

УДК 621.311.212

Ю.Н.Перминов¹, канд.техн.наук, В.П.Коханевич², канд.техн.наук, Н.А.Шихайлов³ (Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев), С.Ю.Перминова⁴ (Институт экологического управления и сбалансированного природопользования, Киев)

Определение параметров и основных размеров генератора для приливных электростанций малой мощности (до 1000 кВт)

На основе анализа особенностей работы приливных электростанций определены возможные конструкции синхронных генераторов с возбуждением от постоянных магнитов и приведен расчет их основных геометрических соотношений. Библ. 20, рис. 4.

Ключевые слова: гидроэнергетика, приливные электростанции, генераторы, капсульные гидроагрегаты, постоянные магниты.

Orcid: ¹0000-0001-5604-8327; ²0000-0003-0033-1355; ³0000-0000-0003-1845-9904; ⁴0000-0003-0550-6548.

Постоянно увеличивающиеся энергетические потребности настоящего времени обуславливают устойчивый интерес к новым источникам энергии, в частности, к энергии мирового океана: приливов, прибоя, волн, разности температур воды поверхностных и глубинных слоев океана, течений [1].

Особенностью приливных электростанций (ПЭС) является использование естественно возобновляемой энергии морских приливов для преобразования ее в другие формы энергии, преимущественно в электрическую [2, 3].

Перспективность использования ПЭС может быть обусловлена рядом факторов, среди которых:

- существенные запасы приливной энергии планеты, которые способны обеспечить до 15% современного энергопотребления [4];
- устойчивая динамика величины приливной энергии во времени (энергия приливов возобновляема и неизменна в помесечном (сезонном и многолетнем) периодах на весь срок эксплуатации и не зависит от водности года) [5];
- возможность совместного использования с электростанциями других типов в энергосистемах [6, 7];
- благоприятные экологические характеристики работы приливных электростанций (возможность постройки в труднодоступных местах в прибрежной зоне, где они не загрязняют

атмосферу вредными выбросами, в отличие тепловых станций; отсутствие необходимости затопления территорий, в отличие от гидроэлектростанций; отсутствие потенциальной опасности, характерной для атомных станций) [4, 8].

Несмотря на ряд вышеописанных преимуществ, энергия приливов и отливов все еще мало используется по причине ее относительно высокой стоимости и ограниченной доступности мест с достаточно высокими приливами [9, 10]. Тем не менее, усовершенствование технологий и улучшение конструкции приливных электростанций способны повысить их эффективность и снизить стоимость вырабатываемой ими энергии [3–5].

В данной статье проведен анализ особенностей работы приливных электростанций с целью определения возможных конструкций синхронных генераторов с возбуждением от постоянных магнитов для использования в гидроагрегатах ПЭС.

Природа приливов, являющихся источником энергии для рассматриваемого типа электростанций, связана с приливообразующей силой, возникающей при гравитационном взаимодействии Земли с Луной и Солнцем. На побережьях морей и океанов наиболее часто встречается так называемый полусуточный прилив, у которого за лунные сутки (24 ч 50 мин) максимальная волна прилива приходит дважды (рис. 1а).

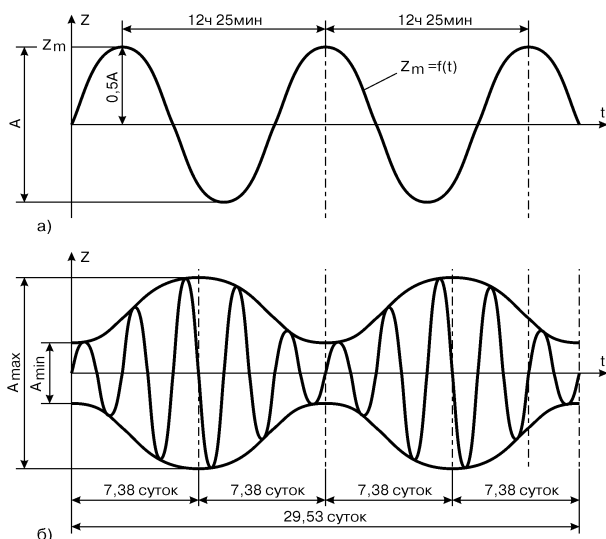


Рис. 1. Характеристики приливов: а) полусуточный прилив; б) месячное изменение величины прилива.

