

우리나라의 수자원 이용 및 유체기계 관련기술 현황

김철수* · 유재역* · 오상현*

1. 머리글

물을 활용하는데 있어 펌프와 수차는 핵심설비로서 운영된다. 밸브와 같은 각종 부대설비가 요소에 적절하게 설치되어 직접적인 제어를 하게 되므로 유체기계는 정상적으로 동작하는 것은 대단히 중요한 일이다. 여러 종류의 유체기계는 사용되는 상수도에서 기계류의 신뢰성은 최근 빠르게 향상되고 있으나, 아직도 기술력이 부족하고 영세한 업체가 난립되어 있어 믿고 사용할 수 있을 정도로 그 수준이 높지 않고, 오래 전에 시공한 시설의 기계류는 노후되고 적절하게 유지관리가 되지 못한 경우도 많아 더욱 어려운 것이 현실이다. 이러한 환경에서도 최근 많은 유체기계기술자가 배출되어 기술기반이 두터워지고 계획, 설계, 시공 및 유지관리까지 선진기술과의 접목이 많아지면서 시설의 선진화가 진행되는 것은 바람직한 것으로 보인다.

2. 우리나라의 수자원 이용현황

UN에서 물 부족국가로 분류하고 있는 우리나라는 연평균 1,274 mm의 강수량을 보이고 있으나, 좁은 국토에 많은 인구가 살고 있어 1인당 강수량은 2,755 m³로 세계평균 26,800 m³의 11%에 불과하다. 더욱이 홍수기인 6~9월에 년 강수량의 2/3가 집중되는 반면, 10~3월에는 년 강수량의 1/5에 지나지 않는 강수량의 계절적인 편중이 매우 심하여 물을 다스리고 필요한 때와 장소에 시의적절 하게 배분하여 사용하는 것이 어려운 것이 사실이다. 이러한 조건하에서 정부는 1966~1975년에 걸친 수자원종합개발 10개년 계획, 1970~1981년에 걸친 4대강 유역 종합개발계획, 1981~2011년까지의 수자원 장기종합계획을 추진하여 경제발전에 필요한 용수공급과 홍수조절 및 수력발전으로 무공해 전력을 생산하여 왔고, 현재 다목적댐 10개, 하구언 5개, 발전 전용댐 10개, 생공용수 전용댐 15개와 다수의 농업용수 전용댐을 건설하여 수자원의 총 저수용량은 145억톤, 유효저수용량 98억톤을 확보하고 있으며 사업효과는 홍수조절 23억톤, 용수공급 127억톤, 발전시설용량 3,152천 kW에 이르고 있다. 그림 1은 우리나라의 수자원 이용 현황을 요약하여 나타내었다.

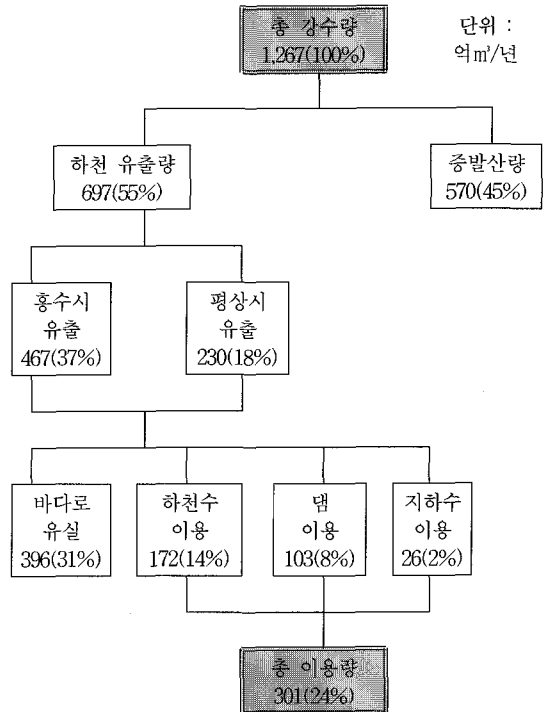


그림 1 우리나라의 수자원 이용 현황

산하여 왔고, 현재 다목적댐 10개, 하구언 5개, 발전 전용댐 10개, 생공용수 전용댐 15개와 다수의 농업용수 전용댐을 건설하여 수자원의 총 저수용량은 145억톤, 유효저수용량 98억톤을 확보하고 있으며 사업효과는 홍수조절 23억톤, 용수공급 127억톤, 발전시설용량 3,152천 kW에 이르고 있다. 그림 1은 우리나라의 수자원 이용 현황을 요약하여 나타내었다.

2.1 수도 공급 현황

지방상수도 및 광역상수도에서 공급하는 수도공급 현황을 표 1에, 한국수자원공사의 수도시설현황을 표 2에 각각 나타내었다. 공사의 물 값은 표 3에 나타낸 바와

* 한국수자원공사
E-mail : ohenry@kowaco.or.kr

표 1 수도 공급 현황

구 분	전 체	지방상수도	광역상수도	비 고
총량기준	30,111 (100%)	15,537 (51.6%)	14,574* (48.4%)	* 공업용 수도 포함
상수도기준	26,909 (100%)	15,537 (57.7%)	11,372 (42.3%)	

(2000년 한국수자원공사 수도관리년보, 단위: 천m³/일)

