

시화 조력발전 접속에 따른 발전량 예측

김규호* 송경빈** 권석기*** 김태훈***
 *안산공과대학 **승실대학교 ***한국전력거래소

Generation Forecast for Integrating Sihwa Tidal Power into Power Systems

Kyu-Ho Kim* Kyung-Bin Song** Seok-Kee Kwon*** Tae-Hoon Kim***
 *Ansan College of Technology **Soongsil University ***Korea Power Exchange

Abstract - This paper presents a method to calculate generation power for integrating Sihwa tidal power into power systems.

The sea levels of 1 minute interval using cubic interpolation based on the forecasted levels of high and low water offered from Nori(National Oceanographic Research Institute) are calculated. If the sea level is greater than the lake level and the difference between sea level and lake level at high tide is over the default value, it begins to calculate the tidal power.

It is seen that tidal power can supply power to demand side stably and economically from assessment of effect for integrating tidal power into power systems.

단위의 시화호 해측의 수위를 예측하였다. 예측된 시화 방조제의 해측과 내측의 수위를 이용하여 시화조력발전소의 시간대별 발전량을 계산하였다.

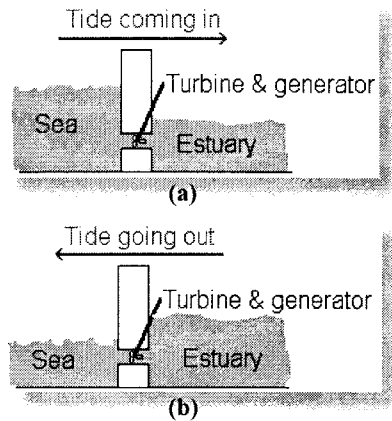


그림 1.1 밀물과 썰물에 따른 발전방식

1. 서 론

해양에너지의 하나인 조력발전은 바다의 밀물과 썰물의 차이를 이용하는 발전으로서 그림 1.1과 같이 조석(ebb and flow)이 발생하는 하구나 만을 방조제로 막아 해수를 가두고 수차발전기를 설치하여 외해와 조지내의 수위차를 이용하여 발전하는 방식이다[1].

조력발전은 캐나다, 중국, 프랑스, 구소련 등에서 건설해 활용하고 있으며, 우리나라를 비롯해 조력발전이 가능한 지역을 보유하고 있는 미국, 호주, 인도 등의 국가에서도 조사 및 건설 작업이 한창이다. 특히 국내에서는 현재 경기도 시화호 방조제의 작은 가리섬에 2009년 5월에 완공 목표로 조력발전소를 건설 중에 있으며 설비용량은 254,000kW로서 조력발전으로는 국내 최초이다[2].

본 논문에서는 시화조력발전소의 계통 연계에 따른 발전량을 예측하여 평가하는 방안을 제안하였다.

국립해양조사원에서 제공되는 시화방조제의 대한 조석에 따른 고조(high water)와 저조(low water)의 해측 예측자료에 대하여 보간법(interpolation)을 이용하여 1분

2. 조력발전의 종류

2.1 단류식 발전

단류식 발전은 낙조(썰물)류나 창조(밀물)류 중 하나의 흐름만 이용하여 발전한다[3].

창조발전

그림 1.1의 (a)에서 알 수 있듯이 조류의 방향이 창조시 즉 외해에서 조지 방향으로 흐름 때에 발전하는 것을 창조발전(Flood Generation)이라 한다.

낙조발전

그림 1.2의 (b)와 같이 조지에서 외해 방향으로 발전하는 방식으로 낙조발전(Ebb Generation)이라 한다.

2.2 복류식 발전

창조발전과 낙조발전을 조합하면 발전량을 두 배로 늘릴 수 있고, 조지내의 조차 변동폭도 넓어지고 기존 조석과 비슷해지면 환경문제도 없을 것이다. 그림 2.1은 복류식 발전 주기를 나타낸 것이다. A점에서 낙조 발전을 시작하고, B점에서 수문을 열어 낙조를 이용하여 저조 때까지 조지 수위를 계속 낮춘 후 조지 수위와 외해 조석간의 수위가 같은 C점에서 수문을 닫는다. 발전 수두차가 날 때 까지 기다렸다가 조지 수위가 높아진 D점에서 수문을 다시 열고 수차를 역회전하여 창조발전을 한다.