Величина прилива A определяется разностью уровня воды Z при максимальном подъеме и минимальном снижении за период прилива. Максимальное отклонение от среднего уровня моря называют амплитудой прилива, равной $0,5A$.

Неравномерность приливных колебаний в течение лунного месяца (29,53 суток) отображена на рис. 1б, где A_{max} и A_{min} – максимальная и минимальная величина прилива соответственно [3, 15].

Закономерность изменения приливов в течение месяца, вызванная движением Луны и Солнца, остается неизменной для всех лунных месяцев года. Среднее значение величины прилива для всех одноименных суток лунного месяца также является практически неизменным в годовом и многолетнем разрезе [5, 11]. Т.е., будучи функцией от величины прилива, энергия приливной волны имеет неизменную величину среднемесячной энергии для любого года, что представляет ее важную отличительную особенность с точки зрения потенциала использования в гидроэнергетике [12].

Амплитуды и формы приливо-отливных волн на разных побережьях мирового океана существенно различаются, что связано с такими факторами, как глубины, конфигурация береговой линии и др. Различными являются и величины приливов на разных морских побережьях: так, максимальная величина прилива A_{max} , состав-

ляющая 19,5 м, наблюдалась в Канаде, в заливе Фанди на побережье Атлантического океана [12].

Для создания приливных электростанций необходимы благоприятные природные условия, которые включают:

- приливы ($A > 3-5$ м);
- контур береговой линии (желательно с образованием залива), позволяющий отделить от моря бассейн для работы ПЭС при минимальной длине и высоте перегораживающей плотины (а также наличие благоприятных геологических условий для ее основания).

Энергетические параметры ПЭС с полусуточным приводом определяются как:

$$\mathcal{E} = 1,97 \cdot A_{cp}^2 \cdot F, \quad (1)$$

$$N = 225 \cdot 10^{-6} \cdot A_{cp}^2 \cdot F, \quad (2)$$

где \mathcal{E} – выработка энергии в год, кВт·ч; N – средняя мощность, кВт; A_{cp} – среднеквадратичная амплитуда за лунный месяц; F – средняя площадь поверхности бассейна в пределах приливных колебаний уровня, м² [3].

В настоящее время эксплуатируются: с 1967 г. ПЭС Ранс (Франция) мощностью 240 МВт; с 1968 г. Кислогубская ПЭС (Россия) мощностью 0,4 МВт; с 1984 г. ПЭС Аннаполис (Канада) мощностью 20 МВт; пять небольших ПЭС в Китае общей мощностью 4,3 МВт, в том числе построенная в 1985 г. ПЭС Цзянсянь мощностью 3 МВт [6].

В состав ПЭС входят здания ПЭС, водопропускное сооружение и глухая плотина. Для ПЭС могут использоваться однобассейновая схема (с одно- и двухсторонним действием) и схема с двумя или несколькими бассейнами. Выполненные исследования и проектные проработки со сравнением схем ПЭС показали преимущества однобассейновой схемы [12].

Однобассейновая схема предусматривает, что в начале прилива опущенные затворы отделяют бассейн от моря. При достижении необходимого минимального напора (между уровнями моря и бассейна) начинают работать турбины, используя поток воды из моря, и происходит на-

полнение бассейна. Когда перепад между морем и бассейном достигает минимума, отключаются турбины, поднимаются затворы и происходит выравнивание уровней в море и бассейне, после чего затворы закрываются, отделяя бассейн от моря. В период отлива при достижении необходимо напора (между уровнями бассейна и моря) включаются турбины, и происходит опорожнение бассейна. Затем цикл повторяется (рис. 2) [6, 12].