표 2 한국수자원공사 수도시설 현황

구 분	시설 용량 (천m ³ /일)	주요 시설물(개소)				관로 (km)
		댐	취수장	정수장	가압장	
총 계	14,574	12	24	29	38	2,764
한강 권역	8,115	2	7	8	11	864
낙동강 권역	2,977	8	7	8	8	709
금강,섬진강 권역	3,482	2	10	13	19	1,191

표 3 용수 요금 현황

구 분	광역상수도			댐 용수		
	계	설비용금	사용요금	계	기본 요금	계량 요금
평 균	220.01	66.00	154.01	30.35	25.65	4.70
원 수	143.43	43.03	100.40			
정 수	275.07	82.52	192.55			
침전수	241.53	72.46	169.07			

(2001.10.현재, 단위: 원/m³)

같이 광역상수도 요금과 댐용수 요금 2가지이며, 전국 동일 요금체제로서 지역별 차등 없이 동일하게 사용량에 따라 지불하며, 형태상으로는 설비용금과 사용요금의 이부요금제도를 적용하고 있다. 최근의 수도사업은 수질기준 강화, 국민과 수용가들의 수질에 대한 욕구 불만, 수질환경보존을 위한 비용증가 및 수자원 확보를 위한 댐건설 등에 막대한 투자가 요구되고 있는 실정이다. 또한 인건비, 건설 및 유지관리비, 에너지비, 약품비 및 슬러지 처리비용은 매년 지속적으로 증가하고 있으나, 현재의 물 값만으로 편익과 사업성을 기대하기란 매우 어려운 게 현실이다. 원가에도 미치지 못하는 낮은 물 값은 물 낭비를 막지 못하고 재원이 부족하여 노후시설 교체와 신규시설 투자의 어려움을 가중시켜 물 부족과 수질악화 등 물 문제의 악순환만을 초래할 뿐으로 바람직하지 못하며, 다른 공공요금과 가구당 월 지출액을 비교해보면 수도요금은 월 8,923원으로 전

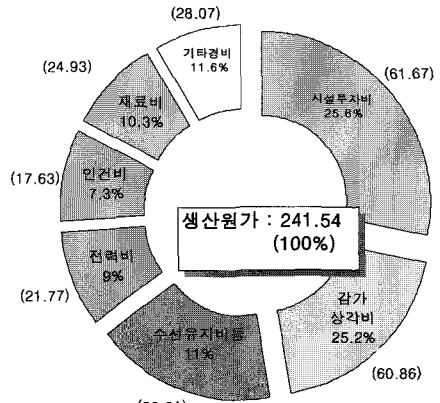


그림 2 원가 구성비

표 4 수력 발전 현황

구분	발전소 수	발전기 대수	설비용량 (MW)	총용량 비율(%)
기력	20	56	18,209	41.0
원자력	4	14	12,016	27.0
복합화력	10	94	10,785	24.3
내연력	9	54	266	0.6
수력	42	125	3,152	7.1
총계	85	343	44,427	100

기요금 월 28,971원, 통신요금 월81,398원에 비해 너무나 큰 차이가 있다. 그림 2는 생산원가 구성비를 나타내는데, 우리나라의 물 값 수준은 생산원가의 72%로써 아직도 낮은 수준이고 앞으로 닥쳐올 물 위기 시대를 대비하기 위해 물 값 현실화 방안을 수립하여 추진 중으로 2004년까지는 100% 수준으로 끌어올릴 계획이다.

2.2 수력 발전 현황

우리나라의 전력 산업은 99년 8월말 현재, 설비용량으로 약 44백만 kW이며, 이중 약 7.1 %에 해당하는 3 백만 kW가 수력부원으로 구성되어 있는데, 이 세부 현황은 표 4와 같다.

3. 수도분야의 유체기계

물을 취급하는 수도시설은 펌프와 같은 대표적인 유체기계부터 밸브, 공기압축기, 유량계 및 기타 특수한 수처리 설비까지 여러 가지 설비가 사용된다. 상수도

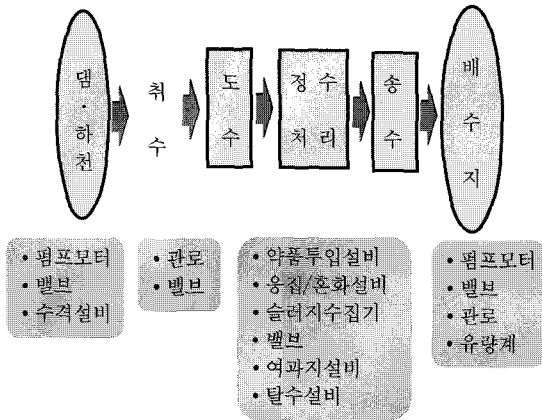


그림 3 상수도 시설의 흐름도

시설을 보면 그림 3과 같이 각 단계별로 다양한 기계가 설치되게 된다.

