

이중 방조제를 이용한 조력발전에 관한 연구

천 동 문* · 이 송 우** · 홍 봉 화***

목 차

- I. 서 론
- II. 본 론
- III. 조력 발전시스템 설계
- IV. 모의실험 및 검토
- V. 결 론

I. 서 론

지금까지 사용하고 있는 조력발전의 원리는 간단하다. 바닷물이 가장 높이 올라왔을 때, 물을 가두었다가 물이 빠지는 힘을 이용해 발전기를 돌리는 것이다. 수력발전소와 비슷한 원리인데, 차이점은 수력발전의 낙차가 수십m인 데 비해 조력발전은 낙차가 보통 10m이하라는 점이다. 따라서 효율이 좋은 수차발전기를 개발하는 것이 중요하다.

밀물 때 수문을 닫아 두었다가 문을 열면 물

이 쏟아져 들어오면서 터빈을 돌려 발전하게 된다. 썰물 때는 터빈의 날개가 반대 방향으로 돌면서 다시 발전하게 된다. 즉, 조력발전이란 조석의 발생하는 하구나 만을 방조제로 막아 해수를 가두고 수차발전기를 설치하여 외해와 조지내의 해수를 가두고 수차발전기를 설치하여 외해와 조지내의 수위차를 이용하여 발전하는 방식으로서 해양에너지의 수위차를 이용하여 발전하는 방식으로서 해양에너지에 의한 발전방식 중에서 가장 먼저 개발되었다. 장점으로서는 조력발전은 발전을 하는 지점이 결정되면 그 지점에 있어서 조위(潮位)의 변화를 예측할 수 있고 청정에너지이다. 그러나, 효율성 면

* 천동문연구소 소장

** 경희사이버대학교 사무처장

*** 경희사이버대학교 정보통신학과 교수

에서는 많이 뒤떨어지고 있다. 단점으로 본다면 간만의 차가 크지 않으면(유효낙차가 적고) 이용할 수 없고 1년을 통하여 평균의 조차가 7m이상 필요하므로 한정된 지역에서만 이용할 수 있으며, 다음과 같은 문제점이 제기된다.[1] - [7]

첫째 건설비용이 많이 들게 된다. 물을 가두기 위해 그 입구에 긴 댐을 건설해야 하게 되는데 건설비가 비싸게 된다. 또한 이용할 수 있는 낙차가 20m 내외로 댐을 이용한 수력발전의 수 십분의 1정도로 매우 작다.

둘째 발전기가 연속 운전할 수 없는 즉, 임의의 시각에 운전할 수 없다. 발전은 조석의 시간에 좌우되며, 또한 1일 4회로 나누어진다. 전력이 필요한 주간에 발전할 수 없고, 전력이 남아도는 야간에 발전하는 일이 자주 일어난다.

본 논문에서 제안한 기존 방조제를 이용한 新조력발전은 위에서 언급한 문제점을 보완하고 하루 24시간 발전할 수 있으며, 지금 생산체제의 전기량을 무한정 대량생산 체제로 전환시킬 수 있다.

II. 본 론

오늘날 실용화되고 있는 해양에너지는 바다의 밀물과 썰물의 차이를 이용하는 조력 발전 뿐이라고 볼 수 있다. 세계의 어떤 바다에서도 하루 두 번씩 밀물과 썰물을 만난다. 그런데 이런 조석 현상은 달이나 태양의 인력만으로 생기는 것은 아니다. 이런 기조력은 지구가 공전할 때 생기는 원심력의 차이에 의해서도 발생한다. 인류는 벌써 오래 전부터 이런 조류를 이용해 왔다. 예컨대 11세기에 프랑스에서는 조류로 수차를 돌려 생기는 동력을 이용하여 옥수수나 밀을 가루로 빻기도 했다. 중세 유럽에

서는 조류로 돌리는 수차를 이용하여 제재소를 가동하고 제분소도 운영했다.

