

# 조력발전용 수차발전기 기술

Pierre Marin | 수력설계부 기술이사  
ALSTOM 수력

## 1. 개요

랑스 발전소 및 벌브형 수차발전기에 대한 제작실적을 활용하여 시화종합프로젝트의 예비제안으로서 수차발전기 기술에 대하여 다음사항을 논하였다.

- 조력발전기 설계
- 수차기술
- 발전기 기술
- 건설 사항
- 시화 조력발전 프로젝트
- ALSTOM 제작공급실적

## 2. 조력발전기 설계

### 2.1 조력발전 실적

35년 이상의 Rance 조력발전소 24기 운전을 통해 충분한 산업실적을 확보하고 있다. Rance 발전소에서는 양수발전소를 통하여 이중효과 기술에 따라 조력발전기가 가동되고 있다.

또한, 캐나다 Annapolis 발전소에 1기, 러시아에 소규모 기기가 조수를 이용하여 발전하고 있다. Annapolis 발전소에서는 양수는 없고 발전 한가지만

하고 있다.

한국에서는 가로림 프로젝트 연구와 같이 양수 및 발전방식을 고려한 여러가지 방식에 따라 다수의 타당성 조사가 수행되었다.

지난 수년동안 세계 각 국에서는 언제 조력발전소 개발에 대한 관심이 부활되어 관심을 끌고 있으며 다음과 같은 곳에서 연구되었다.

- 인도 kachchh만
- 영국 Scotland 및 Wales
- 호주 및 한국

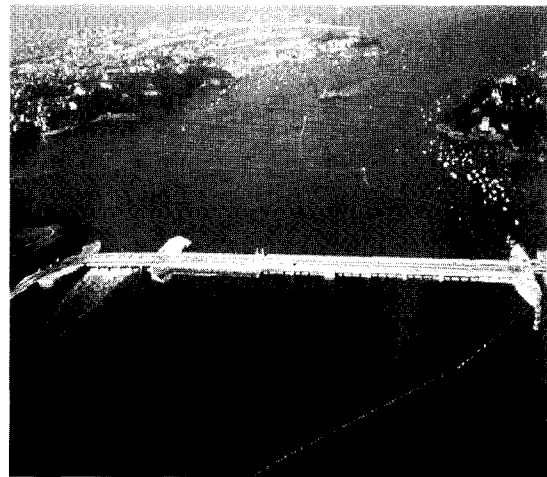


그림 1. Rance 조력발전소 전경

## 2.2 최근경향

오늘날 조력기기 경향을 양수없이 단일발전을 선택하고 있다. 실제로 양수발전은 비경제적이다. 재무적 시뮬레이션 결과 양수식은 관심이 없을뿐만 아니라 양수용 수차러너를 설계하면 양수방식효율과 수차방식 효율간의 균형을 이루어야 하며, 이는 종합효율에 결정적 영향을 준다.

오늘날 재무적인 측면에 크게 중점을 두고 있다. 원가절감을 위해서는 Rance와 같은 조력사업에 중요한 역할을 수행한 제작자들의 과거 실적을 활용하는 것이 필수적이며 조력기기에 대하여 다음 사항에 특히 주의를 해야 한다.

- (1) 해수환경에서의 부식에 대한 방지
- (2) 빈번한 기동정지와 다수의 과도상태조건에 의한 수차발전기의 피로
- (3) 축 봉수에 대한 해수 작용

## 2.3 조력발전소의 전형적인 변수에 대한 최적화

일단 전반적인 타당성 조사가 이루어지면, 단위기 운전에 대한 여러가지 변수를 고려하고, 또한 최적화가 필요하다.

- (1) 러너 직경 : 직경 설정은 수력발전소의 토목구조 규모를 결정하므로 매우 중요 하다. 오늘날의 경향은 7~9개 정도가 경제적 필요성이 있는 것으로 여겨진다.
- (2) 전기적 정격출력 : 전기기기 비용이 이 변수에 연결되므로 이의 선정에 특별한 주의가 필요하다. 가령 빈번한 운전범위만을 선정하여야 한다. 매우 드물게 발생하는 높은 진폭의 조수 동안 얻을 수 있는 전력이 있더라도 무시하고, 더 많은 출력일수록 더욱 깊은 굴착을 해야 한다는 것을 명심 해야 한다.
- (3) 정격 순낙차 : 정격 순낙차는 조그만 조차를 높은 조차로 쉽게 활용할 수 있도록 충분히 낮거나 높도록 해야한다.
- (4) 침수 수위 : 방수로 저수위 운전에서 특별히 주의

해야 한다.

