서 고려되는데 최근에는 LED 조명기구를 사용하여 필요 조도를 충족하고, 소비전력을 감소시켜 운영의 효과성을 극대화 하고 있다. [표-4]는 댐이나 저수지 시설에서 가장 많이 적용되고 있는 가로등기구를

보여주고 있다. 일반적인 경우에는 LED 보안등을 사용하여 소비전력을 낮추고 있지만, 최근에는 하이브리드 보안등 또는 태양광 보안등을 이용하여 계통 전력 즉, 상용전력을 사용하지 않는 친환경 기술이 적용되고 있다.



[표-5] 가로등 광원비교

구분	고압나트륨	LED	메탈할라이드
외형			
정격용량 (W)	175W	60W	175W
효율 (lm/W)	75	80	80
수명 (h)	24,000	100,000	10,000
특징	시인성은 부족 하나 눈부심이 적다	시인성은 좋지만 눈부심이 심하다	시인성은 좋지만 눈부심이 심하다

[표-5]에서의 가로등 광원비교를 보면 일반적인 보안등에 가장 많이 사용되고 있는 광원이 고압나트륨등이다. 고압나트륨등은 메탈할라이드에 비해 수명이 오래가고 주백색의 장점인 눈부심이 적다. 그러나 시인성이 부족한 단점을 가지고 있다. 메탈할라이드의 경우 수명이 짧은 대신에 시인성이 높기 때문에 어두운 지역에 사용하는 경우가 많다. 하지만 눈부심이 심한 단점을 가지고 있다. 고압나트륨등과 메탈할라이드는 모두 방전램프이므로 전력소모량이 많고, 조도의 조절이 용이하지 않다. 반면 LED 광원은 시인성이 뛰어나고 조도 조절이 가능하고 소모전력이 적다는 장점이외에도 수명이 길기 때문에 경제성에서도 큰 효과를 볼 수 있지만, 눈부심이 심하다는 단점이 있다. 댐이나 저수지 시설에서는 상시 유지보수가 어렵기 때문에 유지보수의 용이성과 시인성이 우수하고, 전체 계통전력에 소모 전력에 부담을 주지 않는 LED 광원을 광범위하게 적용하고 있다.

2.1.5 접지 및 피뢰 설비

접지와 피뢰는 낙뢰에 의한 문제 발생 시 인명과 기기장비를 보호하기 위한 목적으로 설치된다. 가

장 보편적인 방법으로 적용하는 것이 등전위 접지방식이다. 통상 접지계산에서는 보폭전압과 접촉전압이 기준 내에 있어야 한다. 보폭전압은 지락사고시 물체를 밟을 때의 안전도를 의미하는 것이고, 접촉전압은 지락사고시 물체에 손이나 신체가 닿았을 때의 안전도를 의미하는 것이다. 통상 등전위 접지를 선택하는 것은 모든 전위값을 같게 하여 안정성을 확보하기 위한 것이다. 등전위 접지방식은 동력설비와 통신 및 제어계측 설비에 대하여 별도 매슈 접지를 설치하여야 하지만, 실제 시공상 어려움이 있기 때문에 전위 값을 동일하게 하고, 기기장비 보호를 위한 ZCT와 같은 별도 접지 보호설비를 개별적으로 설치하는 방법을 선택하는 것이다. 동력설비는 큰 전압과 전류도 견딜 수 있지만, 통신 및 제어계측 설비는 아주 미소한 전압과 전류에서도 기기가 망실될 수 있기 때문에 국제전기위원회에서는 별도로 접지를 설치하도록 권고하고 있는 것이다. 댐이나 저수지설비의 경우에는 제어계측장비의 중요성이 높기 때문에 공용접지를 사용하여 기기 장비와 인명을 보호하고 있다. 또한, 접지단자함을 별도로 구성하여 Noise 피해를 예방하고 있다.



[표-7]에서 보는 것과 같이 낙뢰 보호용 피뢰설비 설치에 관한 국내 규정은 KSC IEC 62305기준이며 낙뢰 및 유도뢰를 방지 할 수 있는 쌍극자피뢰침(알

루미늄 피뢰시스템)과 건물보호용 인하도선을 설치 하는 것이 일반적인 방법이다.