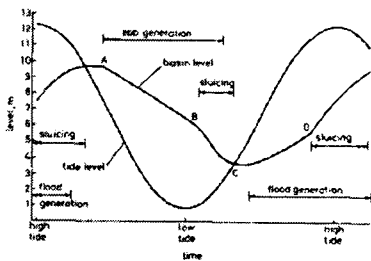


그림 2.1 복류식 발전 주기

3. 조력발전의 계통 접속에 따른 분석

3.1 시화조력 접속에 따른 운영

시화조력발전소의 발전 형식

시화조력발전소의 발전형식은 창조식으로 즉 밀물일 때만 발전을 하게 된다. 이때 해측과 내측의 수위의 차가 평균 2.7m 이상 차이가 발생되면 발전을 시작하고 차이가 감소되어 평균 1.3m 차이가 나면 발전을 중단하는 것으로 계획되어 있다. 그래서 하루 두 번의 발전시간 동안 평균 약 8.9시간 발전하는 것으로 계획되어 있다. 발전형식을 창조식으로 한정 한 이유는 시화호 관리 수위가 EL -1.0m이고 바다평균 간조위가 EL-2.81m이기 때문에 낙조(썰물)시 발전개시 낙차를 2m 이상 확보할 수가 없기 때문에 낙조식 발전은 불가능하며, 결국 창조식 발전과 낙조식 발전을 모두 할 수 있는 복류식 발전이 불가능하다[4,5].

또한, 사리(spring tide)와 조급(neap tide)시에는 평균 발전시간이 달라질 수밖에 없으며 평균 8.9시간 발전은 2009년 5월 1일부터 2010년 4월 30일까지 조위를 10분 단위로 구분 예측 계산된 결과 값이다. 그리고 조석주기는 약 12시간 25분 정도로서 1년 730조석중 발전기 가능한 조석은 700~705조석이며, 1년 기준으로 700조석 발

전시 30조석은 15일에 해당되므로 연간 15일은 최소 조급시 발전할 수 없는 조건으로 해수만 유통시키게 된다.

발전 및 정지 방법은 joint control 개념으로 10기가 동시에 발전되고 정지하며 정격에 도달하는 시간은 2-3분 정도 걸린다.

시화조력발전소의 계통연계

시화조력발전 출력은 10.2kV/154kV 승압되어 지중선로 11.4km를 통해 남시화 변전소에 연결되는 것으로 계획되었다. 당초에는 지중선로 8km를 통해 신설하는 동시화변전소에 연결하려는 계획이었으나 최종적으로 기존의 남시화 변전소(60,000kVA x 4뱅크)에 연결하여 시화공단에 전력을 공급하는 것으로 결정하였다. 시화조력발전소에서 발전되는 254,000kW는 지중송전선로를 통하여 남시화 변전소에 연결되어 시화공단지역(현재 최대부하 124,000kW)에 전력을 공급하고 남는 전력은 다른 지역으로 공급하게 된다. 따라서 남시화 변전소는 시화조력이 발전가능한 시간대에는 그림 3.1과 같이 공급받게 되고 시화조력이 발전을 하지 않는 시간대에는 그림 3.2에 나타낸 것과 같이 다른 송전선로(시화변전소와 서시화변전소)를 통하여 공급받는다.

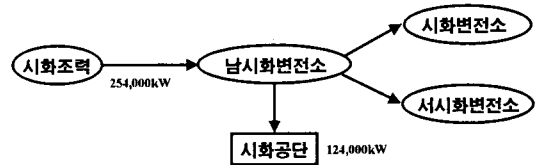


그림 3.1 시화조력 발전 가능 시간 계통연계 및 전력공급

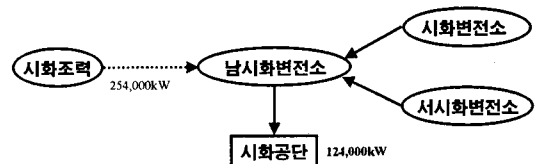


그림 3.2 시화조력 발전 불가능 시간 계통연계 및 전력공급

3.2 시화조력 접속에 따른 발전량 예측

시화조력발전소의 시간대별 발전량

본 연구에서는 시화조력발전소의 시간대별 발전량을 계산하기 위하여 시화방조제의 수위를 예측하였다[6]. 시화호 해측 수위는 시화조력발전소와 가장 근접한 위치에 있는 안산 탄도의 조위관측소의 과거 실측자료를 바탕으로 조석·조화분해를 통해 산출된 값을 이용하였다. 국립해양조사원에서 제공되는 조석에 따른 고조(high

water)와 저조(low water)의 예측자료에 대하여 보간법(interpolation)을 이용하여 1분 단위의 시화호 해측의 수위를 예측하였다. 시화호 내측의 수위는 시화호의 내측의 수위를 이용한 장기 수면 관측 자료가 있거나 장기 관측하여 얻은 해수면자료를 조석·조화 분해하여 나온 조화상수를 이용하여 예측할 수 있다. 시화호의 경우 관리수위를 EL -1.0m로 유지하고 있어 밀물시 이 수위를 넘지 않는 범위 내에서 시화호의 수위를 관리하고 있다.