## 2.4 조력발전기기에 대한 전반적인 고려사항

일반적인 수로식에 비해 조력낙차는 낮기 때문에 2가지 방식의 기기를 상정할 수 있다(Straflow기기는 복잡한 구조, 커다란 직경 및 해수내에서의 발전기의 가동의 림봉수 문제 등으로 무시).

- (1) 직접 가동발전기를 갖는 일반 밸브식
- (2) 수차와 발전기간에 속도증가가 있는 pit식

수차요소면에서의 밸브식과 pit식의 차이는 근소하지만, 발전기 및 토목측면에서는 상이하다.

### 2.4.1 발전기 측면

조력사업의 낮은 정격순낙차로 인해 수차의 회전 속도는 낮고, 직접가동식 발전기의 극수는 매우 크다. 따라서 회전자와 고정자의 직경이 커지므로 기기 운반/설치에 특별히 주의해야 하므로 원가가 상승한다. 원가측면에서 볼 때 속도증가기를 붙여 효율이 높고 단가가 낮은 고속발전기의 원가가 직접가동식 발전기 보다 저렴하다.

### 2.4.2 토목 측면

고속발전기의 작은 구조 때문에 취수구 수문의 폭을 축소할 수 있다.(발전기 전면에서 동일한 조수속도를 유지할 때) 여러대가 있는 조력발전소의 경우 전체 발전소의 폭을 상당히 축소할 수 있으므로 원가절감의 중요한 요소이다.

### 2.4.3 기타 고려할 사항

- (1) 유지보수 측면 : pit식의 조력발전소 운전원은 발전기가 속도증가에 고장이 난 경우 컴팩트한 직접 가동식 밸브 발전기식 보다 접근하기가 용이하다. 고출력 속도증가기는 수력 프로젝트에

흔치 않으므로 특별히 주의를 기울여야 하고 또한 추가적 유지보수가 필요하다.

- (2) 종합효율 : 조력사업에서 pit식의 경우 수차와 발전기 경우 속도비는 주전원 기어를 갖는 2단 기어가 필요하며 그 손실을 꽤 감소할 수 있지만 발전기가 고속이기 때문에 발전기 효율상 충분한 보상은 안된다.

조력기기의 일반 고려사항에 대한 예비적 결론으로서, 직접가동식과 pit식 기기간에 상세한 비교를 하여 건설비, 유지비 및 제작비간의 정확한 평형을 찾아내야 한다.

### 3. 수차기술

#### 3.1 수차설계

축류식기기로부터 얻어진 광범위한 경험과 터보기기의 유체역학을 시뮬레이트 하기 위해 최근 개발한 현대식 컴퓨터기기를 활용하여 ALSTOM에서는 조력 발전에 충분히 적용할 수 있는 3~4블레이드를 갖는 수차를 설계할 수 있다. ALSTOM은 모든종류의 수차를 광범위하게 보유하고 있다.

- (1) 가동분배기 및 가동익 : MD-MB
- (2) 고정분배기 및 가동익 : FD-MB
- (3) 가동분배기 및 고정익 : MD-FB

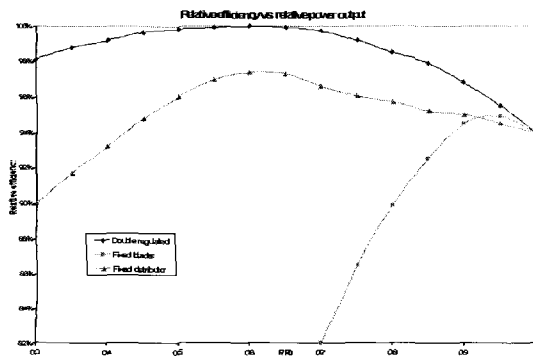


그림 2. 상대효율 대 상대출력

순 낙차가 주어지며, 효율비교는 그림 2와 같다.

MD-DB 벌브수차의 총원가를 고려한 원가비교는 다음과 같이 절감 가능하다.

- (1) 고정익 분배기 : 10~15%
- (2) 고정 익 : 5~7%

일반 직접가동익 벌브의 매우 커다란 Portpolio에 추가하며, ALSTOM은 컴퓨터 유체역학 접근을 통하여 pit방식에 모형 수차시험 및 현장 점검에 대하여도 광범위한 경험을 갖고 있다.

- (1) 현수식 메탈기기 pit 기기
- (2) 혼합 콘크리트/메탈 pit 기기

### 3.2 기계적 설계

#### 3.2.1 직접가동식 벌브기기

2가지 주요측면이 있는데 샤프트 라인과 지지 구조물이다.

- (1) 2개의 베어링이 있는 샤프트라인이 최적해법인데 이는 전 세계적으로 가동되는 수많은 벌브를 볼수 있기 때문이다.
- (2) 토목구조에 전달되는 모든 응력이 수차발전기의 중심부에 놓여진 중앙지지대를 통하여 이동되고 있다.