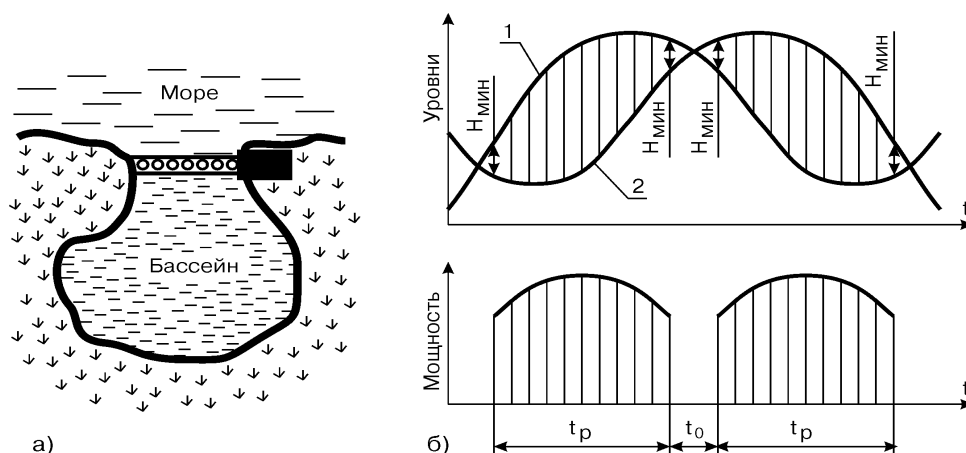


Рис. 2. Схемы ПЭС: а) ПЭС одним бассейном; б) график работы ПЭС двухстороннего действия; 1 – уровень моря; 2 – уровень бассейна; t_p – период выдачи мощности; H – напор; t_0 – период открытия затворов для выравнивания уровней в бассейне и море.

Недостатком работы ПЭС является прерывистость выдачи мощности и несоответствие графику нагрузки. Использование насосной подкачки в цикле ПЭС позволяет сдвинуть его во времени относительно приливов и отливов, обеспечивая наиболее эффективное использование вырабатываемой электроэнергии для покрытия пиковой части графика нагрузок энергосистемы при одновременном увеличении выработки электроэнергии.

Существует оптимальное соотношение площади бассейна и длины створа, при котором оказывается возможным в данном створе расположить агрегаты и водопропускные отверстия так, что они обеспечат возможность высокой степени потенциала бассейна и не потребуются сооружение глухой плотины [3]. Однако глухая плотина в не очень широких створах составляет небольшую стоимость сооружения (около 10%) и нет необходимости стремиться к выбору створа, исключая необходимость ее возведения. Стоимость гидроэнергетического оборудования составляет около 50% капитальных вложений [13].

Работа гидроагрегатов ПЭС происходит при

Основной эффект такой работы достигается за счет лучшего вписывания цикла работы ПЭС в график нагрузки энергосистемы. По такой схеме работает ПЭС Ранс (Франция) [5]. При однобассейновой схеме одностороннего действия упрощается цикл работы ПЭС, и ее работа происходит в одном направлении при опорожнении или наполнении бассейна, причем более эффективной является работа турбин с опорожнением бассейна.

малых напорах – от 0,5 до 2,7 м при величине прилива 1-4 м и при наибольших величинах прилива – от 1 до 11 м [12].

Применение вертикальной турбины приводит к большим потерям напора, поэтому получили распространение агрегаты капсульного исполнения горизонтального расположения [3, 14].

Примером может служить агрегат Кислогубской ПЭС (Россия), показанный на рис. 3 (напор на турбину изменяется от 0,5 до 2,7 м), где использован асинхронизированный синхронный генератор, который обеспечивает возможность генерирования напряжения стандартной частоты на статоре машины при несинхронной частоте вращения ротора. Недостаток такого генератора – сложная конструкция ротора за счет наличия трехфазной фазной обмотки, сложная система возбуждения, представляющая тиристорный преобразователь частоты, ограничение диапазона регулирования частоты вращения в диапазоне $\pm 30\%$: 50,4-93,6 об/мин – по турбине и через мультипликатор, 420-790 об/мин – по электрической машине [3].