3.1 유체기계의 종류 및 역할

3.1.1 원심펌프

광역상수도는 국가 자원을 효율적으로 사용하기 위한 방법으로 여러 곳의 지방자치단체에 물을 공급하는 시설이므로 먼 거리까지 송수할 수밖에 없어 펌프에 의한 취수와 가압은 필연적이며, 정전으로 동력이 차단되면 물을 공급할 수 없게 된다. 대도시의 수도시설은 대규모 시설로서 대형 펌프가 설치되며, 현재 최대 규격은 일 33만 m³, 양정 80m인 횡축 양쪽흡입 원심펌프이다. 원심펌프가 사용되는 용도별로 구분해보면,

- 취수펌프 : 댐이나 하천으로부터 원수를 취수하여 정수장까지 공급
- 송수펌프 : 정수처리 후 배수지 및 가정까지 공급
- 포세, 역세펌프: 여과지의 여과모래가 막혀 여과능이 떨어질 경우 기능회복을 위해 주기적으로 가동
- 회수펌프 : 역세척과 침전지에서 슬러지를 배출시킬 때 사용한 물 중 위쪽의 맑은 물을 재사용하기 위해 회수하는데 사용
- 기타 : 염소투입용, 소내 급수용, 오·배수용, 냉난방 순환용, 탈수기 여과포 세척용

3.1.2 특수펌프

- 정량펌프(다이어프램펌프): 수처리 약품인 LAS(액체 황산반토), PAC(폴리염화알루미늄), 가성소다 등을 유량과 수질에 따라 약품을 정량적으로 투입하는데 사용

- 모노펌프: 정수처리 시 발생하는 농축 슬러지를 탈수시키기 위해 정량적으로 이송하는데 사용
- 년클로그(non-clog)펌프: 농축단계까지의 슬러지 이송용
- 진공펌프: 원심펌프가 자연적으로 만수 조건을 충족하지 못할 경우 펌프장에 설치하며, 과거에는 외국의 건식 프라이밍 장치를 사용하였으나 최근에는 국산 수봉식으로 정착되고 있음.

3.1.3 밸브

수도에서는 대단히 많은 밸브가 사용되며 그 종류도 다양하다. 가장 많이 사용되는 버터플라이 밸브는 최대직경 2,800 mm, 사용압력 10 kg/cm² 까지 제작 설치된 적이 있으며, 게이트 밸브도 많이 사용된다. 도수·송수관로에는 약 2km 마다 차단용으로 설치하며, 낮은 지점에는 침사 배출을 위한 이토밸브, 높은 곳에는 공기밸브가 설치된다. 이들 밸브의 신뢰성은 수도시설의 운영에 상당한 영향을 미칠 수밖에 없으며 현재 운영 중인 시설 중에는 제작기술이 뒤떨어지던 시기에 제작되어 설치된 밸브도 많이 있고, 열악한 위치에 설치되어 유지관리가 정상적으로 이루어지지 못함으로써 필요시 정상적으로 작동되지 않은 사례도 많이 있었지만, 최근에 품질 좋은 제품을 개발하여 시장에서 인정받으려는 업계의 노력은 정말로 반가운 현상이 아닐 수 없다.

(1) 버터플라이밸브

가장 범용으로 사용되는 밸브로서 구조물 연결부와 관로상에 설치되며, 유지관리를 위한 차수용과 유량, 압력 및 수위제어를 필요로 하는 위치에 널리 사용되고 있다. 다른 제어용 밸브에 비해 제어성은 떨어지지만 가격이 아주 저렴하고 손쉽게 작동할 수 있어서 제어량이 크지 않은 장소에서는 별다른 문제없이 사용이 가능하다.

(2) 역지밸브

펌프의 토출측에 설치되고 아주 다양한 형태를 보이고 있으며, 펌프운전과 관련해서 요구되는 기능이 다양하고 펌프장의 안전과 신뢰성에 영향을 주는 중요한 역할을 하지만 국내의 기술은 외국제품을 모방 제작하는 정도로 전문성이 부족하여 다른 기계류에 비해 상당히 떨어지는 수준으로 판단된다.

(3) 자동밸브(automatic control valve)

클로브밸브에 다이어프램 조작기를 설치하여 밸브

상·하류의 압력과 파일럿밸브(pilot valve)와 솔레노이드밸브(solenoid valve) 등 여러 가지 부속품에 의해 외부의 동력 없이 수력적으로 작동되며, 설정값과 조작 신호에 의해 유량, 압력, 수위 등을 정밀하게 제어하는 자동밸브로서 그 기능이 우수한 밸브이다. 직경 500mm 이하의 중소배관에서 주로 사용되며, 외국에서는 여러 분야에 많이 사용되고 있으나 국내에서는 초기 적용단계에 있다. 국산 밸브도 있으나 정수위밸브와 감압밸브로 주로 적용되고 있으며 앞으로 보다 여러 가지 목적으로 상품화하는 것이 필요하다.

3.1.4 유량계

수도분야에서는 전자식과 초음파식이 주로 사용되고 있으며, 직경 300mm 이하에서는 수도미터도 사용된다.

3.1.5 기타

(1) 공기압축기

여과지를 일정시간 사용하면 물 속에 있던 탁질이 여과사에서 걸러 여과 성능이 저하되었을 때 실시하는 역세척을 과거에는 여과흐름방향과 반대방향으로 물을 공급하였으나 최근에는 공기를 함께 사용하는 것이 훨씬 효과가 좋은 것으로 알려져 많이 적용되고 있다. 이 때 루츠송풍기(Roots blower)와 같은 대용량 공기압축기가 사용된다.

(2) 이젝터(ejector)

여러 가지 수처리 약품을 원수(raw water)에 희석시키기 위해 정량펌프의 대응으로 적용되고 있으며, 적용 초기단계로서 사용기술의 안정화까지는 얼마간 시일이 필요한 것으로 판단된다.

(3) 혼화/응집기

정수장의 혼화지와 응집지에서 플록(floc)의 성장을 도와주기 위한 교반기로서 외국에서는 수중익(hydro-foil) 개발을 완료하고 현장 적용을 하는 등 전문성이 큰 분야로서 한국수자원공사에서도 이런 응집기가 많이 적용되고 있다.