ALSTOM은 발전기를 하부지지대 없이 달아매는

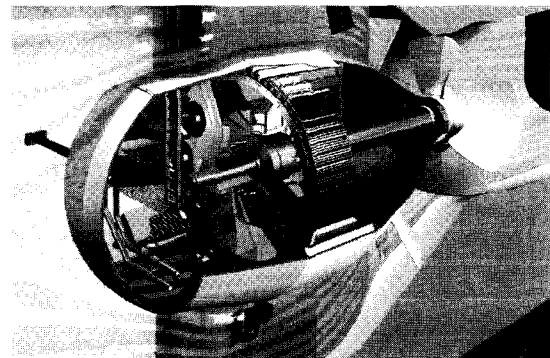


그림 3. 벌브수차의 3-D 모습

경험과, 발전기 하부에 교각(pier)이 있는 발전기에 대한 경험을 갖고 있다. 베어링은 중력식 윤활의 shell형식이다. 트러스트 및 반(反) 트러스트 베어링 설계는 반복되는 정지와 과도 조건에서의 높은 하중(부하)를 고려하여 특별히 주의해야 한다. ALSTOM은 장기간 상호접속된 유충진 pad 지지대(얇은 원형 멤브레인부)를 개발하여 평활한 부하배분을 자동적으로 보강하게 한다.

유리박윈은 보통 2개의 입축 샤프트를 통해 접근한다: 한가지는 발전기 상류부 해리커버와 노이즈 사이의 샤프트, 나머지는 발전기 하류부에서 수차충진부와 중앙지지대를 통해서이다.

중앙지지대외에도 대형기기의 경우 몇 개의 지주를 추가하여 지지기능은 없지만 진동작용을 증가시킨다. 윗켓게이트용 자체 윤활 베어링부 원형분배기는 2개의 오일 서브모터로 움직이는 작동링으로 움직인다. 윗켓게이트의 폐쇄는 자체 반무게 작동으로 이루어진다. 블레이드는 입축 카프란 기기처럼 런너허브 속에 있는 오일 서브모터로 움직이며 런너허브는 오일헤드로부터 전체 샤프트를 통하는 튜브에 의해 오일을 공급받는다.

### 3.2.2 Pit 기기

분배기로부터 흡출관 끝까지의 하류 수차부품 설계는 직접 가동식 밸브와 pit기기와 유사하다.

pit 자체는 주로 발전기와 냉각기, 속도증가기를

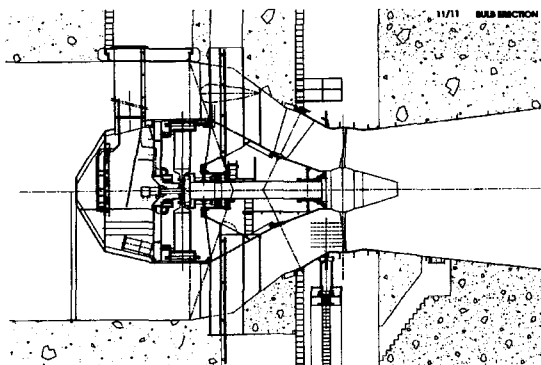


그림 4. 벌브식 수차의 단면도

수납한다.

pit 자체에 대한 ALSTOM은 2가지 주요 형식을 개발하였다.

- (1) 17MW ARGENTAT 프로젝트(1989년 이래 가동중)와 같은 하부 지지대가 없는 메탈현수식 Pit: 이 경우 부하는 중심지지대를 통하여 전달된다.
- (2) 1개의 콘크리트지지 보와 수직 메탈벽이 붙어 있는 혼합 콘크리트/메탈 pit: 이 경우 부하는 하부 콘크리트 보 및 축빔을 통하여 전달된다.

이 PIT 식에서는 샤프트라인에 2개의 베어링 2셋트가 있다.

- 저속 수차 샤프트용 1개
- 고속 수차 샤프트용 1개

보통, 속도증가기(증속기)는 1개의 조립품으로서 2개의 베어링, 트러스트 및 카운터 트러스트 베어링을 포함한다.

원주형 설계가 보통 채택되고 전 샤프트 라인을 통하여 배압튜브가 부착된다.