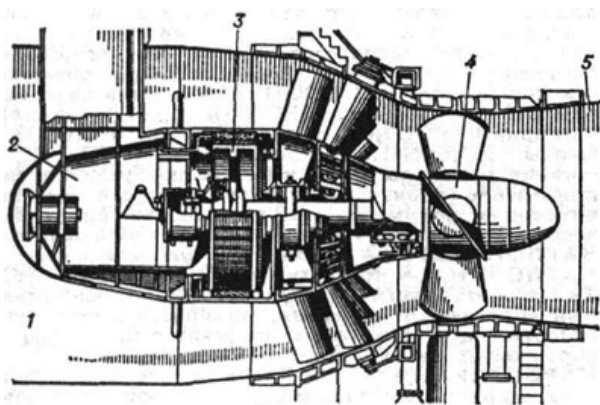


Рис. 3. Горизонтальный капсульный гидроагрегат: 1 – подводная камера; 2 – капсула; 3 – гидрогенератор; 4 – рабочее колесо гидротурбины; 5 – отсасывающая труба.

В данной работе предлагается использовать в ПЭС синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов с высокой удельной энергией, что позволит упростить агрегаты капсульного исполнения. На рис. 4а и 4б представлены две возможные конструктивные схемы.

На рис. 4а показана схема возможного капсульного агрегата "кассетного" типа, энергетическая часть которого выполнена в виде кассеты с отверстиями, равномерно расположенными по окружности, в которых закреплены генераторы одинаковой мощности. Предполагается, что эти синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов, изготовленные на базе серийных асинхронных двигателей, с нетрудоемкой переделкой, заключающейся в том, что в роторе вместо пакета с короткозамкнутой обмоткой ("беличья клетка") используется магнитная система с постоянными магнитами.

Для того чтобы получить те параметры генератора, которые указаны для асинхронного двигателя, необходимо выполнить два условия: индукция в рабочем зазоре должна быть на уровне 0,72-0,8 Тл и частота вращения должна соответствовать частоте вращения асинхронного двигателя. Удовлетворение этих условий возможно за счет применения магнитов с высокой удельной энергией (NdFeB, SmCo) и мультипликатора.

Применение группы генераторов позволяет отслеживать изменение напора в рабочем режиме станции, и отключением необходимого числа генераторов (по мере уменьшения напора) обеспечивается работа оставшихся генераторов в номинальном режиме.

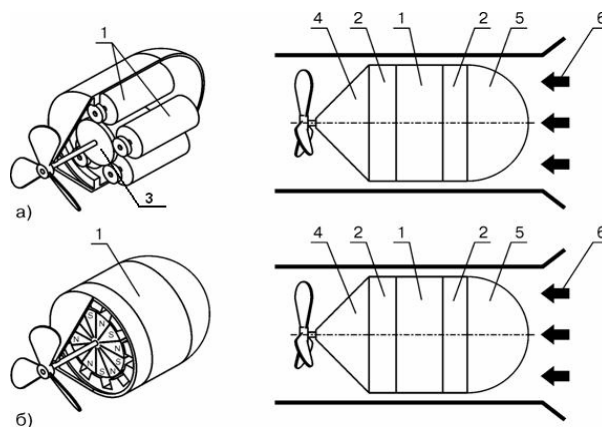


Рис. 4. Капсульные гидроагрегаты: а) схема возможного капсульного агрегата "кассетного" типа; б) агрегат капсульного типа с одним синхронным генератором; 1 – генераторы; 2 – герметичные камеры; 3 – мультипликатор; 4 – герметичная камера в зоне турбины; 5 – капсула; 6 – поток воды.

На рис 4б показан агрегат капсульного типа, в котором энергетическая часть выполнена в виде одного синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов с высокой удельной энергией. Выбор той или иной конструкции, вероятно, определяется конструкторско-технологическими и экономическими причинами.

Замена электромагнитного возбуждения применением магнитных систем с постоянными магнитами позволяет существенно упростить конструкцию ротора, исключить скользящие контакты и уменьшить потери, устранив их в обмотке возбуждения ротора.

