

조선서해 조류에너르기평가를 위한 한가지 방법

강래성, 정래봉

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《삼면이 바다로 둘러 싸인 우리 나라에서 바다의 자원을 적극 개발리용하는것은 인민들의 복리증진을 위하여 중요한 의의를 가집니다.》(《김일성전집》 제39권 424페이지)

조선서해는 조수력자원과 함께 조류에너르기자원이 대단히 풍부하며 그것을 적극 개발리용하는것은 인민경제발전에서 중요한 의의를 가진다.

우리는 조선서해의 풍부한 조류자원을 전면적으로 조사장악하는데 필요한 에너르기평가방법을 제기하고 그것에 기초하여 조류의 주기적인 변화에 따르는 흐름속도변화모형을 작성하였다. 또한 최대흐름속도와 만조높이사이의 관계에 따르는 조류발전기출력 및 효율평가방법에 의한 년발전량과 발전시간을 결정하기 위한 연구를 진행하였다.

1. 조류와 그 개발특성

조류에너르기는 달과 태양을 비롯한 천체들과 지구사이 기조력의 주기적인 변화에 따라 바다물면이 오르내리는것과 함께 일정한 속도와 방향으로 흐름이 진행될 때 바다물흐름이 가지고있는 에너르기를 의미한다.

바다에서 조석현상이 나타날 때 바다물면의 높이차에 의하여 생기는 위치에너지가 조석에너지라면 조류에너르기는 바다물의 수평운동에너지이므로 여기서는 흐름속도가 주요평가지표로 되고있다.

만입구나 섬사이, 갑부근의 수로에서는 풍부한 조류에너르기를 개발할수 있으며 그 부근 해안지역의 에너지개발에 유리한 조건을 지어줄수 있다.

조류자원개발에서는 조수력개발과 같이 언저건설이 필요없으며 발전기를 물밑에 설치하므로 항해에 전혀 지장을 주지 않는다. 또한 바다물의 밀도가 공기밀도의 820배정도이므로 해상풍력밀도보다 엄청난 에너르기를 얻을수 있을뿐아니라 흐름속도변화가 비교적 규칙적이고 안정하기때문에 파도응력에 의한 파괴현상이 거의 없다.[1, 3]

그러나 조류개발은 일련의 문제점들도 가지고있는데 그것은 바다밑바닥의 암질조건에 따르는 발전기의 계류문제, 조류발전소의 바다면부분에 대한 해일이나 태풍피해, 바다물에 의한 발전설비의 부식과 생물부착문제 등이다.

기타 발전기운영상 불규칙적인 흐름변동으로 발전출력이 불연속적이므로 운영에서는 반드시 주변동력체계와의 결합이나 축전설비와 같은 보조설비들이 갖추어져야 한다.

2. 조류에너르기평가

일반적으로 조류의 속도와 방향은 반날주기, 하루주기, 반월주기, 월주기, 년주기, 18.61년주기에 따라 진폭과 위상각이 변하지만 조선서해에서는 반월주기 T_M 과 반날주기 T_C

변화가 우세하며 그 값은 평균 354h 22min, 12h 25min 정도이다.

대표적으로 반날주기의 조석인 경우 조류속도계산식을 구하면 다음과 같다.

$$V = \bar{V}_m \left(1 + K \sin \frac{2\pi}{T_M} t \right) \sin \frac{2\pi}{T_C} t$$

여기서 $\bar{V}_m = \frac{V_S + V_N}{2}$ 는 조류의 평균속도(m/s), $K = \frac{V_S - V_N}{V_S + V_N}$ 는 조류의 변동계수,

$V_S = (1 + K)\bar{V}_m$ 은 사리때 흐름속도, $V_N = (1 - K)\bar{V}_m$ 은 조끔때 흐름속도이다.

이때 $a = \frac{V_N}{V_S}$ 속도진폭비를 이용하면 다음의

관계식들이 얻어진다.

$$a + aK + K = 1, \quad a = (1 - K)/(1 + K),$$

$$K = (1 - a)/(1 + a)$$

변동계수 K 와 속도진폭비 a 사이의 관계곡선은 그림과 같다. 또한 여기서 계산된 값들을 표 1에 제시하였다.