### 3.3 조속 및 유압시스템

조속용 유압은 보통 64bar이나 ALSTOM은 예를 들어 100bar 등 고압을 사용한 실적이 있다. 조속기

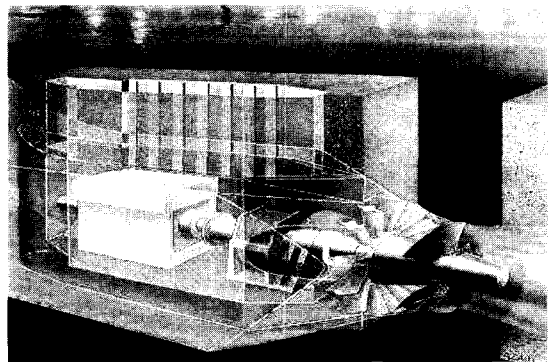


그림 5. pit식 수차의 3-D 모습

유 회로는 전체 샤프트라인의 윤활계통과 분리 또는 공통이다 : ALSTOM은 양쪽의 설계경험이 있음.

벌브식이나 pit 식 같은 축류식 수차용으로 주요 기기부품이 물속에 둘러쌓여 있으므로 중심 지지대나 pit와 같은 하부부품의 요소들은 오일 냉각을 피하기 위해 오일 탱크로 사용된다.(랑스 프로젝트 경우) PID조속기기체는 디지털식이다 : ALSTOM은 최근 ALSPA SLG 조속기를 개발했는데 P320에 완벽히 통합되며 ALSTOM은 수력분야에서 P320을 공통으로 사용하고 있다.

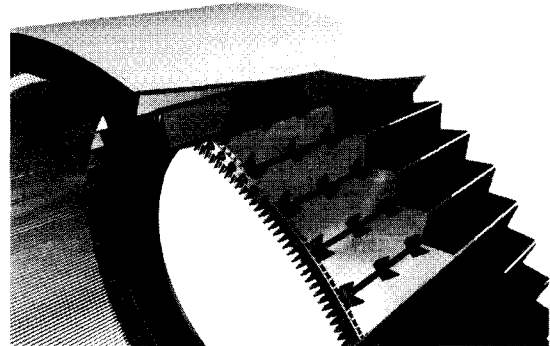


그림 6. Stator 프레임 구조

### 3.4 해수환경으로 인한 특성

RANCE의 경험으로부터 생물학적, 전기기계학적, 그리고 화학적 부식에 대한 풍부한 경험을 보유하게 되었다. 그러나 그결과는 올바른 조합의 선정이다,

- (1) 내부식 자재의 사용
  - 런너 및 윗갯게이트용 마텐사이트(martensite)철 (17% Cr, 4% Ni, 1.5% Mo)
  - 스톱 링 및 샤프트 실부용 오스텐닉(anstenic) 철(18%Cr, 8%Ni, 3%Mo)
- (2) 해수와 접하는 부분의 보호로서 비닐페인트와 오염방지제
- (3) 음극과 양극을 사용한 전기방식

## 4. 발전기 기술

### 4.1 직격식 발전기

#### 4.1.1 고정자 설계

발전기의 고정자들은 용접구조이다. 이 설계에는 특수 V모양의 요소를 채용하여 다음과 같은 기능이 있다.

- (1) 고정자 철심을 동심(同心)으로 유지시킨다.
- (2) 냉각 스로트를 통한 공기순환을 위하여 고정자 철심과 케이싱간의 필요공간 확보
- (3) 냉각공기용 가이드로서의 기능

- (4) 외부수력적 압력에 대하여 케이싱을 보호
- (5) 일정한 공극(Air gap) 확보
- (6) V모양의 요소에 대한 스프링 효과를 촉진하여 고정자 철심의 방사적 열팽창을 허용. 이 기능으로써 고정자 철심의 적층이 축방향으로 표면장력파(ripping)나 구부림(buckling) 영향방지

고정자철심의 중첩부위는 각기능 단면(Prismatic cross-section)의 double-wedge-shaped bar에 의해 안내된다. 바(bar)는 프레임 내부구멍에 정확하게 위치하며 밀접된 공차(tolerances)로 고정자 프레임에 용접되는 고정판을 사용하여 프레임 리브(rib)의 최종위치에 고정된다.

고정자 철심과 프레임간의 이러한 연결방식은 구멍공차(bore tolerances)를 최대 직경거리까지도 준수되도록 보장한다. 그것은 또한 명확히 정의된 가동 토크와 기타 응력들을 고정자 프레임에 전달하게 하고, 그로부터 수차콘(cone)을 거쳐 기초로 전달된다. 고정자 부품의 중간선을 따르는 클램핑 볼트의 위치는 철심압력의 일정한 분배를 보장한다. 클램핑볼트에 추가하는 스프링요소는 볼트의 압축응력으로 인한 적층에 가해지는 압력이 발전기의 장기간 사용 후에도 남아 있도록 보장한다.