Т.к. капсульные агрегаты работают в потоке воды, их обслуживание затруднено, поэтому в предлагаемом к рассмотрению варианте сложная система смазки, используемая в традиционных агрегатах, может быть заменена заключением энергетической части в герметичные камеры, заполненные, например, трансформаторным маслом (в целях охлаждения и электроизоляции). В целом, разумеется, требуется серьезная конструкторско-технологическая проработка агрегата.

Алгоритм расчета параметров ПЭС и геометрии генератора.

1. Выбирается контур береговой линии (желательно с образованием залива), позволяющей отделить от моря бассейн для работы ПЭС при минимальной длине и высоте переграживающей плотины.

2. Определяется средняя площадь поверхности бассейна (в пределах приливных колебаний уровня), м^2 .

3. Определяется средняя мощность ПЭС, кВт, по формуле (2):

$$N = 225 \cdot 10^{-6} \cdot A_{cp}^2 \cdot F.$$

4. Определяется выработка электроэнергии в год с полусуточным приливом, кВт·ч, по формуле (1):

$$\mathcal{E} = 1,97 \cdot A_{cp}^2 \cdot F.$$

6. Определяется число гидроагрегатов в зависимости от ширины створа и установленная мощность одного агрегата, кВт.

7. Определяется тип агрегата: в малых ПЭС с небольшими приливами (1~4 м – является минимально возможной высотой прилива для использования агрегата) наиболее часто применяются капсульные агрегаты.

8. Определяется ориентировочный диаметр входного отверстия камеры, в котором размещается агрегат (около 3,5 ~ 4 м для малых ПЭС).

9. Определяется диаметр турбины, м (около 0,8~0,9 от диаметра входного отверстия).

10. Определяется диаметр капсулы, $D_{капс}$:

$$\frac{D_{капс}}{D_{турб}} \approx 0,8 \div 0,86. \quad (3)$$

Это соотношение является важным показателем гидравлических качеств современного капсульного агрегата. Наличие препятствия в виде капсулы с генератором за турбиной в некоторых режимах может привести к усиленной кавитации и вибрации и вызвать разрушения в проточной части [3].

Пример расчета.

1. Имеется бассейн площадью F (1000 м × 1000 м).

2. Среднеквадратичная амплитуда прилива за месяц $A_{cp} = 1,35$ м.

3. Установленная мощность агрегата $N_{уст}$, кВт:

$$N_{уст} = 225 \cdot 10^{-6} \cdot A_{cp}^2 \cdot F = 225 \cdot 10^{-6} \cdot 1,35^2 \cdot 10^6 = 410$$

Принимаем $N_{уст} = 450$ кВт = $450 \cdot 10^3$ Вт.

4. Принятый диаметр входного отверстия камеры $D_I = 3,75$ м.

5. Диаметр турбины $D_{турб} = 0,88 \cdot D_I = 0,88 \cdot 3,75 = 3,3$ м.

6. Диаметр капсулы $D_{капс} = 0,8 \cdot D_{турб} = 0,8 \cdot 3,3 = 2,64$ м.

7. Скорость рабочего потока V :

$$V = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot N_{уст}}{\rho \cdot k \cdot S_{турб}}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 450 \cdot 10^3}{1020 \cdot 0,89 \cdot 8,54}} = 4,88 \text{ м/с}, \quad (4)$$

где $\rho = 1020$ кг/м³ – удельный вес морской воды [16]; $k = 0,85-0,89$ – КПД турбины; $S_{турб}$ – площадь омываемой поверхности турбины:

$$S_{турб} = 0,785 \cdot D_{турб}^2 = 0,785 \cdot 3,3^2 = 8,54 \text{ м}^2. \quad (5)$$

8. Расчетная величина расхода Q :

$$Q = S_{турб} \cdot V = 8,54 \cdot 4,88 = 41,67 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (6)$$