조력발전이란 조석이 발생하는 하구나 만을 방조제로 막아 해수를 가두고 수차발전기를 설치하여 외해와 조지내의 해수를 가두고 수차발전기를 설치하여 외해와 조지내의 수위차를 이용하여 발전하는 방식으로서 해양에너지의 수위차를 이용하여 발전하는 방식으로서 해양에너지에 의한 발전방식 중에서 가장 먼저 개발되었다. 현재 개발 가능한 조력자원을 보유한 국가는 세계에서 손꼽을 정도로 한정되어 있기 때문에 이들 국가에서는 조력자원을 미래의 중요한 대안에너지 자원의 하나로 주목하여 이에 대한 조사와 연구를 활발히 진행 중에 있다.

영불 해협과 이웃한 프랑스의 브르타뉴 지방의 '랑스' 하구에는 밀물과 썰물의 차이가 13.5m나 벌어지고 밀물이 들어오고 나갈 때의 조류의 용량이 매초 5천³m³나 된다. 프랑스는 1966년 이곳에 일당 최고 24만kW를 발전할 수 있는 조력발전소를 완공했다. 프랑스는 먼저 콘크리트 케이슨으로 랑스강 하구에 댐을 건설하여 우리나라의 팔당댐 보다 약간 적은 용량인 1만8천4백만 입방미터의 물을 담을 수 있는 저수지를 만들었다. 만조 때 이 저수지를 가득 메운 바닷물은 간조 때 낮아진 해면으로 떨어지면서 24개의 터빈발전기를 돌린다. 바닷물이 저수지로 밀려들어 올 때도 발전기를 돌려 효율을 높일 수 있다. 조력발전의 효율을 결정하는 가장 큰 요소는 저수지의 저수량이다. 따라서 썰물과 밀물의 차와 함께 넓은 저수지가 들어앉을 수 있는 입지조건이 매우 중요하다. 조수간만의 차가 큰 곳은 황해·영국해협·아이리시해의 연안에 있다.

현재 영불 해협을 비롯하여 남북 아메리카, 중국, 러시아 그리고 우리나라 서해의 인천만, 아산만, 가로림만, 천수만 등을 포함하여 세계

도처에는 조석의 차가 크게 벌어지는 곳이 많다. 이런 곳을 이용하여 조력발전을 한다면 수력발전의 4배가 넘는 10억kW의 전력을 생산할 수 있다. 그러나 아직은 막대한 건설비 때문에 주춤한 상태이지만 21세기 중반경에 화석연료 자원이 바닥이 나면 조력발전은 다시 각광을 받게 될 것으로 전망된다.

우리나라 경기만 일대는 세계적으로 드문 조력발전의 최적지로 부상한 곳이다. 1932년 일제시대 때부터 발전소 설계도를 작성한 기록이 있을 정도이며, 1986년 영국의 공식조사 결과에 따르면 가로림만에 조력발전소를 지을 경우 시설용량이 40MW, 연간 발전량은 836GWH 까지 가능한 것으로 판명되기도 했다.[1] - [7]

국내에서는 현재 시험 조력발전소 건설에 관한 조사사업을 추진 중에 있는데, 앞으로 연구 개발되어야 할 주요 대상은 깊은 수심에서의 연안구조물 설계와 시공기술, 조력발전소 수심에서의 연안 구조물 설계와 시공기술, 조력발전소의 주요부분인 수차발전기의 설계제작기술, 발전계통기술, 발전시스템의 자동제어기술, 해수에 의한 소재의 부식방지기술 등이다.

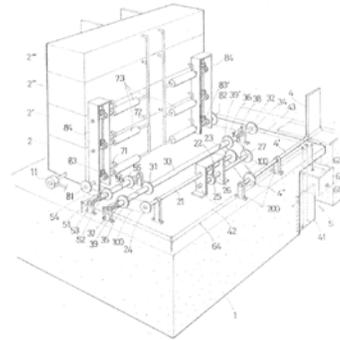
우리나라에서의 조력발전 건설은 서해안에 부존하는 천혜의 조력에너지를 개발함으로써 지역경제의 균형발전을 도모할 수 있을 것으로 기대되고 있다.