#### 4.1.2 회전자 설계

회전자는 회전자 중심부와 림, 자극 및 축으로 구성되는 용접 설계부품이다. 사선형암으로 회전자 림

과 허브를 연계한다. 방사형 구멍을 로타림에 뚫어 방사형 통풍도 하고 자극을 볼트로 연결하기도 한다. 수력발전기에서 사선형요소는 회전자, 고정자 및 기초에 나타나는 기계적 및 열적응력으로 기인되는 발전기 설계한도를 극복하는 혁신적인 수단이다.

사선형 요소는 90°이내의 두가지 동심축 고리형 부품을 연결한다. 즉 회전자 허브와 림의 연결이다. 동심적 팽창과 함께 사선형 요소는 최소의 저항을 받는 방향으로 구부러지므로써 연결된 두 부품을 상대적으로 회전하게 한다. 사선형 요소는 회전자 spider에도 이용되어 원심력 및 가동토크인 열적 팽창에 관하여 최적의 단력을 공급한다. 방사형 암(arm)을 갖는 보다 일반적인 설계방식과 비교하여 사선형요소를 사용하는 발전기에는 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다.

- (1) 기계력은 암을 장력방향으로 힘을 가한다.
- (2) 사선형암은 원심력과 열적 팽창으로 인한 허브에 대한 림의 회전을 허용함으로써 림팽창을 흡수한다. 이러한 응력(stress)을 발전기의 가동, 정지와 모든 부하 변동시에 발생한다.

#### 4.1.3 발전용 보조기기

발전기 가동부의 냉각은 폐쇄 공기순환시스템에 의해 수행되며, 폐쇄공기순환 시스템을 접근통로와 별브노즈실(nose room)과는 완전하게 분리되어 있다. 공기-물 열교환기는 별브노즈내에 위치하여 격벽에 설치되어 있어 열교환기의 냉온측의 공기 혼합을 방

지한다. 소요공기압은 공기-물 열교환기 부근에 설치된 전기팬에 의해 형성된다. 회전자 림과극은 추가적인 팬 역할을 한다. 회전자로부터 형성되어나오는 방사형 공기순환은 고정자 철심속에 있는 냉각덕트를 통과하고 V요소에 의해 형성된 채널을 거쳐 공기격자 내에 설치된 공기-물 열교환기로 들어간다.

#### 4.2 Pit식용 발전기

직접구동식 발전기에 비해 600~720rpm의 고속 발전기가 재래식 설계이다. 주의할 것은 무구속 속도인데, 이속도는 주의 깊게 점검해야하는데 조력용과 같이 저속수차는 동기속도에 비하여 높은 무구속 비율은 요구하기 때문이다.

#### 4.3 가변속 발전기

조력기기의 운전은 매우 광범위한 낙차범위에서 수행되고 있다. 정속도로써 고낙차 운전시 수차효율은 높지만 저낙차에서는 낙차에 따라 효율이 저하한다. 낙차가 감소함에 따라 기기속도가 낮아지면 사이클구동중에 발전출력은 개선 하게한다. 저낙차에서 출력은 크지 않으므로, 가장 관심이 집중되는 솔루션은 정지식 주파수변환기에 접속된 발전기이다. ALSTOM은 수력분야에서 가변속 발전기와 정지식 주파수 변환기에 대한 경험을 갖고 있다.

### 5. 건설측면

기본적인 조력기기의 설치공정은 두단계로 구성된다.

- (1) 매설부품의 2차 콘크리트에 매설되는 것
- (2) 수차, 발전기 부품의 기계적 설치

#### 5.1 매설부품

설치공정에 따라 2가지방식의 매설이 선정될 수 있다. 보통으로, 대형기기의 경우 흡출관라이너(보통 평

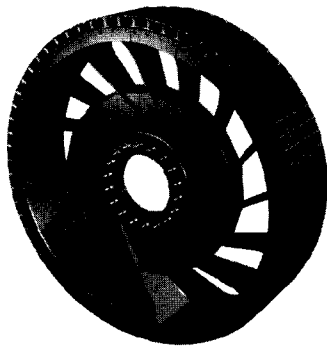


그림 7. 사선식암을 갖는 별브발전기 회전자

균유속 7% 이내로 제한)가 최초로 매설된다. 나머지 부품들은 매설된 흡출관 축에 맞추어 정렬된다. 가끔, 직접구동벌브의 경우 중앙지지대와 헤치커버를 포함한 매설부품들을 동시에 매설하므로써 설치기간을 단축할 수도 있다.