3.2 시설운영 사례소개

3.2.1 권역통합 운영센터

우리나라는 우리 경제의 구조적 문제와 기술경쟁력에 비하여 고비용의 낮은 생산성으로 인한 경쟁력 저

하 및 시장개방 압력을 받고 있으며, 이는 수자원공사도 마찬가지이다. 이에 경쟁력이 낮을 수밖에 없는 노동집약적 운영체제에서 기술집약 형태로 나아가는 길만이 수도사업의 구조조정과 경영의 효율성을 제고할 수 있는 유일한 대안으로 판단되어 수도분야의 기술선진화를 추진 중이다. 이 중 한가지가 권역통합 운영센터로서 전국을 12개 권역으로 나누고, 각 권역에 위치한 총 39개의 단위 광역상수도시설을 감시 제어한다. 그 동안 광역상수도의 개발이 지역적으로 이루어져 용수공급체계가 중복되는 등 비효율적인 면이 있으며, 최근의 정보통신 기술의 급속한 발달에 따라 컴퓨터를 이용한 운영관리기법이 선진국에서 도입되어 수질의 신뢰성을 확보하면서도 약품비, 전력비 등 운영비용의 5~10%까지 현저한 절감을 이루어내고 있으므로, 우리도 이를 도입하여 고비용 구조에서 저비용 구조로 체질 개선을 기대하고 있다.

그림 4는 권역통합 운영센터의 주요 기능을 요약하여 나타내었다. 권역 운영센터는 단위 수도사업장의 운영 및 운전(설비) 체계를 획기적으로 선진화시켜 기술집약적 경제적 용수공급 관리체계를 구축하고, 인접한 광역 수도사업장을 대권역으로 통합하여 권역 내의 용수공급 운용계획을 총괄적으로 지휘·조정함으로써 날로 악화되고 있는 수도운영 부분의 사업성을 제고하려는 시도로서,

- ① 수요 변동에 따른 사전 예측적 수원, 수량 관리 및 설비운영
- ② 중·소규모 단위 사업장의 원격 무인화 운전
- ③ 용수공급 계통 내의 수질, 유량, 압력, 수위 등의 실시간 집중관리 및 이상발생 시 경보 발령으로 신속한 판단과 처리
- ④ 단위 사업장과 권역 통제센터의 운영기술인력을 차별화·고급화시켜 전문화된 기술경쟁력 확보
- ⑤ 권역 내 용수공급 계통간 루프(loop)화 운영
- ⑥ 관리시설의 정확한 기록유지 및 수정작업
- ⑦ 각종 데이터(시설이력, 점검정비, 고객정보) 수집, 검색, 통계처리의 체계적 종합관리 및 정보의 공유화
- ⑧ 신속한 의사 결정 체계를 구축하고자 한다.

3.2.2 수도권 광역상수도 운영센터

권역 운영센터의 그 첫 번째가 수도권 광역상수도인데, 수도권 용수공급계통의 감시 및 제어체계를 그림 5에 나타내었다. 수도권 5단계 시설이 준공된 현재 시설

