

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

ПРИЛИВНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, МАЛІ ГЕС: ПРИНЦИП РОБОТИ І РОЗРАХУНОК

Мета роботи: ознайомитися з принципом роботи приливних електростанцій і малих ГЕС, а також з методиками їх розрахунку.

5.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.

Малі гідроелектростанції (МГЕС).

Гідроелектростанції малої потужності – це устаткування, яке засноване на гідроенергетичних установках потужністю від 1 до 3000 кВт. Установки для малої гідроенергетики класифікують за потужністю на:

- устаткування для міні гідроелектростанції потужністю до 100 кВт;
- устаткування для мікро гідроелектростанцій потужністю до 1000 кВт.

Конструкція малої ГЕС базується на гідроагрегаті, який включає енергоблок, водозабірний пристрій і елементи управління. Залежно від того, які гідроресурси використовуються малими гідроелектростанціями, їх ділять на декілька категорій:

- руслові або пригребельні станції з невеликими водосховищами;
- стаціонарні міні ГЕС, що використовують енергію вільної течії річок;
- ГЕС, що використовують існуючі перепади рівнів води на різних об'єктах водного господарства;
- мобільні міні ГЕС в контейнерах, із застосуванням пластикових труб або гнучких армованих рукавів.

Принцип роботи турбіни в усіх конструкціях практично ідентичний: вода під тиском поступає на лопаті турбіни, які починають обертатися. Енергія обертання передається на гідрогенератор, який відповідає за вироблення електроенергії. Турбіни для об'єктів підбираються відповідно по деяких технічних характеристиках, серед яких головним залишається тиск води. Крім того, турбіни вибираються залежно від виду камери, яка йде в комплекті – сталеву або залізобетонну.

Потужність ГЕС залежить від тиску і витрати води, а також від ККД

використовуваних турбін і генераторів. Через те, що за природними законами рівень води постійно міняється, залежно від сезону, а також ще з ряду причин, як вираження потужності гідроелектричної станції прийнято брати циклічну потужність. Приміром, розрізняють річний, місячний, тижневий або добовий цикли роботи.

Приливні електростанції. Принцип роботи приливної електростанції (ПЕС) такий: в затоці будується гребля, що відділяє частину його від океану. Під час приливу і відливу по різні сторони греблі утворюється перепад рівнів води, вода спрямовується через греблю у бік нижнього рівня і приводить в рух реверсивні турбіни, що обертаються то в один (під час приливу), то в інший бік (рис. 5.1).

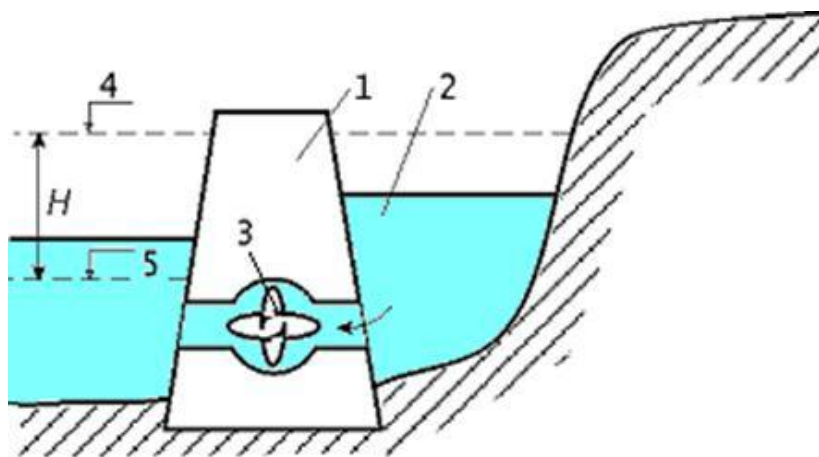


Рис. 5.1 – Принцип роботи приливної електростанції:

1 – гребля; 2 – басейн; 3 – реверсивна турбіна; 4 – найбільший рівень приливу;
5 – рівень відливу

В порівнянні із звичайною ГЕС приливна електростанція має ряд переваг:

1. Окрім відсутності необхідності створення водосховища робота ПЕС не залежить від водності року.