[표-6] 접지설비 비교

구분	공용 접지	개별 단독 접지
설계기준	IEEE Std-142, NEC 250	내선규정 제1445절
방식	전기, 통신 및 피뢰를 공용접지	전기,통신 및 피뢰접지를 구분 하여 접지
접지저항	공용접지 : 0.5(Ω) 이하	1종, 특별 3종, 피뢰접지 : 10(Ω) 이하 2종 접지 : 150, 300, 600/1선 지락 전류 3종 접지 : 100(Ω) 이하
장점	등전위를 형성하므로 전위차 발생예방 서지(Surge) 유입시 여러 접지봉에서 동시에 방전하므로 장비보호	소수의 접지봉으로 접지 저항값을 얻을 수 있으므로 경제적 시공이 간단
단점	시설비가 고가임	등전위가 형성되지 않아 보폭 전압 발생으로 인명 피해 우려됨 서지 유입시 전위차 발생으로 기기 손상

[표-7] 피뢰 설비 비교

구분	쌍극자방식	이온방사방식	돌침방식
외관			
기능	뇌운발생시 상향 스트리머의 발생을 억제하여 낙뢰의 가능성을 감소	뇌운발생시 상향 스트리머를 발생하여 낙뢰를 조기에 유도	보호대상물보다 높게 설치하여 낙뢰를 확률적으로 유도
적용높격	직격뢰 (정극성/부극성)	직격뢰 (정극성/부극성)	직격뢰 (단일 극성)
피뢰보호 (보호공간)	첨단방전효과와 회전구체법에 의거한 NFPA 780 및 UL96A에 준함	건축물구조, 높이 등에 따라 설계되며, 뇌운에 따라 상향 스트리머가 발생하여 스텝리더의 뇌격 거리(10~200m)에 따라 보호범위가 다름	보호각(40°,60°)적용 회전구체법에 의거하면 보호각내의 공간이 완전히 보호되지 못함. 즉, 높이가 높을수록 보호각이 매우 좁아짐
특징	낙뢰발생 가능성을 감소 시킴으로써 직격뢰뿐만 아니라 직격 뇌에 의한 유도뢰를 방지	낙뢰를 돌침형보다 확률적, 지역적으로 넓게 낙뢰를 조기 유도하여 직격뢰로부터 보호	대지로부터 유도하므로 낙뢰로부터 보호하는 대상물에 대해 직격뢰로부터 보호

2.2 방송 통신 및 보안 설비

2.2.1 LAN 및 TEL, TV 공시청 설비

LAN 설비는 내부 네트워크 이외에도 외부 인터넷 접속 용도로 설치되어 왔다. 계측장비와 보호용계전기는 디지털화하여 발전함에 따라 계측기를 포함한 계전기의 작동 값을 설정하기 위해서는 인터넷이나 네트워크를 이용해야 하는 경우가 증가하고 있다. 또한, 전화의 경우 인터넷 회선을 이용하는 IP 전화기의 등장으로 인하여 기존의 전화설

비와는 시스템을 구성하는 방식에 변화를 가져왔다. 기존의 네트워크 구성은 DATA 전송만을 고려했던 것에 비해 최근에는 DATA 전송과 VOICE 전송이라는 음성신호의 복조 방식까지 고려하고 있다. 즉, 내부통신망인 LAN 설비와 전화 설비의 경계가 모호해 지고 있다. 댐이나 저수지시설에서는 상주 인원이 없기 때문에 전기실에 필수 연락을 위한 전화 설비 1개소와 통신 설비 2개소 정도를 적용하고 있다.

[표-8] LAN 및 TEL 설비 구성 장비

구분	주요규격
주장치	PABX, MDF, IDF, ROUTER, HUB, 연결 단자함
Outlet Module	UTP Modular Jack, RJ45 Module Cat.5e

방송 설비는 상주인력에 대한 주요사항을 전달하기 위함과 화재등 긴급 상황 발생 시 대피 또는 통제를 위한 목적을 1차적으로 수행한다. 필요에 따라서는 음악방송이나 홍보방송 등의 목적으로도 사용할 수 있다. 댐이나 저수지 시설물에서는 상주인력이 없고, 행정업무를 수행할 수 있는 건축물이 없

다. 따라서 방송설비를 설치하지 않는다. 다만, 관광안내소나 인포메이션데스크가 생성되는 경우에는 간이 방송설비를 설치할 수도 있지만 일반적인 수자원 설비의 경우 방송설비를 설치하지 않거나, 보안등에 스피커를 설치하여 인접 시설과 연계 운영하기도 한다.