[그림1] 시화조력발전소 조감도(한국수자원공사)

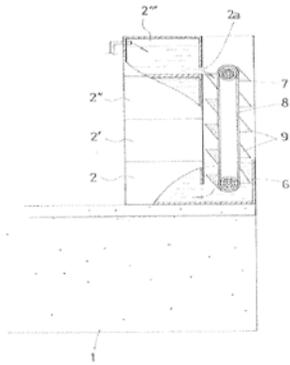
III. 조력 발전시스템 설계

기존 방조제를 이용한 조력발전의 설치 및 운영은 간소하다. 즉, 기존 방조제 앞에 10미터 간격으로 제2의 방조제를 설치하여 기존 방조제와 사이에 바닷물이 흐르는 물길(통로)를 만들어 조력을 발생시키면 된다. 24시간 밀물과 썰물에 의해 교차 되는 것을 이용하여 발전이 가능하다. [그림2]은 바닷물이 썰물일 경우 동작할 수 있는 발전기의 도면을 나타낸다.



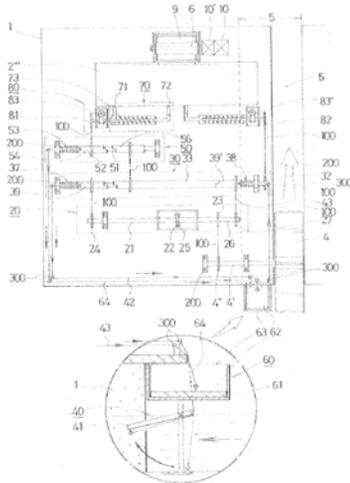
[그림2] 바닷물이 썰물일 경우 조력 발전기 도면(특허출원번호 : 10-2009-0030628)

[그림2]에서 바닷물이 썰물 일 경우, 예들 들면, 기존방식으로는 시화호에 들어온 바닷물은 수문을 통과하여 또는 조력발전소를 통하여 빠져나간다. 그러나 이 새로운 방식은 수문을 통하여 나가는 물은 방파제를 따라서 10미터 간격으로 제2의 방파제를 막아 놓은 물길을 따라 나가게 된다. 물길은 4노트의 힘으로 흐르게 되고 바다로 나가게 된다. 제2의 방파제가 길수록 발전기를 많이 설치할 수 있는 여유가 생기게 된다.



[그림3] 바닷물이 밀물일 경우 조력 발전기의 도면도(특허출원번호 : 10-2009-0030628)

[그림2]에서 기술한 것과는 반대로 바닷물이 밀물일 경우에는 [그림3]와 같이 기존방식으로는 바다에서 시화호로 들어오는 바닷물은 수문을 통과하거나 또는 조력발전소를 통하여 시화호로 들어온다. 그러나 이 방식은 수문을 통하여 들어오는 물은 방파제를 따라서 10미터 간격으로 제2의 방파제를 막아놓은 물길을 따라 들어오게 된다. 물길은 4노트의 힘으로 흐르게 되고 바다에서 시화호로 들어오게 된다. 제2의 방파제가 길수록 발전기를 많이 설치할 수 있는 여유가 생기게 된다.



[그림4] 조력 발전기(터빈)의 도면(특허출원번호 : 10-2009-0030628)

[그림4]에 기술한 터빈(4개의 날개)장치는 통로의 공간이 허락하는 한 터빈장치를 얼마든지 설치할 수 있다. 또한, 물높이에 맞게 터빈의 위치가 자동조절 되도록 할 수 있는 장치로서 물이 빠질 때 또는 물이 흘러 들어올 때 터빈(물레방아)이 적당한 높은 위치에서 자동적으로 돌아갈 수 있도록 부력(유선형 배)으로 장치를 설치한다. 그 동작 과정은 다음과 같다.

- ① 터빈의 양쪽에 유선형 보트를 단다.
- ② 물이 들어올 때 부력으로 배가 뜬다.
- ③ 배가 뜬 위치에서 터빈은 적당히 간격을 유지하면서 물이 이동되는 힘을 이용하여 돈다.
- ④ 그 도는 동력으로 한쪽에서는 연동으로 힘(피스톤)으로 체인이 돈다.
- ⑤ 체인은 힘의 전달을 전기가 발생할 수 있는 전력생산 터빈으로 이동시킨다.