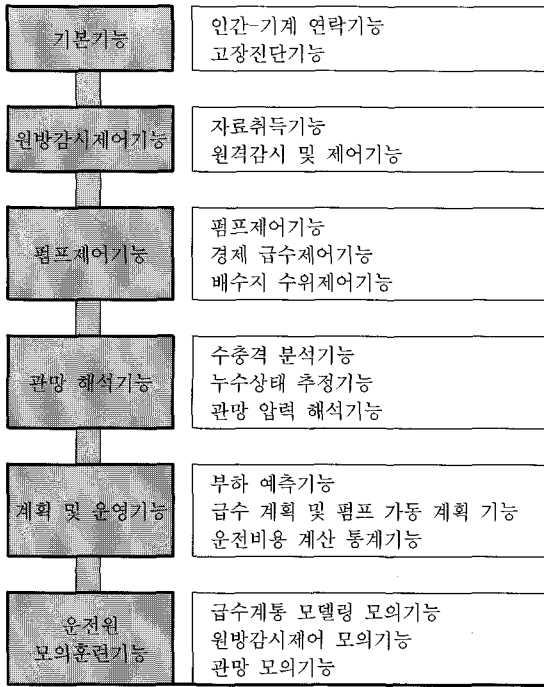


그림 4 운영 센터의 주요 기능

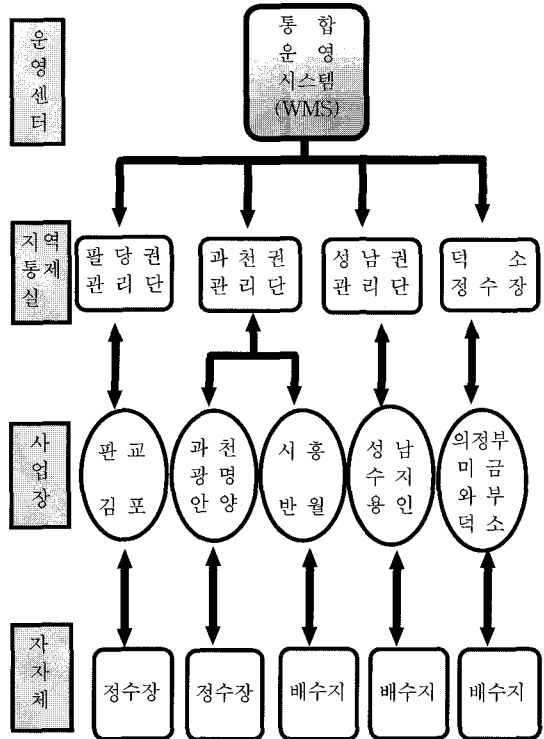


그림 5 수도권 응수공급계통 감시 및 제어체계

용량이 세계 최대규모(765.5만 m³/일)로 수도권 2천만 인구의 60%를 차지하는 25개 시군에 보다 안정적인 물 공급 및 서비스 향상을 위해 수도권광역상수도 운영센터를 설립, 컴퓨터 및 통신장치를 이용하여 각종 데이터를 수집하고 송수관 및 지방자치단체 배수지와 정수장까지의 계통 전체를 감시 및 제어하며, 지방자치단체 및 수용가와 취득된 데이터를 상호 공유하고 있다. 수도시설을 보다 안정적이고 효율적으로 운영하고 물을 공급하는 기능을 맡아 복잡한 관로의 유지보수 시에도 수돗물 공급이 계속되도록 운영을 하고 있으며, 수충격 등의 발생을 방지하여 관로를 보호하도록 하고, 전력비 절감을 통한 경제적 운영관리까지 실시하여, 선진국 수준에 도달하기 위해 부단히 노력하는 중이다.

3.2.3 수도권광역상수도 연계운동을 통한 원가절감

수도권은 1단계부터 5단계까지 일 765만 m³을 공급할 수 있는 시설을 가동하고 있지만 2001년 평균 337만m³이 공급되는 상태로써 가동율이 적정수준에 미달되고 있다고 볼 수 있다. 여기에 수도권 시설의 전력비는 2001년 240억원에 이르는 막대한 비용을 지출하였으며, 이를 절감하는 것은 한국수자원공사의 경영

현안일 뿐만 아니라 에너지 사용을 줄여 국익에도 크게 도움이 되는 사항이다. 수도권의 관로는 여러 방향으로 설치되어 있지만 그 중에는 인접하여 나란히 설치된 구간도 있고 동일 지역으로 공급되는 경우도 있다. 인천·안산지역은 4단계와 최근 준공한 5단계 관로가 이에 해당되는데, 4단계로 공급할 때는 팔당 제2취수장(양정 80m)의 가동율이 77%이고, 광명가압장(32m)까지 2차 가압을 하여야 하지만, 5단계는 가동율이 10% 내외로써 팔당 제3취수장(양정 80m)의 가압만으로 100만 m³까지는 인천·안산지역으로 직접 공급이 가능한 시설이고, 4-5단계를 연결하여 비상시 용수공급이 가능하도록 관로가 형성되어 있다. 펌프의 양정에는 실양정 뿐만 아니라 관로에서 발생하는 손실수두도 포함되어 있고, 관로손실은 통과유속에 좌우되므로 가동율의 불평형을 개선하기 위해서는 4단계 공급량의 일부를 비상 연결관로를 통해 5단계로 공급함으로써 개선이 가능하다. 인천·안산지역에 공급하는 일 70만 m³의 물을 5단계 공급으로 전환함으로써 m³당 18원의 동력비를 12원으로 낮추게 되었으며, 광명가압장의 나머지 공급량(일 50만 m³)까지도 우회(by-pass)관로를 이용하여 펌프 가압 없이 인

천시 노온정수장까지 공급함으로써 5단계 공급량이 증가되어 직접 송수가 되지 않을 때까지 3년 이상 전력비를 연간 20억원 이상씩 절감토록 하였다. 이러한 방법을 실행하기 위해서는 계통에 대한 전체적인 이해와 KY-pipe나 SWS와 같은 관망해석 프로그램 및 수충격 해석 프로그램을 이용한 사전 검증과 준비과정이 필요하다.

3.2.4 펌프장 무인화 및 원격제어운영

수도시설에서 펌프장은 많은 국민들과 공장에 생활 및 공업용수를 공급하므로 매우 중요한 시설로 분류되고 있다. 만약 정전이나 예기치 못한 사고로 인해 장시간 물 공급이 중지된다면 그 피해는 엄청나게 크기 때문이다. 그러나 컴퓨터와 통신의 발달은 원격감시제어를 가능하게 만들었고, 사고 시 그 복구나 대응방안이 마련된다면 무인원격 제어운영이 가능하며 중소규모의 펌프장부터 시설기준을 수립하고 설비를 보완하는 무인화 계획을 추진 중에 있다.

3.3 수도분야 유체기계 기술자의 역할

물에 관한 가장 중요한 사항은 필요한 수량의 확보와 안심하고 마실 수 있는 수질임에 틀림없다. 상수도에서는 수량의 확보를 위해서 댐, 관로, 저수조, 펌프 등을 갖추고, 수질확보를 위해서 정수처리시설을 계획하며, 이러한 수도시설은 토목, 건축, 기계, 전기, 계측 제어 및 환경 등 다양한 분야가 종합적으로 함께 이루어지는 특징을 가지고 있다. 계획과 건설 시에는 토목 기술자의 역할이 크지만, 요소 요소에 설치되어 각종 중요한 기능을 하는 다양한 기계설비는 운영관리 중에 가동되는 부분이 대부분으로 기계적 고장이 적고, 신뢰성이 커야 하며, 운영과 유지보수가 용이해야 하고, 높은 효율로 운전되도록 설계되고, 이러한 조건을 충족하는 기계가 선정되어야 함은 대단히 중요한 사항으로 기계 기술자의 역할이 전체적인 시설의 수준을 결정한다고 볼 수 있다. 각 단계별 기계 기술자가 담당해야 하는 일은 다음과 같다.