### 5.2 기계부품 설치

매설부품들의 콘크리트속에 고정되면 흡분배기를 조립하여 중심지지대에 고정한다. 그다음 완전히 조립된 샤프트를 베어링 및 봉수장치가 위치를 잡게 된다. 이때로부터 3개 동시공정이 진행될 수 있다:

- (1) 수차측
  - 러너허브의 하부 half runner throat ring 설치, 그 다음엔 runner blade 및 tip 설치
  - 상부 half runner throat ring 설치
- (2) 발전기 회전자, 고정자 및 벌브노즈 설치
  - 상류 access arm 설치 및 hatch cover 덮음
- (3) 조속기, 윤활장치 및 보조기기 설치

pit수차의 설계시도 공정은 유사함. 단, 한가지 차이점은 속도 증가기 설치와 수차 및 발전기 축에 접속하는 것이다.

## 6. 시화 조력프로젝트

### 6.1 기본설계

한국의 시화프로젝트는 현재 21MW발전기 12대로서 총용량 252MW로 계획되어 있다. 단일 효과설계로 선정되어 직접구동 수차방식으로써 밀물(바다에서 호수로 물이 들어올때)시 발전하는 창조식이다. 양수 방식은 예상하고 있지 않지만, 새로운 발전 사이클 전에 호수를 신속히 비우는데 도움이 되도록 호수로부터 바다로 가는 낙조식도 사용될 수도 있다. 전형적인 조수사이클에 따른 정격낙차는 5.6m로 선정되었으며 최대 총낙차는 8.5m이다.

### 6.2 수차 및 발전기 설계

상기와 같은 낙차조건에서 두가지 방안(그림 8, 그림 9)이 제시될 수 있다.

런너는 표 1과 같은 수력적 특성을 갖게된다.

3-날개런너가 선정되었는데 저낙차 8m이하 운전에 잘 적용되기 때문이다. 즉, 성능이 양호하고 정격출력(21.7MW)까지 도달하며, 보다 컴팩트한 설계와 동기속도가 높아 발전기를 보다 경제적으로 제작할 수 있다.

수차는 이중조절식(double-regulated type)이다 : 외부 서보모터로 작동되는 가동 윗켓게이트, 러너허

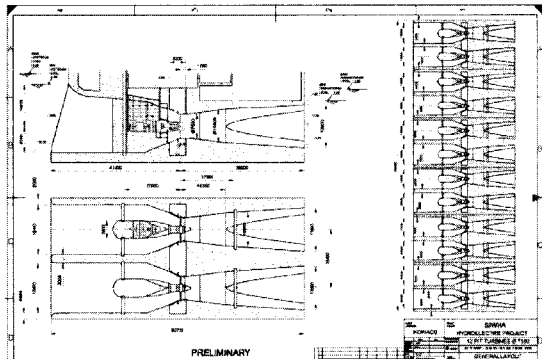


그림 8. 3-날개 러너, 피트식 수차

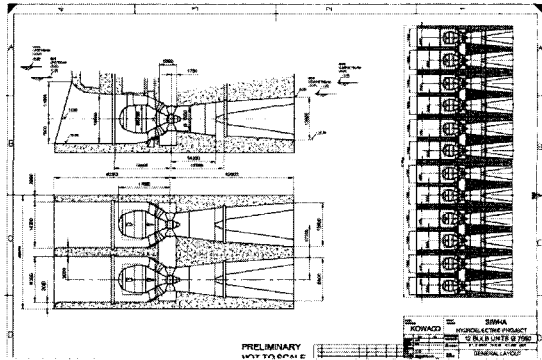


그림 9. 3-날개 러너, 벌브식 수차

표 1. 러너의 수력적 특성

러너형식	3-blade
러너 직경(mm)	7550
동기속도(rpm)	61.02
정격사용수량(m³/s)	430.8

브내에 있는 서브모터에 의해 작동되는 가변피치 날개(pitch-variable-blades)가 있다.

또한, 시화조력발전소의 운전조건은 속도증가기를 붙인 pit식으로 제작될 수 있다.

이대안은 ALSTOM에서 많은 실적을 갖고 있으며, 여러 가지 장점을 갖고 있다

- 기계부품에 보다 용이한 접근
- 고속 표준발전기(600rpm) 사용으로 인한 보다 저렴한 제작비

그러나, 속도증가기는 성능상 1% 손실을 유발하므로 제작검토시 고려해야 할 사항이다.

## 7. ALSTOM 제작실적

ALSTOM은 광범위한 수력프로젝트 경험을 갖고 있으며, 특히 저낙차 프로젝트에서는 다음 표와 같이 선도적인 위치를 차지하고 있다.