9. Расчетная величина напора H :

$$H = \frac{N_{уст}}{9,8 \cdot Q \cdot \eta} = \frac{450}{9,8 \cdot 41,67 \cdot 0,89} = 1,24 \text{ м}. \quad (7)$$

10. Угловая скорость по турбине ω (капсульные агрегаты имеют горизонтальный вал; в этом случае используется кинетическая энергия потока, проходящего через турбину, и его линейная скорость преобразуется в угловую скорость турбины):

$$\omega = \frac{V \cdot z}{R_{турб}}, \quad (8)$$

где V – скорость потока; $R_{турб}$ – радиус турбины; z – коэффициент быстроходности турбины, который определяет число оборотов такой подобной модели турбины, которая при напоре $H = 1$ м развивает мощность $N = 0,75$ кВт, поэтому турбины разных конструкций имеют различные значения этого коэффициента.

Вероятно, корректно перейти от линейной скорости потока к угловой скорости вращения турбины, используя условия применения, конструкцию и параметры агрегата, близкого к рассматриваемому. Таким агрегатом может быть приведенный в [3], а именно – агрегат в низконапорной ПЭС, использованный в Кислогубской ПЭС. Частота вращения в этом агрегате по турбине – 75 об/мин (7,85 рад/с) и 790 об/мин

(90 рад/с) – по электрической машине, благодаря применению мультипликатора.

Принимаем $\omega = 90$ рад/с.

11. Электромагнитный момент генератора по мощности M_g :

$$M_g = \frac{N_{\text{уст}}}{\omega} = \frac{450000}{90} = 5000 \text{ Нм.} \quad (9)$$

12. Электромагнитный момент генератора:

$$M_g = \alpha_i \cdot A \cdot B_\delta \cdot \pi \cdot D_p^3 \cdot \lambda, \quad (10)$$

где α_i – коэффициент полюсного перекрытия, $\alpha_i = 0,72$; A – линейная нагрузка, $A = 10 \cdot 10^3$ А/м; B_δ – индукция в рабочем зазоре, $B_\delta = 0,82$ Тл; λ – отношение активной длины ротора l_a к его диаметру D_p :

$$\lambda = \frac{l_a}{D_p} = 0,3. \quad (11)$$

13. Диаметр ротора, м:

$$D_p = \sqrt[3]{\frac{M_g}{\alpha_i \cdot A \cdot B_\delta \cdot \pi \cdot \lambda}} = \sqrt[3]{\frac{5000}{0,72 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,72 \cdot 3,14 \cdot 0,3}} = 1 \text{ м.} \quad (12)$$

14. Активная длина ротора:

$$l_a = \lambda \cdot D_p = 0,3 \cdot 1 = 0,3 \text{ м.} \quad (13)$$

Далее расчет генератора ведется по методике, изложенной в [17–20].

Выводы. Оценка энергетического потенциала приливов демонстрирует перспективность использования приливных электростанций для получения энергии при условии повышения эффективности их работы. На основе проведенного анализа особенностей работы приливных электростанций в качестве одного из способов предложено использовать в ПЭС синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов с высокой удельной энергией, что позволит упростить их конструкцию и повысить КПД. Результаты и предложенные алгоритмы расчетов могут быть использованы для определения параметров ПЭС, их агрегатной части и основных размеров генераторов указанных конструкций.

1. *Васько П.Ф.* Мала гідроенергетика України: реалії сьогодення та аспекти подальшого розвитку / Відновлювана енергетика. – 2008. – №2.

2. *Ландау Ю., Сиренко Л.* Гидроэнергетика и окружающая среда, Киев, 2004 г., С. 36–39.

3. *Бернштейн Л.Б.* Приливные электростанции. – М., Энергоатомиздат, 1987. – С. 38, 39.

4. *Усачов І.М.* Економічна оцінка приливних електростанцій з урахуванням екологічного ефекту // Праці XXI Конгресу Сігбі. – Монреаль, Канада, 16-20 червня 2003.

5. *Вершинский Н.В.* Энергия океана. – М., Наука, 1986 г. – 149 с.