[표-9] 방송 설비 구성 장비

구분	주요규격	
주장치	용량	파워 앰프 비내장형(일반형)
	구성품	모니터, AM / FM 튜너, CD PLAYER, CASSETTE DECK, SIGNAL TRANSMITTER, POWER CONTROLLER, 비상전원장치, MAIN CONTROLLER
스피커	설치기준	옥외 컬럼 : 100W
특기사항		내방객 등을 위한 시설지역에 홍보방송, 라디오 방송, 음악(CD/MP3) 방송이 될 수 있도록 설계

TV 공시청설비와 CATV의 경우 일반적으로는 관리동과 경비동에 설치하지만, 댐과 저수지시설의 경

우에는 원론적으로 설치하지 않는다.

[표-10] TV 공사청 설비 구성 장비

구분	내용
신호감청레벨	75dB 이상
신호케이블	수직(간선계) : 7C-HFL 수평(지선계) : 5C-HFBT
수신안테나	전계강도, 잡음 및 전파장애를 고려하여 설치 안테나는 부식방지를 위하여 스테인레스 스틸 재질을 사용 피뢰침과 2m이상 이격된 장소에 설치 최대 순간풍속을 고려하여 40m/s로 설계

예외적으로 설치하는 경우에는 분산된 독립시설물 가운데 구조작설비가 설치된 조작실에 설치한다. 단 VHF, UHF를 기본으로 공중파 방송의 시청이 가능하도록 무선 안테나 설비를 설치하는 것이 원칙이지만, 지역 케이블 사업자의 선로 공급이 이루어지는 경우에는 유선 방송설비까지 설치한다. TV 설비의 설치는 긴급상황시 시설물 운용을 위한 작업자의 일시적 체류 시 사용하기 위함이다.

때문에 무선통신설비에 포함되고 있다. 최근 댐이나 저수지시설에 사용되는 대부분의 기기장비에는 RTU가 설치되고 있는 이유는 무선통신으로 수문, 밸브 등을 제어할 수 있기 때문이다. 그러나 RTU는 제어대상의 수가 적기 때문에 PLC(Programmable Logic Controller)에 비해 효과적인 설비로 분류하기 어려운 점이 있다.

2.2.2 RTU 및 유무선 인터넷 설비

1) RTU(Remote Terminal Unit)

원격 단말 장치(RTU) 전기신호를 전산신호로 변환하여 장비로부터 받은 신호를 통해 스위치나 밸브의 개폐, 펌프나 모터의 속도조절, 액체의 흐름 등을 제어하는 것에 사용되는데 원격으로 이루어지기


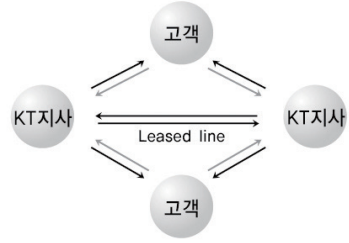
2) 유선통신

유선 또는 무선 통신 시설물의 상태와 운전 등을 원격리에서 통합하여 운영하기 위한 목적으로 설치된다. 댐이나 저수지시설물에서 통신설비는 계측설비와 연계하여 실시간 변화하는 자연조건과 기계 장비들의 상태를 감시하여 적절한 운전을 수행하기 위한 목적으로 설치되고 있다.



[그림-4] Remote Terminal Unit

[표-11] 유선 통신 방식

구분	유선	
	광케이블	전용회선
구성		
통신방법	전기신호를 광신호로 바꾸어 전송하고 수신 측에서 다시 전기 신호로 변환	통신사업자의 전용선을 임대하여 사용 회선속도 선택가능
특징	광신호 전송 방식 이므로 전기적 잡음의 영향을 받지 않음. 초기투자 비용높음	설치비용 저렴, 전화국 및 선로 침수와 전송손실 등에 의하여 자료 전송의 신뢰성 저하
적용	인근 관측국	홍수통제소

댐이나 저수지 시설의 운영에 무인화는 통신설비와 제어설비, 계측 설비의 연계성으로 인하여 가능하게 되었다고 할 수 있다. 특히 유선 통신의 경우 [표-11]에서 보는 바와 같이 KT전용선이나 광케이블을 사용하는데, 광케이블 선은 전기적 잡음에 영향을 받지 않기 때문에 신호의 왜곡이 없다는 장점이 있는 반면에 초기 시설투자비가 높아 원거리까지 설치하지 못한다. 따라서 인접한 지역의 관측국까지만 설치가 가능하다. KT전용선을 사용하는 경우 전화국의 선로를 사용하는 것이므로, 신호의 왜곡이 일어날 수 있다는 단점을 가지고 있지만, 원거리에 위치하고 있는 홍수통제소까지 설치 할 수 있다. 댐이나 저수지 시설은 비용적 측면과 유지 보수적 측면을 고려하여 KT 전용선을 사용한다.