표 2. 알스툼 실적

Symbols		U.C.= Under Construction			U.R.= Under Refurbishing					
1st LETTER		2nd LETTER		3rd LETTER			4th LETTER			
V=DOWNSTREAM BULB B=UPSTREAM BULB P=PIT TURBINE S=BARGE		R=MOVABLE DISTRIBUTOR F=FIXED DISTRIBUTOR		K=MOVABLE BLADES H=FIXED BLADES			M=STEP-UP GEAR I=PUMPING MODE			
Name of Power plant	Country	Comission Year	Ratednet head(m)	Units Nr	Type	Unit Rated Capacity MW	Total Rated Capacity MW	Runner Diameter (mm)	Turbine speed (rpm)	Generator Speed (rpm)
CAMBEYRAC	France	1957	10.8	1	VRKI	5.5	5.5	3100	150	150
WADRINAU	France	1957	4.5	4	PFKM	1.5	6	3050	107	750
ARGENTAT	France	1958	16.5	1	VRKI	14.4	14.4	3800	150	150
Beaumont Montoux	France	1959	12.5	1	BRK	9.1	9.1	3800	150	150
SAINT MALO	France	1959	4.8	1	BRKI	9	9	5800	88.3	88.3
LA RANCE	France	1966	5.75	24	BRKI	10	240	5350	93.8	93.8
PIERRE BENITE	France	1966	7.95	4	BRK	20	80	6100	83.3	83.3
GERSTHEIM	France	1967	9.8	4	BRK	23	92	5600	107.1	107.1
KISLOGUBSKAYA	Russia	1967	1.3	1	BRKMI	0.4	0.4	3300	72	600
BEAUCAIRE	France	1970	15.3	6	BRK	35	210	6250	93.8	93.8
STRASBOURG	France	1970	14.5	6	BRK	29	174	5600	100	100
GERVANS	France	1971	12	4	BRK	30	120	6250	93.8	93.8
GOLFECH	France	1973	15.5	3	BRK	23.2	69.6	5100	125	125
AVIGNON	France	1973	10.5	4	BRK	30	120	6250	93.8	93.8
SAUVETERRE	France	1973	9.3	2	BRK	33	66	6900	93.8	93.8
TISZA	Hungary	1973	10.7	4	BRK	7.2	28.8	4300	107.1	107.1
GAMBSHEIM	France	1974	13.2	4	BRK	24.5	98	5600	100	100
CADEROUSSE	France	1975	9.15	2	BRK	32.5	65	6900	93.8	93.8
CADEROUSSE	France	1975	9.15	4	BFH	32.5	130	6900	93.8	93.8
Peage de Roussillon	France	1977	11.5	4	BRK	40	160	6250	93.8	93.8
ROCK ISLAND	USA	1978	12.1	8	BRK	53	424	7400	85.7	85.7
CHAUTAGNE	France	1980	14.7	2	BRK	46.6	93.2	6400	107.1	107.1
VAUGRIS	France	1980	5.65	2	BRK	18	36	6250	75	75
VAUGRIS	France	1980	5.65	2	BFH	18	36	6900	75	75
BELLEY	France	1981	14.7	2	BRK	46.6	93.2	6400	107.1	107.1
LA CROUX	France	1981	13.8	2	BRK	9.5	19	3250	200	200
CAKOVEC	Croatia	1982	18.5	2	BRK	42.2	84.4	5400	125	125
GREENUP	USA	1982	9	3	BFKS	25	75	6100	90	90
BRENIER CORDON	France	1983	10.8	2	BRK	35	70	6250	93.8	93.8
BAI AOU	China	1984	6.2	2		10.5	21	5500	78.9	78.9
SAULT BRENAZ	France	1986	8	2	BRK	23	46	6250	85.7	85.7
CAMBEYRAC	France	1987	10	1	BFK	10	10	4250	107.1	107.1
CRESTUMA	Portugal	1987	11.3	3	BRK	40.2	120.6	6800	83.3	83.3
ARGENTAT	France	1989	15.7	1	PRKM	17.2	17.2	4100	138	600
WORUMBO	USA	1989	8.2	2	BRK	9.5	19	4250	120	120
LU ZAI	China	1990	6.5	2		3.9	7.8	3300	136.4	136.4
SAINT EGREVE	France	1990	12	2	BRK	23.4	46.8	5600	100	100