3.3.1 계획단계

(1) 펌프 및 부대설비

- 계획수량, 취수조건 및 수위변동 특성 파악
- 관로의 직경, 거리, 중단면 파악
- 토출수문의 수위변동 특성파악

- 규격 및 대수 결정
- 형식 결정
- 양정 결정
- 캐비테이션 발생여부 검토 및 방지방안
- 원동기 형식 및 규격 결정
- 건설공사비와 운전비를 고려한 경제성 분석
- 기계의 배치 및 기장계획 수립
- 흡수정의 구조 설계
- 공급수량의 변화에 따른 경제적 펌프운전 방안 수립

(2) 취수구설비

- 취수구 철 구조물 및 수문 강제 설비류의 계획 및 상세 설계
- 원수유입을 방해하는 부유물의 제거방안

(3) 안전설비

- 수충격 해석
- 수충격 완화설비 선정 및 설비계획

(4) 부대설비

- 흡입/토출측의 계수밸브
- 역지밸브의 형식
- 펌프 유량제어밸브의 필요유무 및 필요시의 유량 제어방안
- 크레인의 배치 및 규격
- 펌프 프라이밍 장치 배치 및 규격(필요시)

(5) 관로설비

- 제어용 밸브의 선정 및 운영방안

3.3.2 건설분야

- 에너지 절감설계(인라인 가압장, 변속펌프)
- 펌프 및 밸브에 대한 시설 안정성 확보
- 수처리 설비의 품질 향상
- 선진 신기술의 평가 및 도입

3.3.3 관리분야

- 관망해석 및 수충격해석
- 에너지 절감 방안
- 설비의 신뢰성 향상방안
- 유지관리체계 개선
- 근무환경 개선

4. 수력발전 분야의 유체기계

4.1 다목적댐 운영에서 수력발전의 역할

우리나라의 물 관리체계에서 다목적댐이 차지하는 비중은 대단히 크다고 할 수 있다. 서두에서도 밝혔듯이 강우특성이 홍수기에 집중되고 호우 등 기상적인 요인과 급경사, 짧은 하천 구간 등 지형적인 요인으로 인해 호우의 빠른 유출현상이 발생하므로 홍수피해의 최소화와 저수한 물을 하류에서 사용하는 생활용수, 농업용수 및 공업용수뿐만 아니라 수질관리를 위한 하천유지용수까지 다목적댐을 어떻게 활용하느냐가 관건이라고 볼 수 있다. 우리나라의 수력발전소 현황은 표 5와 같다.

다목적댐은 홍수조절, 용수공급 및 발전 등 여러 가지 기능을 가진 댐으로서 발전을 통해서 댐 수위관리를 실시하며 하류 용수공급을 하므로 절대적인 운영수단이 된다. 댐을 건설함으로써 얻어지는 낙차를 이용해서 수력발전을 하는 것은 당연하지만 수력발전의 부존자원이 적은 우리의 환경에서는 무공해 청정 에너지로서 정말로 소중한 수밖에 없다.

4.2 수력 개발 사례

4.2.1 다목적댐

(1) 남강 수력발전소

진주시 서쪽 8 km 지점 낙동강 제1 지류인 남강의 기존 댐 기능을 보강하는 사업으로써 기존 댐의 300 m 하류에 기존 댐보다 8m 높은 표면차수벽형 석괴댐인 본댐과 여수로 및 발전소를 건설하고 홍수조절 등을 위하여 사천만 측으로 기존 제수문보다 700 m 하류에 새로운 제수문을 건설함으로써 댐 저수량을 1억 3천만 m³에서 3억 9백만 m³으로 증가시켜 댐 하류 및 낙동강 하류 지역과 사천만 연안의 상습적인 홍수피해를 경감시키며, 서부 경남지역에 생공용수를 공급하고, 수력 에너지를 개발하는 수자원 종합개발사업으로 '99년 11월에 준공되었다. 기존 발전소는 '70년 12월부터 상업발전을 개시한 이래 약 24년간 운영 후 '95년 1월부터 철거가 시작되어 '95년 4월에 완료되었으며, 새로운 발전설비와 변전설비는 프랑스 NEYRPIIC사의 제품이 설치되었다.

(2) 용담 수력발전소

전주, 익산, 군산 등 전주권 및 서해안 개발사업 지역에 생활용수 및 공업용수를 안정적으로 공급하고 금강

표 5 수력 발전소 현황

구분	주요 연혁	제조사	사업효과		
			홍수 조절 (백만톤)	용수 공급 (백만톤 /년)	전력 공급 (GWh /년)
소양강	'64~'67 조사 '67~'73 공사 '73 상업발전	수차 :Fuji 발전기:Fuji	500	1,213	353
안동	'71 조사 '71~'77 공사 '76 상업발전	수차 :Fuji 발전기:Fuji	110	926	89
대청	'72~'73 조사 '76~'81 공사 '80 상업발전	수차 :Toshiba 발전기:Toshiba	250	1,649	240~196
충주	'75~'76 조사 '80~'85 공사 '85 상업발전	제1수력 수차 :Toshiba 발전기:Toshiba 제2수력 수차 :Fuji 발전기:Fuji	616	3,380	844
합천	'74. 조사 '84~'88 공사 '87 상업발전	제1수력 수차 :Fuji 발전기:Fuji 제2수력 수차 :Toshiba 발전기:Toshiba	80	599	232.4
주암	'79~'80 조사 '84~'93 공사 '91 상업발전	수차 :Fuji 발전기:Fuji	80	488.8	76~46.4
임하	'81~'83 조사 '85~'92 공사 '92 상업발전	수차 :Elin 발전기:ALPINE	80	591.6	96.7 78.7
남강	'87~'88 조사 '92~'99 공사 '98 상업발전	수차 :Neyrpic 발전기:Alstom	269.8	573.3	41.3