3) 무선통신 설비

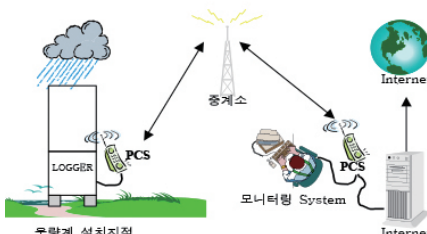
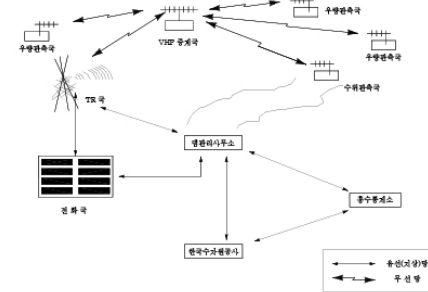
[표-12]에서 보는 바와 같이 무선통신설비는 크게 CDMA와 VHF를 주로 사용하고 있다. 그 가운데 CDMA (Code Division Multiple Access)의 특성은 기존 아날로그 신호 한 채널이 점유하고 있는 주파

수 폭을 넓게 확산시켜 광역 채널화하고 각각의 통화 별로 각기 다른 코드를 부여하여 디지털화된 정보를 식별 코드와 함께 실어 전송하는 방식을 사용하기 때문에 신호 왜곡이 적다. 반면, VHF(Very High Frequency)는 무선 주파수 스펙트럼 중 단파(HF)보다 높은 주파수대 번호는 8, 주파수 범위는 $0.3 \times 10^8 \sim 3 \times 10^8 \text{Hz}$, 즉 30~300MHz, 파장은 1~10m인 미터파(metric wave)를 의미한다. 흔히 초단파라고도 하는데 전파(propagation)의 특성 때문에 가시거리 통신에 사용되고 있다. 통신 구역 내에 산이나 고층 건물 등 차폐물이 있으면 크게 감쇄하거나 신호 왜곡이 심하다. VHF는 육상이나 해상, 항공 단거리 통신, 텔레비전 방송(채널2~13), 라디오 방송(FM 방송), 해상 및 항공 무선 항행 업무 및 레이더 등에 사용되고 있다. 댐이나 저수지시설에서는 무선(CDMA)망의 안정적인 통신서비스를 제공 받을 수 있는 점을 감안하여 백업 망으로 CDMA를 사용하고, 피드백 기능을 위해 VHF 사용한다. 특히 통신설비를 선정할 때는 현장 실사를 통한 Data의 안정적인 송, 수신과 보안성을 우선 고려하고, 유지

관리비, 운영자의 편리성 및 정보 공유, 장래 확장성을 감안한 통신 방식을 선정한다. 선정된 통신설비

는 향후 네트워크 증설에 대한 확장성이 용이하여야 한다.

[표-12] 유선 통신 방식

구분	무선	
	CDMA방식	VHF방식
구성		
통신방법	기존 휴대전화의 전송망이용	관측 자료를 무선으로 중계국을 거쳐자료전송 (70~160 MHz주파수 사용)
특징	설치 간편, 기상조건에 크게 영향 받지 않음	설치비용 저렴, 정부 및 군이동 통신 사용, 통신의 지형적 제약 조건 받음
적용	경보국 Backup망	경보국 주통신망

2.2.3 방류 예경보 설비

방류 예경보 설비는 저수지 유역내 강우에 대한 시간별 우량 및 수위 데이터를 실시간으로 관측하고 강우로 인한 유역내의 유입량을 계산하여 저수량 변화를 미리 예측하여 방류시 하류의 피해예상 지역에 경보방송을 할 수 있도록 하는 장비이다. 주요 기기

의 부분 장애가 발생하여도 방류 예보설비의 기능이 항상 유지 되도록 되어 있다. 방류 예경보 시설은 홍수통제소의 시스템과 연계 되어 있어 실시간 통제할 수 있도록 구성한다. 연계통신방식은 경보국 조작실과 방류 예경보설비간에 인터넷망을 주 통신망으로 사용하고 유사시 VHF 망을 사용하도록 구성한다.