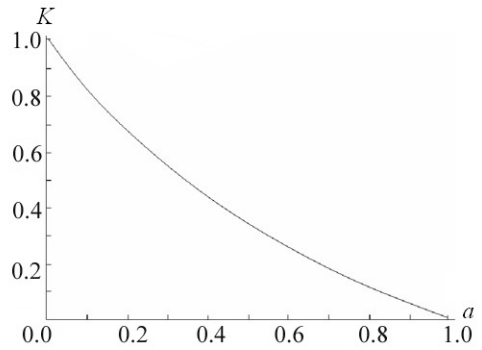


그림. 변동계수와 속도진폭비관계곡선

표 1. 변동계수에 따르는 속도진폭비계산값

a	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
K	1	0.82	0.67	0.54	0.43	0.33	0.25	0.18	0.11	0.05	0

따라서 조류속도평균값은 속도비 $\bar{V}_m = \frac{1+a}{2} V_S$ 로 표시할수 있다.

한편 단위체적의 바다물이 가지고있는 운동에너지는 다음과 같다.[2]

$$E = \frac{1+a}{2} V_S^3 \text{ (kJ/m}^3\text{)}$$

단위시간에 단위자름면을 통과하는 에너지의 출력밀도는 $p = \frac{1}{2} \rho |\bar{V}_m|^3 \text{ (kW/m}^2\text{)}$ 이

며 그 최대값은 $p_{\max} = \frac{1}{2} \rho V_S^3 = \frac{1}{2} \rho (1 + K)^3 \bar{V}_m^3$ 이다. 여기서 바다물의 밀도 ρ 는 수역, 계절, 물온도 등의 요인에 따라 변하지만 평균값으로 $\rho = 1.024 \text{ t/m}^3$ 이다.

또한 발전출력 $N = \eta C_m p_{\max} A \text{ (kW)}$ 이다. 여기서 $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$, η_1 은 수차효율, η_2 는 발전기효율이며 C_m 은 출력계수(0.2~0.4), $A = B \cdot H$ 는 조류흐름면적, B 는 수로너비, H 는 평균물깊이이다.

우에서 얻어진 식들에 기초하여 조류에너지이용특성지표들에 대한 계산식들을 다음과 같이 얻어낼수 있다.

평균에너지흐름밀도(kW/m²)

$$\bar{p} = \frac{1}{T_M} \int_0^{T_M} p dt = \frac{1}{2} \rho \frac{1}{T_M} \int_0^{T_M} |V_m|^3 dt$$

평균출력 (kW)

$$N = \bar{p} BH$$

년발전량 (kWh)

$$E = 8\,760 \bar{\eta} C_m N$$

년발전시간(h)

$$T = E/N$$

일반적으로 T 는 1 500~1 800h인데 a 에 따라 발전시간과 발전량이 달라지게 된다.(표 2)

표 2. a 값에 따르는 최대출력에 대한 평균에너지밀도비

a	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
\bar{p}/p_{\max}	0.133	0.142	0.153	0.167	0.186	0.209	0.238	0.273	0.315	0.365	0.425

맺 는 말

본문에서는 조선서해의 조류자원평가방법을 제기하고 그것에 기초하여 조류의 주기적인 변화에 따르는 흐름속도변화모형과 최대흐름속도와 만조높이사이관계에 따르는 조류발전기출력 및 효율평가방법을 밝혔다.

연구결과 지난 시기의 복잡한 수치계산방법들보다 리용하기 편리한 조류의 평균에너지밀도 및 발전기의 평균출력, 연간 발전량, 발전시간결정방법들을 현실에 적용할수 있는 기초가 마련되었다.

참 고 문 헌

- [1] 강태성; 해양에너지개발, 김일성종합대학출판사, 52~74, 주체97(2008).
- [2] A. S. Bahaj et al.; Energy, 59, 2, 83, 2013.
- [3] Zhibin Zhou; Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18, 390, 2013.

주체107(2018)년 1월 5일 원고접수

One Method for Estimating Ocean Tidal Current Energy of the Korean West Sea

Kang Thae Song, Jong Thae Bong

To exploit and utilize the unlimited tidal current energy of the Korean West Sea, it is very useful to correctly estimate the tidal resources quantity and clear up the change property of current velocity to cyclic change of tidal current.

According our research, by analysing several multiple varying peorides of tidal current, a mathematical model of its velocity is obtained. Also the estimating formulae are derived for the maximum and average densities of tidal current energy flow, power capacity, annual generating energy and generating hour.

Key words: tidal current energy, power capacity, generating hour