IV. 모의실험 및 검토

본 논문에서 설계한 터빈의 경우 물 1톤이 1초당 30m에서 떨어질 경우, 터빈의 출력(전력)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P = mgh = 1,000\text{kg} \times 9.8(\text{m/sec}) \times 30(\text{m}) = 294,000\text{J/sec} = 294\text{KW}$$

(단, 터빈의 효율을 100%로 가정할 경우)

만약, 본 논문에서 설계한 터빈을 가지고 탱크 용적이 3,000톤이고, 30m위치에서 낙하할 경우, 생산정력은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$P = mgh = 3 \times 1,000,000 \times 9.8(\text{m/sec}) \times 30(\text{m}) = 882,000,000\text{J}$$

그러면 1시간에 생산할 수 있는 전력은 다음과 같다.

$$P = 882,000 / 3,600(\text{sec}) = 245,000 = 245 \text{ KW}$$

따라서, 논문에서 설계한 터빈의 에너지 효율이 60%라고 가정할 경우, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$P = 245KW \times 0.6 = 147KW/h$$

즉, 1시간 동안 20W 형광등 약 10,000개를 켤 수 있는 전력을 생산할 수 있다. 이것은 1KW/H의 소비전력을 사용하는 140가구를 담당할 수 있음을 나타낸다.

V. 결 론

발전의 원리는 기존에는 방조제를 설치하고 바닷물이 통과할 수 있는 수문을 건설하고 수문을 통과하는 조력의 힘으로 수중터빈을 돌렸지만 본 논문에 제안한 조력발전 시스템은 수문에 발전터빈을 설치하지 않고 기존 방조제에서 10미터 간격으로 방조제를 따라서 제2의 독을 만든다. 즉, 기존의 방조제와 제2의 방조제 사이는 바닷물이 들어왔다가 나가는 물길을 만들어 발전하게 된다. 이 물길을 따라 흐르는 바닷물의 힘은 4노트이상 발생한다. 여기에 수차 형태의 물레방아를 설치하면, 물레방아는 열심히 돌며 밀물과 썰물에 관계없이 전기를 생산할 수 있다.

본 논문에서 제안한 조력발전 시스템은 세계의 조력발전소에서는 찾아볼 수 없는 독특한 방식의 발전체계라 볼 수 있으며, 우리 실정에 맞는 방식으로서 기존의 시스템에 비하여 효율성면에서 약 2배정도 향상됨을 고찰할 수 있었고 비용 면에서 2배 이상 절감할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 향후 본 논문에서 제안한 조력발전 시스템을 우리나라의 조석간만이 큰 지역에 설치할 경우, 그린 에너지 생산에 큰 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 한국수자원공사 홈페이지
(<http://www.kwater.or.kr/>)
- [2] 에너지관리공단신재생에너지센터
(<http://www.kwater.or.kr/>)
- [3] 한국신재생에너지협회
(<http://www.knrea.or.kr/>)
- [4] 천동문의 2인 발명, “조수 간만의 유속을 이용한 발전장치”, 특허청, 「특허출원번호 : 특허출원번호 : 10-2009-0030628」, 2009. 4. 9.
- [5] 김규호, 송경빈, "시화조력발전 연계에 의한 남시화 계통의 최적 운영 방안", 조명·전기설비학회논문지 제23권 제5호, pp.120-126 1229-4691. 2009. 5.
- [6] 전철규, “시화 조력발전해역 조류운동 시물레이션” 성균관대학교 건설환경시스템공학과, 석사학위논문, 2008. 2.
- [7] 김규호, 송경빈, “시화조력발전 계통연계에 따른 시간대별 발전량 산정”, 조명·전기설비학회논문지 제21권 제1호, pp.157-163 1229-4691, 2007. 1.

On the Double tide embankment Tidal Power Plant

Dong Moon Chon, Song Woo Lee, Bong Hwa Hong

Abstract

Today, we are increasing to the interest for the green energy using power of nature. in this paper, we are proposed to the double tide embankment tidal power plant. The proposed method improve to the two times in the efficiency and cost. also, the proposed methode expect to perform a role in the product green energy, in the case of installation the very difference between the rise and fall of the tide, in this paper.