[그림-5] 방류 예경보 설비

2.2.5 CCTV 및 출입통제 설비

영상감시(CCTV) 설비는 크게 보안용과 제어 공정용 두 가지 형태로 운영된다. 보안용은 외부에서 침입을 감시하는 목적을 가지고 있어 댐 시설물 가운데 주요장비가 설치된 건물 또는 건물외곽에 설치한다. 제어공정용은 일반적으로 기기장비의 작동이나 운전 상태를 감시하기 위한 목적을 가지고 있는데,

댐이나 저수지 시설과 같은 수자원시설에서는 [표-12]와 같이 하나의 목적을 추가적으로 가지게 된다. 홍수현황 파악 및 재해대책 차원에서 저수지 수위변화를 파악하는 기능적 목적이 추가된다. 시설물에 설치된 카메라는 통합 상황실에 연결되어 모니터링할 수 있도록 구성한다.

[표-12] 유선 통신 방식

설치위치	카메라형식	설치방식	통신방식
저수지제당 (저수지 수위감시)	Motorized Pan/Tilt	Pole Type	무선랜 + 광통신망(임대)
조작실, 방류 밸브실 (출입감시, 방호)	Motorized Pan/Tilt	돛 Type	유선랜 + 광통신망(임대)

현장에 설치되는 영상감시(CCTV) 설비는 [표-13]의 기능을 기본적으로 가지고 있다. 광학 줌 기능으로 수위 표지를 육안으로 확인할 수 있어야 한다. 또한 감시 대상 지역을 폭 넓게 볼 수 있도록 상하 좌우로 자유롭게 각도 조절이 이루어져야 한다. 또한, 야간에도 색상구별이 용이하도록 최소 100만 화소 이상이어야 한다. 현장에 설치된 카메라와 통합 상황실은 무선 통신과 유선 통신으로 연결되어야 한다. 이중화 연결 방법을 사용하는 것은 기후조건에 따라 무선 통신의 장애가 발생할 경우 유선통신

이 보완해 줄 수 있는 장점을 가지고 있기 때문이다. 또한 기본적인 연결방법으로 사용하는 것이 인터넷 망을 통한 방법이므로, 운영자가 휴대전화로 인터넷에 접속하여 실시간 영상을 확인할 수 있는 연결 방법을 사용하기 위해 웹 영상을 볼 수 있도록 도메인을 이용한 DDNS를 지원한다. 비디오서버에서 수집되는 카메라 영상을 통합 상황실에 있는 대형화면에 분할하여 나타낼 수 있도록 하여야 하며 영상데이터를 파일로 24시간 30일 이상 저장할 수 있도록 구성한다.

[표-13] CCTV 형식

구분	성능	구분	성능
최대화소수	100만 화소 이상 (박스 타입의 경우)	카메라형태	박스형 (Housing Type)
카메라	1/3인치 CCD 등	제어 형태	카메라 직접제어
영상압축방식	H.264또는 MJPEG4	최저 조도	0.08Lux 이하
광학줌배율	기본 20배줌 이상 (줌렌즈 탑재형)	회전 형태	Pen/Tilt 좌우350°, 상하+25°~-90°
투광등설치	투광기 탑재 가능형	지능형 지원	지원
자체저장기능	메모리 내장	기타	24시간

2.3 계측 및 자동제어 설비




2.3.1 수위계 및 유량계

1) 유량계

유량측정설비는 측정시간을 단축하고 무인 측정을 통해 측정 효율성을 높이고, 실시간 유량측정자료를 확보함으로써 하천유출량 파악을 위한 기초자료를 제공한다. 특히, 배수문에 의한 배수영향을 받는 지점은 유속이 현저히 떨어지고 역류 흐름이 발생하여 기존 측정방법으로는 신뢰성을 확보하기 어렵다. 따라서 신뢰성 있는 유량자료를 확보하기 위해서는 자동유량측정설비가 필요하다. 자동유량측

정설비는 실시간 유량을 측정하여 하천유지의 효율적 관리와 수로의 용수 측정을 통하여 용수낭비를 감소시킨다. 유량계 선정에 필요한 요건은 측정 정밀도가 높아야 하고, 유지관리가 용이한 기종이어야 한다. 또한, 별도의 세정장치가 필요 없고 내구성이 뛰어나야 하며 유량 측정의 정확도 및 편리한 유지관리성이 확보되어야 한다. 자동유량측정설비는 센서부와 제어시스템부로 구성된다. 센서부에는 초음파센서와 수위측정용 센서로, 제어시스템부에는 시스템 제어장치, 통신시스템, 시스템 모니터링, 전원공급 및 시스템 보호 장치 등으로 구성된다. 일반적으로는 초음파식 유량계를 적용한다.