Symbols		U.C.= Under Construction		U.R.= Under Refurbishing						
TYPE										
1st LETTER	2st LETTER	3st LETTER		4st LETTER						
V=DOWNSTREAM BULB B=UPSTREAM BULB P=PIT TURBINE S=BARGE	R=MOVABLE DISTRIBUTOR F=FIXED DISTRIBUTOR	K=MOVABLE BLADES H=FIXED BLADES		M=STEP-UP GEAR I=PUMPING MODE						
Name of Power plant	Country	Commision Year	Ratednet head(m)	Units Nr	Type	Unit Rated Capacity MW	Total Rated Capacity MW	Runner Diameter (mm)	Turbine speed (rpm)	Generator Speed (rpm)
YAN YUAN	China	1990	5.3	2		3.5	7	3300	136.4	136.4
ZHEN TOU ZAI	China	1991	4.5	5		2.6	13	3300	125	125
SEYHAN 2	Turkey	1992	4.5	3	PRKM	2.73	8.19	3500	110	750
CHENG GUAN	China	1992	5.5	2		11	22	5500	78.9	78.9
DU PING	China	1992	7.4	2		15.5	31	5500	88.2	88.2
RONG HUAN	China	1992	4.3	4		2.6	10.4	3300	125	125
GUTTENBACH	Germany	1992	5.2	1	PRKM	3.2	3.2	3160	135	750
HIRSCHHORN	Germany	1992	5.2	2	PRKM	3	6	3160	135	750
MO WU	China	1993	7.6	2		15.5	31	5500	88.2	88.2
SONE LINK CANAL	India	1993	3.7	6	BFK	2	12	3220	120	120
XIAN REN DO	China	1993	6.2	2		3.75	7.5	3300	136.4	136.4
BAI SHA	China	1994	5.5	2		8.5	17	5500	78.9	78.9
JIE PAI	China	1994	5.2	2		10.4	20.8	5500	78.9	78.9
SCHENGEN	Luxemburg	1995	3.6	2	PRKM	2.39	4.78	3500	110	750
LUO BIAN	China	1994	6	2		3.75	7.5	3300	136.4	136.4
BAI SHI YAO	China	1995	7.8	4		18	72	5800	88.2	88.2
GUA ZHOU	China	1995	5.3	3		3.5	10.5	3300	136.4	136.4
MENG ZHOU BA	China	1995	5.3	4		11.5	46	5800	83.3	83.3
SAINT LAMBERT	Canada	1995	4	1	PRKM	5.1	5.1	4500	93	600
XIAO XIANG	China	1995	6	4		13.5	54	5800	83.3	83.3
BROMPTONVILLE	Canada	1996	10	1	PRKM	10.53	10.53	3750	140	514.3
HEIDELBERG	Germany	1997	2.52	2	PRKM	1.54	3.08	3350	90	750
ALVIANO 2	Italy	1998	3.62	2	PRKM	2.5	5	3350	110	750
PALDANG	Korea	1997	16	4	BRK	31.7	126.8	5200	120	120
GUI LING	China	1998	4.8	2	BRK	4.7	9.4	3850	115.4	115.4
NAMGANG	Korea	1998	16	2	BRK	7	14	3000	189.5	189.5
CANOAS	Brazil	U.C.	16.3	6	BRK	27.5	82.5	4700	138.5	138.5
GUONG CHUAN	China	U.C.	5.2	2	BRK	10	20	4900	100	100
QING SHAN	China	U.C.	5.8	2	BRK	10.4	20.8	5000	93.75	93.75
SHA XIAN	China	U.C.	8.8	3	BRK	16.5	49.5	4900	100	100
OURINHOS	Brazil	U.C.	10.3	3	PRKM	14.8	44.4	4250	130	600
BOM RETIRO	Brazil	U.C.	9.5	2	PRKM	13.2	26.4	4250	135	600
MU LONG TAN	China	1999	9	2	PRKM	7.85	15.7	3300	166.7	166.7
XIA YANG	China	U.C.	6.85	3	PRKM	15.2	45.6	5500	85.7	85.7
NINA	China	U.C.	14	4	PRKM	41	164	6000	107.1	107.1
XIMEN	China	U.C.	6.8	2	PRKM	15	30	5650	85.71	85.71
ZHIGANGLAKA	China	U.C.	12.5	4	PRKM	38	152	6100	100	100

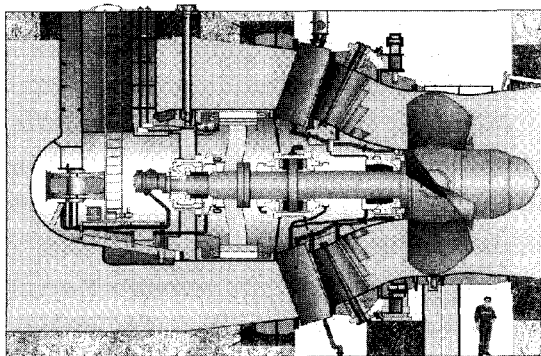


그림 10. Rance 벌브식 수차 단면도

다음실적은 시화프로젝트에 적용될 수 있다.  
 ALSTOM은 Rance 프로젝트에 타당성조사부터 최근 현대화까지 모든 단계에 참여하였다.

- ALSTOM은 직접구동식 벌브 또는 pit식 모두 광범위한 경험을 갖고 있다.
- ALSTOM은 자체 해양기술을 통하여 해수환경에 대한 광범위한 노하우를 보유하고 있다.