2. Приливи і відливи, змінюючи один одного, мають постійну для кожного місяця енергію.

3. Привабливі приливні електростанції і тим, що капітальні вкладення на їх будівництво не перевищують витрат на спорудження гідроелектростанцій.

4. При цьому собівартість будівництва електростанції на 1 МВт електроенергії, що виробляється на ПЕС, може обійтися у п'ятеро дешевше, ніж на ТЕС

Практика експлуатації підтвердила екологічну безпеку приливних електростанцій:

- греблі ПЕС біологічно проникні: пропуск риби через ПЕС відбувається практично безперешкодно, основна кормова база риби планктон: на ПЕС гине 5-10% планктону, а на ГЕС – 83-99%;

- зниження солоності води в басейні ПЕС, що визначає екологічний стан морської фауни і льоду складає 0,05-0,07%, тобто практично невідчутно;

- льодовий режим в басейні ПЕС пом'якшується: в басейні зникають тороси і передумови до їх утворення, не спостерігається нажимної дії льоду на

споруду, розмив дна і рух наносів повністю стабілізуються протягом перших двох років експлуатації;

- наплавний спосіб будівництва дає можливість не зводити в створах ПЕС тимчасові великі будівельні бази, споруджувати перемички і інше, що сприяє збереженню довкілля в районі ПЕС;

- виключений викид шкідливих газів, золи, радіоактивних і теплових відходів, розробку, транспортування, переробка, спалювання і захоронення палива, запобігання спалюванню кисню повітря, затоплення територій, загроза хвилі прориву;

- ПЕС не загрожує природі і людині, а зміни в районі її експлуатації мають лише локальний характер, причому, в основному, в позитивному напрямі.

5.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

5.2.1. Оцінка зміни потужності малою ГЕС при коливаннях витрати води і тиску.

Як зміниться потужність малої ГЕС, якщо тиск водосховища H в посушливий період зменшиться в n разів, а витрата води Q скоротиться на m %? Втрати в гідротехнічних спорудах, водоводах, турбінах і генераторах вважати постійними.

Відомо, що потужність ГЕС (N) можна визначити по простому рівнянню:

$$N = 9,81QH\eta, \text{ Вт} \quad (5.1)$$

де Q – об’ємна витрата води в $\text{м}^3/\text{с}$;

H – тиск води ГЕС в м;

η – ККД ГЕС, що враховує втрати в гідравлічних спорудах водоводах, турбінах, генераторах. Для малих ГЕС $\eta \approx 0,5$.

ККД гідротурбін змінюється в межах $0,5 \div 0,9$.

Для варіантів значення вихідних величин наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні данні для розрахунку параметрів малих ГЕС

Величини і одиниці їх виміри	Варіанти завдань									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	3	2	1,2	1,5	3	2	1,2	1,5	3	2
m	30		20	30	50	30	10	20	40	20

Розв’язання. Приймаємо наступні умови: тиск водосховища H в посушливий період зменшиться в $n=3$ разів, а витрата води Q скоротиться на $m=20\%$? Втрати в гідротехнічних спорудах, водоводах, турбінах і генераторах вважати постійними.

1. Потужність ГЕС до змін визначається:

$$N_1 = 9,81QH\eta,$$

2. Потужність ГЕС після змін визначається:

$$N_2 = 9,81Q(1-m)\eta H/n,$$

3. Зміна потужності:

$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{9,81QH\eta}{9,81Q(1-m)\eta H/n} = \frac{n}{(1-m)} = \frac{3}{1-0,2} = 3,75$$

5.2.2. Розрахунок параметрів малих ГЕС та аналіз зміни потужності гідрогенератора.