[표-14] 유량계 형식 비교

구분	초음파식	레이더식	비만관전자식
외형			
측정원리	초음파 도플러 효과	레이더원리	패러데이 법칙 응용
	유체내에 초음파를 전달하여 관내의 유속을 검출하고 수위를 측정하여 유량으로 산정하는 방식	레이더원리를 활용하여 유속을 측정하고 초음파식 또는 압력식으로 수위를 측정하여 유량을 산정하는 방식	패러데이법칙을 응용하여 자기장속을 흐르는 유체가 발생하는 기전력을 측정하여 유량을 산출하는 방식
유속	-4~4m/s ±2.0%	0.23~6.1m/s ±0.5%	-10~10m/s (최대±10m/s)
수위	0~5m	0.63cm~3.5m	
수위측정	초음파 또는 압력식	초음파식 및 압력식	전자식
세정장치	있음	없음	없음
저장능력	512KB 이상	64KB 이상	512KB 이상

2) 수위계

댐이나 저수지시설 상류에 설치하는 수위측정소는 저수지로 유입되는 하천수의 수위-유량관계를 도출하기 위한 기능을 한다. 반대로 하류의 수위측정소는 저수지 방류로 인한 하천수위 상승을 측정하기 위한 기능을 가지고 있다. 수위계 설치 위치는 수

위를 가장 확실하게 파악할 수 있는 지점으로 선정하고, 홍수예보 프로그램에서 사용될 수 있도록 한다. 수위계는 대상구역의 특성과 사용 자료의 목적, 관측지점의 위치 및 주변여건과 신뢰도, 경제성, 설치 및 유지보수 편리성 등을 비교 검토하여 조차이 용이한 장비로 선택하는 것이 일반적이다.

[표-15] 수위계 형식 비교

구분	부자식수위계	레이더식수위계	초음파수위계
개요			
원리	액면에 Float를 띄워서 위치를 측정하는 방식	센서에서 레이더를 연속 발신하여 측정액에서 반사된 신호를 수신센서가 받아 신호 시간차를 연속 측정하여 거리에 비례한 신호로 수위계측	센서에서 발신된 초음파 펄스는 측정액에서 반사되어 되돌아오고 되돌아온 신호를 센서로 받아서 발신 펄스와 수신 펄스의 시간차를 측정하여 거리에 비례한 신호로 수위계측
측정방식	Float 측정방식	레이더 주파수 반사방식 (연속식)	고정밀반사방식 (온도보상가능), (간헐식)
측정범위	1~30m	0.5~40m	0.3~30m
측정정도	+/- 1~2%	+/- 1mmL	+/- 0.25%
출력	4~20mA	4~20mA	4~20mA
장점	설치 간단, 측정액의 밀도변화 영향을 받지 않음, 가격 저렴	측정거리가 60m까지 가능, 측정 구간내에 물체 간섭 이 있어도 레벨 측정가능, 먼지나 이물이 있어도 측정 가능	널리 쓰이는 레벨측정 레이더형에 비해 가격이 낮음, 데이터 전송 실패시 30일 이상의 데이터 저장, CDMA,TCP/IP, SMS 지원
단점	파의 영향이 고려 되는 경우 방파통을 설치 염소등의 부식성가스 환경에서는 Float 재질은 경질 비닐,와 이어는 코팅 필요	센서와 변환기의 분리 설치 곤란, 가격 비교적 높음	측정구간 내에 간섭하는 물체가 있는 경우 측정 불가, 먼지나 수분이 많은 장소에는 센서의 감도가 현저히 떨어져 측정 오차 발생

일반적으로 상류 수원에는 레이더식 수위계를 적용하고 하류수원에는 초음파 수위계를 적용한다. 수위 측정 시스템은 수위 측정 장치, 통신장치, 및 전원장치로 구성된다. 전원장치는 상용전원과 충전기

에 의해 전원을 효율적이고 안정적으로 공급하여주는 역할을 하고, 통신장치는 통합 상황실 운영컴퓨터와 통신을 위해 [표-16]과 같은 최소 구성 요건을 가진다.