예측한 시화방조제의 해측과 내측의 수위를 이용하여 시화조력발전소의 시간대별 발전량을 계산하였다. 그림 3.3의 첫 번째 파형은 국립해양조사원에서 제공되는 시화방조제의 대한 조석에 따른 고조(high water)와 저조(low water)의 해측 예측자료에 대하여 보간법(interpolation)을 이용하여 1분 단위의 시화호 해측의 수위를 예측하여 나타내었다. 첫 번째 파형에서 직선은 linear interpolation으로부터 계산된 파형이며 곡선은 cubic interpolation을 이용하여 계산된 파형이다.

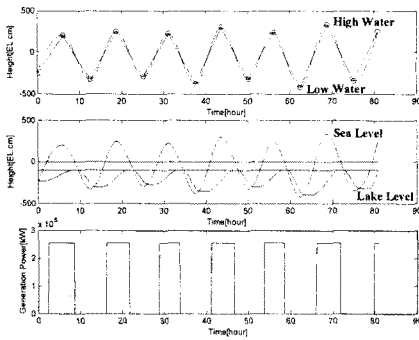


그림 3.3 시화조력 시간대별 발전량(2006년 12월 1일 - 3일)

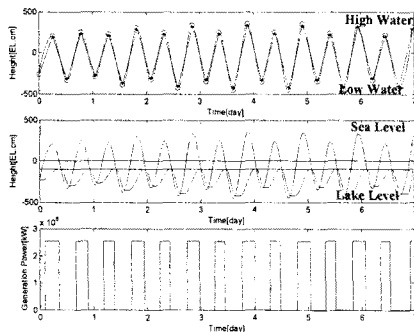


그림 3.4 시화조력 시간대별 발전량(2006년 12월 1일 - 7일)

그림 3.3의 두 번째 파형은 해측(Sea Level), 내측(Lake Level) 그리고 시화호 관리수위(EL -1.0m)를 나타낸 것이다. 마지막으로 그림 3.3의 세 번째 파형은 해

측과 내측의 수위를 이용하여 시화조력발전소의 2006년 11월 30일 약 18시부터 12월 5일 03시까지의 시간대별 발전량을 나타낸 것이다. 그림 3.4는 그림 3.39에서 시간대별 발전량의 기간을 확장한 것으로 2006년 11월 30일 약 18시부터 12월 7일 18시까지에 대하여 계산한 약 1주일간의 시화호의 해측(Sea Level), 내측(Lake Level), 시화호 관리수위(EL -1.0m) 및 시간대별 발전량을 나타낸 것이다. 이렇게 예측된 조위를 활용하여 발전계획을 1주일 단위로 작성하여 계통 운영회사에 사전 통보함으로써 계통 운영회사에서는 이러한 계획에 근거하여 계통 기동 정지계획 등에 활용해야 할 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 시화조력발전소의 계통 연계에 따른 발전량을 예측하여 평가하는 방안을 제안하였다.

국립해양조사원에서 제공되는 시화방조제의 대한 조석에 따른 고조(high water)와 저조(low water)의 해측 예측자료에 대하여 보간법(interpolation)을 이용하여 1분 단위의 시화호 해측의 수위를 예측하였다. 예측된 시화방조제의 해측과 내측의 수위를 이용하여 시화조력발전소의 시간대별 발전량을 계산하였다. 계통 운영회사에서는 이러한 발전량을 근거하여 계통 기동정지계획 등에 활용할 수 있다.

세계 각국에서 조력발전에 대한 검토는 많이 이루어졌으나 실천에 옮기지 못하는 이유는 조력발전소를 건설하기 위해서는 방조제가 세워야 하는 경제적인 문제가 대두되고 있다. 따라서 우리나라의 경우 지속적으로 조력발전 및 조류발전을 계획하고 있다면 방조제가 설치되어 있는 지역을 우선적으로 선정하여 경제성과 효율성을 검토해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 한국해양연구원, 1993, "조력발전 기술 현황 분석"
- [2] 수자원교육원, 2005, "재생에너지 개발과정"
- [3] 한국해양연구원, 1997, "아산항 조력발전 타당성 검토"
- [4] 국립해양조사원 홈페이지 자료, "http://www.nori.go.kr"
- [5] 수자원공사, 2002, "시화호 조력발전 건설사업 타당성조사 및 기본계획 보고서"
- [6] William H. Press, "Numerical Recipes in C", Cambridge Univ. Press