중하류 지역의 홍수피해를 경감하며 또한 수력 에너지를 생산하는 다목적댐 사업으로서 금강 상류인 전북 진안군 용담면 월계리에 다목적댐을 건설하고 이 댐과 만경강 지류인 고산천을 연결하는 길이 22 km의 도수터널을 건설하여 댐에 유입된 물이 터널을 통해 유역을 변경하여 흐르게 함으로써 얻어지는 고낙차를 이용하는 제1수력 발전소와 본댐 하류로 방류하는 하천유지용수를 이용하는 제2수력 발전소를 건설하는 수자원 종합개발사업이다.

① 유역 및 저수지
- 수 계 : 금강

- 유역면적 : 930 km²
 - 연평균강우량 : 1,259.7 mm
 - 연평균유입량 : 769.5백만 m³
 - 저수지 면적 : 36.24 km²(EL.265.5 m)
 - 총 저수 용량 : 815백만 m³
 - 유효저수용량 : 672백만 m³
 - 계획 홍수위 : EL. 265.5 m
 - 상시 만수위 : EL. 263.5 m
 - 저수위 : EL. 228.5 m
- ② 도수터널 : 내경 3.2m,
연장 21.9km
- ③ 댐 및 여수로
- 댐형식 : 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐
 - 댐높이 : 70.0m
 - 댐길이 : 498m
 - 댐체적 : 2,225천 m³
 - 댐마루표고 : EL. 268.5m
 - 여수로형식 : 문비부 슈트형
 - 설계홍수량 : 6,600 m³/s(200년 빈도×1.2)
 - 계획방류량 : 6,600 m³/s
 - 수문: Radial Gate(폭14.0m×높이13.425m×5문)
- ④ 발전소
- 시설용량 : 24,400 kW
 - 제1발전소 : 22,100 kW(11,050 kW×2기)
 - 제2발전소 : 2,300 kW(1,150 kW×2기)
 - 정격낙차
 - 제1발전소 : 147.13 m
 - 제2발전소 : 46.00 m
 - 수차형식
 - 제1발전소 : 입축 프란시스 수차
 - 제2발전소 : 횡축 프란시스 수차
 - 발전기형식
 - 제1발전소 : 입축 동기발전기
 - 제2발전소 : 횡축 유도발전기
- ⑤ 사업기간 : 1990~2000
- ⑥ 총사업비 : 14,311억원
- ⑦ 사업효과
- ▷ 홍수조절 : 137.0 백만 m³
 - ▷ 용수공급 : 650.43백만 m³
 - ▷ 발전 : 198.55백만 kWh/년
- ⑧ 공사
발전설비는 (주)한라중공업이, 수문 등의 강재 설비는 (주)현대건설이 공급 및 시공하였다.

4.2.2 소수력

(1) 보령 수력발전소

충남 보령시 웅천읍 인근에 준용하천인 웅천천에 중심코아형 록휠댐인 본댐, 여수로, 광역상수도과 본댐에서 방류되는 하천유지용수의 포장에너지를 이용한 제1발전소와 정수장으로 공급되는 용수의 위치에너지를 개발하는 제2발전소를 건설하여 보령시를 비롯한 인근 지역에 생공용수를 안정적으로 공급하고, 홍수 피해방지는 물론 수력에너지 개발을 도모한 수자원 종합개발사업으로 '92년 착공하여 '98년 완료하였으며, 제1발전소는 '98년 5월에, 제2발전소는 '98년 10월에 상업발전을 개시하였다.

○ 제1발전소

- 시설용량 : 145 kW
- 정격낙차 : 33 m

○ 제2발전소

- 시설용량 : 556 kW
- 정격낙차 : 20.57 m

5. 수자원공사의 관심 분야

5.1 수도분야

5.1.1 수도시설의 선진화

수도분야의 기술력 향상이 필요하며, 이를 위해 외국의 선진기업인 비벤디워터(Vivendi Water, 프랑스)와의 전략적 제휴를 통해 기술 도입과 경영기법의 습득이 진행중이다. 이번 기회에 수도물의 안전과 수질에 대한 국민들의 수준향상 요구에 부응하기 위해서는 시설의 선진화와 함께 운영기술을 충분히 습득하여야 할 것이다.

횡성 다목적댐을 취수원으로하는 원주권 광역상수도는 시설 선진화를 목표로 국내의 H사와 미국의 M.W사가 함께 설계하면서 이미 활용되고 있는 기술에 신기술과 선진설계기법을 적용하였고, 2003년 준공되도록 추진 중으로 국내 수도시설의 설계에 모델이 될 것으로 예상된다.