[표-16] 수위 측정소 시스템 구성요건

품명	규격
전자식 수위 레코더	수위 : 365일
자동수위 측정장치(관측국용)	HDLC 1200BPS
레이더 수위계	0~20m
CDMA	800MHz
써지보호기	전원용
스위칭 허브	4 PORT
Battery	DC 12V 200AH
피뢰침	쌍극자공간 전하분산형

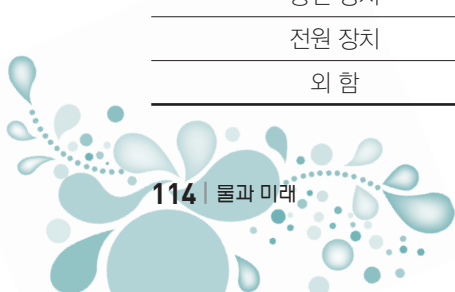
2.3.2 기상 환경관측설비

기상환경 관측 시스템은 지역의 기상환경을 원격 관측하고 측정된 자료를 통합 관리시스템으로 전송하기 위해 수자원 시설의 조작실 등에 설치한다. 일반적으로 기상관측 설비는 RTU통신방식을 이용하

여 정보를 주고받는데, 현장에 설치되는 관측 장비들은 [표-17]과 같이 신호를 발생시키지 않는 장비도 포함되어 있어 별도의 DATA로 변환시키는 장비를 추가하여 설치한다.

[표-17] 기상환경관측설비

품명	규격
풍향 감지기	0~360°, 그레이코드 식, 비접촉식 광전방식
풍속 감지기	0~75m/s, 비접촉식 Photo-chopping방식
대기 온도감지기	-40 ~ +60, 정확도±0.2°C
습도 감지기	0 ~100%, ±2%, 정전용량방식, 응답속도10s
강수감지기	Impedance 검출 방식, 강수감지도 0.05cm ²
Data Logger	최대16Mhz, RTOS, 배터리 2년 이상 지속
차광통	알루미늄, 아노다이징, 분체도장
측기탑	10m, 알루미늄, 삼각구조
통신 장치	RS232 또는 RS-485
전원 장치	PWM충전방식, 배터리상태표시
외 함	(500 x300 x250)SUS, 2.0T



2.3.2 자동제어 설비

일반적인 전기 영역에서의 자동제어 설비는 DCS와 LCS와 같은 SCADA시스템을 의미하지만, 수자원 설비에서 적용되는 자동제어시스템은 [표-18]과 전력계통을 보호하기 위한 보호계전설비와 기기설비를 보호하고 운영하는 운영제어시스템, 관측 및

계측설비로 나뉜다. 전력계통 감시제어 설비는 전력계통의 저압동력반의 배선용 차단기와 과전류 보호계전기, 지락 과전류 차단장치에 보호계전기를 설치하여 전기적 문제 상황을 감시하여 통합 상황실로 관련 DATA를 전송한다. 이때 사용되는 통신 방식은 RTU를 이용한다.

[표-18] 전력계통 보호계전기

전동기 보호		저압계통 계전기	
과전류 보호계전기(EOCR)	과전류, 결상, 불평형, 역상	누전계전기(ELD)	누전 경보기
		영상변류기(ZCT)	영상전류 검출 지락보호

운영제어 시스템의 경우에는 권양기에 대한 감시 제어 시스템의 성격이 강하다. 권양기의 조작제어 및 감시를 통합 상황실에서 운용할 수 있도록 무선 통신 설비를 구비하고 필요시 현장에서 단독조작이 가능한 시스템을 구축한다. 실시간 원격 감시제어와 자체진단 시스템을 구비하여 시스템의 문제발생시 즉각적으로 고장 신호를 전송할 수 있는 기능이 포함되어 있다. 현장제어반은 기상변화, 호우 등에 대비하여 내부 온도조절과 방수성능이 요구되고 권양기 개방, 폐쇄를 검출하고 설비를 정지시키는 기능과 조작 시의 오동작, 과부하 등에 의한 설비의 손

상을 방지시키기 위해서 필요한 보호기능이 설치되어야 한다. 무인화 설비로 운영되는 수자원설비에서는 전동기의 보호계전기능, 원격제어감시기능, 고장 표시기능, 실시간 데이터 통신기능을 구비한 디지털 모타 보호 제어 장치 등이 포함된다. 옥외 계측 및 관측제어 설비는 저수지 유역의 수위측정 및 관측을 수행하고 하루에 유량을 관측하도록 설치한다. 기상 관측설비는 지역기후를 관측하여 저수지의 월류시 하루에 체류 중인 주민의 대피 정보를 위해 방류 예경보설비가 작동할 수 있도록 DATA를 연동하여 설치한다.