Визначити потужність малої ГЕС, якщо витрата води Q , тиск H . Коефіцієнт втрат тиску у відкритому гідроканалі $K=0,85$, ККД гідротурбіни η_m , ККД гідрогенератора η_e . Як зміниться потужність, якщо затвором зменшити витрату води до 70% від номінального? Буде вона більше або менше, ніж 70% від номінальної потужності?

Електрична потужність гідроенергетичної установки розраховується за формулою:

$$N = 9,81KQH\eta_m\eta_e, \text{ Вт} \quad (5.2)$$

де K – коефіцієнт втрат тиску в гідро каналі.

Розв'язання. Приймаємо наступні умови: витрата води $Q=20 \text{ м}^3/\text{с}$, тиск $H=8 \text{ м}$. Коефіцієнт втрат тиску у відкритому гідроканалі $K=0,85$, ККД гідротурбіни $\eta_m=80\%$, ККД гідрогенератора $\eta_e=95\%$. Як зміниться потужність, якщо затвором зменшити витрату води до 70% від номінального? Буде вона більше або менше, ніж 70% від номінальної потужності?

1. Потужність ГЕС до змін визначається:

$$N_1 = 9,81KQH\eta_m\eta_e = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 8 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \approx 1014 \text{ Вт}$$

2. Потужність ГЕС після змін визначається:

$$N_2 = 9,81KQ(1-0,7)H\eta_m\eta_e = 9,81 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 0,3 \cdot 8 \cdot 0,95 \cdot 0,8 \approx 304 \text{ Вт}$$

3. Зміна потужності

$$\Delta N = \frac{(N_1 - N_2)100\%}{N_1} = \frac{(1014 - 304)100}{1014} = 70 \%$$

Для варіантів значення вихідних величин наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Вихідні данні для розрахунку параметрів малих ГЕС

Величини і одиниці їх виміри	Варіанти завдань									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$H, \text{ м}$	17	15	13	11	9	8	7	6	7	8
$\eta_m, \%$	76	78	79	80	81	82	83	84	85	84
$\eta_e, \%$	94	95	96	93	94	95	95	96	95	96

5.2.3. Оцінка приливної потенціалу басейну.

Використовуючи формулу Л.Б. Бернштейна, оцінити приливний потенціал басейну $E_{ном}$ (кВт·год), якщо його площа F (км²), а середня величина приливу R_{cp} (м)

Завдання присвячено оцінці енергетичного потенціалу E_{nom} приливної енергії океанічного басейну, що має площу F , якщо відома середня величина приливної хвилі R_{cp} . У науковій літературі існує декілька рівнянь, що дозволяють визначити приливний потенціал басейну. Одне з них запропоноване вітчизняним ученим Л.Б. Бернштейном:

$$E_{nom} = 1,97 \cdot 10^6 R_{cp}^2 F \quad (5.3)$$

Для варіантів значення вихідних величин наведено у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Вихідні данні для оцінки приливого потенціалу басейну

Величини і одиниці їх виміри	Варіанти завдань									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$F, \text{ км}^2$	400	700	1000	1500	2000	2200	2500	3000	3500	4000
$R_{cp}, \text{ м}$	8,0	7,5	7,2	7,0	6,8	6,5	6,0	5,4	5,2	5,0

Розв'язання. Приймаємо наступні умови: площа басейну $F=2000 \text{ км}^2$, а середня величина приливу $R_{cp}=7 \text{ м}$.

Приливний потенціал басейну:

$$E_{nom} = 1,97 \cdot 10^6 R_{cp}^2 F = 1,97 \cdot 10^6 \cdot 7^2 \cdot 2000 = 193,1 \cdot 10^9 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення терміну «мала гідроелектростанція».
2. Наведіть класифікацію малої гідроенергетики.
3. Основні елементи конструкції малої ГЕС.
4. Принципи роботи приливної електростанції.
5. В чому полягає екологічна безпека ПЕС.
6. Наведіть методику розрахунку параметрів малих ГЕС.
7. Як визначити приливний потенціал басейну?