5.1.2 펌프의 고효율 운전

수도시설의 운영은 펌프를 어떻게 운영하느냐와 직결되는 사항으로 저비용 고효율 운전만이 경쟁력을 갖추는 길이다. 전체 사용한 전력비에 대한 필요한 전력비의 비율을 최대한 높게 운영되도록 해야 하며, 이렇

게 하는 길은 용수공급에 필요한 최소한의 동력만으로 펌프를 운영하도록 설비를 갖추어야 할 것이다. 아직 까지도 최대한 공급해야할 유량으로 최대의 양정으로 설계하는 사례가 빈발하고 있으며 이러한 방법의 설계는 경제성을 무시한 무조건 안전하게 용수공급을 할 수 있도록 한 경우로 시스템의 전체적인 특성을 충분히 고려하지 못한 부적절한 사례가 될 것이다. 외국에서는 펌핑 시스템의 설계 시에 사용하는 컴퓨터 프로그램이 여러 가지가 사용되고 있고, 국내에서도 아직 초보 단계의 프로그램이 활용되고 있으나, 보다 발전시켜 사용자 기반의 활용에 도움이 되도록 개선이 필요하다고 본다.

5.2 수력분야

5.2.1 수차 발전기 효율관리 시스템

운전중인 수차 발전기의 효율 상태를 실시간으로 감시하여 운영효율의 향상을 지향하고, 운영상태를 DB로 구축하여 관리함으로써 설비운영 조건분석 및 경제적인 대체시기 결정을 위한 자료를 확보하며, 운영중인 수차 발전기의 종합 효율 및 유량을 산정하여 지시 및 DB관리를 하는 시스템이다(그림 6 참조).

- (1) 운영상태 감시 및 관리 내용
 - 효율 지시: 실시간 평균효율의 산정 및 지시
 - 유량 지시: 실시간 평균효율의 산정 및 지시
 - 운영효율의 DB 구축: 시간당 평균효율의 DB관리
- (2) 적용된 주요기술
 - 절대 유량 측정 기술의 적용
 - 실시간 관리를 위한 알고리즘의 개발 적용

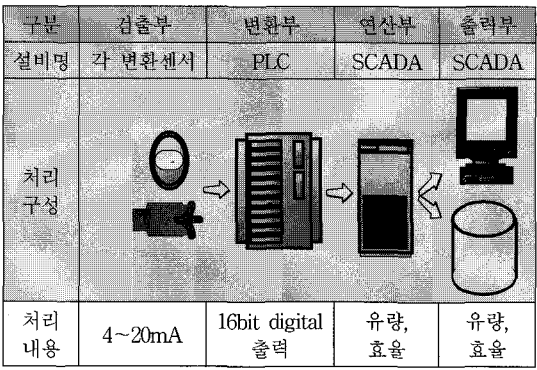


그림 6 자료 처리의 개요

- (3) 기대효과
 - 실시간 효율감시로 고효율 운전을 유도하여 생산성을 향상
 - 유량자료 제공으로 정확한 수문 관리에 기여
 - 운영효율의 데이터베이스화로 운영상태 분석

5.2.2 수차 캐비테이션 모니터링 시스템 개발

운영중인 수차의 캐비테이션 발생 상태를 감시하여, 각 수위, 출력 등 조건별 캐비테이션 발생 특성을 분석하고 이를 기반으로 캐비테이션 제어시스템을 개발하여 궁극적으로 수차 운전효율을 향상시키고, 내구성을 증대시키는 것이 필요하다. 수차 캐비테이션 특성 조사의 주요 내용으로는 첫째 수차 주위의 압력분포, 변동압력 및 소음특성 조사, 둘째 캐비테이션 자료 확보 및 분석을 통한 제어대상 분류, 셋째 수차의 캐비테이션 성능향상 방법 개발, 넷째 종합적 진단 및 수차 캐비테이션 성능향상 방법 개발, 마지막으로 수중 감시 장치 및 제어시스템 설계 및 제작을 들 수 있다.

6. 맺는글

한국수자원공사는 유체기계를 가장 많이 운영하는 공기업의 하나로서 유체기계분야의 기술과 관련 산업이 발달하면 가장 많은 혜택을 받게 될 것이며, 또한 우리 국민 모두에게 그 혜택이 돌아갈 것이다. 공사의 주요 관심부분으로서 첫째는 효율이 높고 고장이 적고 취급이 쉬운 기계의 구입이며, 둘째는 유체기계와 관련된 전체적인 시설의 계획과 설계시에 운영상에 발생될 수 있는 여러 가지 경우에 대한 비효율적인 부분과 문제요인을 반영하여 편리하면서도 높은 효율로 운영되도록 하는 것이며, 셋째는 유체기계 운영시의 저효율 요인을 찾아내어 개선하고 최적의 상태로 지속적으로 관리할 수 있는 지식과 프로그램과 같은 도구의 개발과 응용에 관한 것이다. 이러한 사항은 현장 및 현업의 기술자들의 노력만으로는 그 발전에 한계가 있으며, 전문가들의 지원과 학회나 연구소와의 공동관심과 정보교환을 통한 상호협력이 필요하다고 생각된다. 요즘 이러한 노력과 교류가 이루어지기 시작하고 있음이 정말 다행이라고 생각되며 이로 인해 수도분야의 유체기계에 대한 관심이 커지고 교류가 활발히 이루어져 유체기계공업학회와 한국수자원공사가 함께 발전할 수 있기를 기대한다.