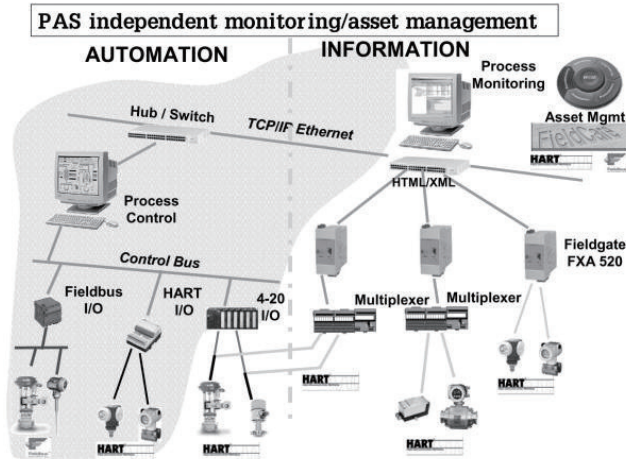
[표-19] 옥외 계측 및 관측시스템

구분	항목	설계표준	설치지점
관측설비	수위측정소	수위계 형식 : 레이더식	수로
		수위계 형식 : 초음파식	상류, 하류
	기상관측설비	우량계: 전도형 우설량계	수로 인근
방류 예경보시스템	경보국	침수가 되지 않는 제방 등 높은 위치	제당
영상감시 시스템	CCTV 감시 설비	20배 줌 이상	제당 및 밸브실 내부

3. 기술 발전 동향

수자원과 관련된 다양한 기술이 발전되어 효과적인 운영방안들이 모색되는 것과 같이 수자원 분야에서 전기 영역도 다양한 통신기술과 제어기술의 발전을 통하여 무인화 설비 구축의 신뢰성을 확보하고 있다. 앞에서 살펴본 바와 같이 수자원 설비에 적용되는 전기설비는 일반 전기 분야의 설비와 동일한 것처럼 보이지만 차별화 되어 있다. 일반 전기 설비는 무인화 설비율이 40% 미만이지만, 수자원설비의 무인화는 80%이상이기 때문이다. 또한 일반전기 설비에서의 제어의 목적은 기계장비 운용과정에서의 감시와 운전이지만, 수자원설비에서는 기상 관측이 포함되어 있다는 사실을 알 수 있다. 현재 전기 분야는 스마트 그리드 구현을 위한 PMS와 PAS라

는 시스템 개발과 적용을 위한 노력을 경주하고 있다. 이 두 시스템의 궁극적인 목적은 무인화, 자동화, 정보화의 신뢰성 확보에 있다. 수자원설비에서 요구하는 조건을 보다 완벽하게 구현하고 있다고 보아야 할 것이다. 특히 전력 계통에서 무인 자동화를 목표로하는 PMS(Power Management System)은 전원관리시스템으로 전력계통에서 발생하는 문제점을 사전에 감시하고 통제하므로써 전력손실을 최소화하며, 전력계통을 보호할 수 있는 시스템으로 주목 받고 있다. 또한 제어기능에서의 PAS(Process Automation System)는 공정제어 또는 자동화 시스템의 기능을 수행하는 것으로 센서, 컨트롤러, 액추에이터를 상호 연결하는 네트워크에 의한 운영시스템이다. 🌊



[그림-6] PMS & PAS configuration



- [1] 저수지 뚝 높이기 사업 전기분야 보고서, 농어촌공사, 2012년
- [2] 김성철, PMS와 PAS의 적용 사례 분석을 통한 합리적인 전력제어시스템 관한 연구, 대한전기학회, 2014년
- [2] ABB, "Detailed Description of Operation _PMS & PAS", 2011년
- [3] FLUOR, "SASOL LAKE CHARLES CHEMICLAS PROJECT POWER MANAGEMENT SYSTEM AND SUBSTATION AUTO-MATION", 2013년