6. *Бернштейн Л. Б., Силаков В. Н., Усачев И. Н. и др.* Приливные электростанции. – М.: АО "Институт Гидропроект", – 1994.

7. *Магомедов Абул Магомедович* Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. – Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение "Юпитер", 1996. – С. 362.

8. *Haven K.* Green Electricity: 25 Green Technologies That Will Electrify Your Future Santa Barbara, California, Denver, Colorado, Oxford, England: Libraries Unlimited An Imprint of ABC-CLIO, LLC, 2011. 192 p.

9. *Аршеневский Н.Н.* Гидроэлектростанции. – М., 1987. – С. 455.

10. *Вихорев Ю.О.* Вирішення проблем розвитку малої гідроенергетики України // Відновлювана енергетика. – 2013. – №1. – С. 69.

11. *Lyatkher V.* Tidal Power: Harnessing Energy from Water Currents – John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, and Scrivener Publishing LLC, Salem, Massachusetts., 2014. – 289 p.

12. *Усачов І.М.* Припливні електростанції. – М.: Енергія, 2002.

13. *Голованов І.М.* Методика розрахунку техніко-економічної ефективності спорудження та експлуатації малих ГЕС // Відновлювана енергетика. – 2007. – №2.

14. *Усачов І.М., Прудівський А.М., Історик Б.Л., Шполяньський Ю.Б.* Застосування ортогональної турбіни на припливних електростанціях // Гідротехнічне будівництво. – 1998. – №12.

15. *Multon B.* Marine Renewable Energy Handbook ISTE Ltd., John Wiley & Sons, Inc., 2012. XX, 643 p.

16. *Charlier R.H., Finkl C.W.* Ocean Energy: Tide and Tidal Power Springer, 2009. – 262 Pages.

17. *Кудря С.А., Перминов Ю.Н.* Некоторые особенности расчета насыщенной магнитной цепи синхронного генератора // Возобновляемая энергетика. – 2006. – №4.

18. *Мхитарян Н.М., Кудря С.А., Перминов Ю.Н., Буденный В.Ф.* Проектирование синхронных генераторов для ветроустановок малой мощности // Возобновляемая энергетика. – 2006. – №1.

19. *Кудря С.А., Перминов Ю.Н.* О методах расчета магнитных систем с постоянными магнитами // Возобновляемая энергетика. – 2009. – №4.

20. *Кудря С.А., Перминов Ю.Н.* Оптимизация системы возбуждения электрических машин // Возобновляемая энергетика. – 2012. – №4.

REFERENCES

1. *Vasko P.F.* Small hydropower of Ukraine: the realities of the present and aspects of further development / Renewable energy. – 2008.– №2
2. *Landau Yu., Sirenko L.* Hydroenergetics and the environment, Kiev, 2004, p. 36–39
3. *Bernstein L. B.* Tidal power plants. –М., Energoatomizdat, 1987. –с. 38, 394.
4. *Usachov I.M.* Economic estimation of tidal power plants taking into account the ecological effect // Proceedings of the XXI Congress of Sigbi. – Montreal, Canada, June 16-20, 2003.
5. *Vershinsky N.V.* Ocean energy. –М., Science, 1986 – 149 p.
6. *Bernstein L. B., Silakov V. N., Usachev I. N. and others.* Tidal power plants. – М.: JSC "Institute Hydroproject" – 1994.
7. *Magomedov A.M.* Unconventional Renewable Energy Sources. – Makhachkala: Publishing and Printing Association "Jupiter", 1996.– p.362
8. *Haven K.* Green Electricity: 25 Green Technologies That Will Electrify Your Future Santa Barbara, California, Denver, Colorado, Oxford, England: Libraries Unlimited An Imprint of ABC-CLIO, LLC, 2011. 192 p.
9. *Arshenevsky N.N.* Hydroelectric power stations. –М., 1987. –с. 455
10. *Vykhorev Yu.O.* Solving problems of small hydropower development in Ukraine // Renewable energy. – 2013.– №1. – p. 69
11. *Lyatkher V.* Tidal Power: Harnessing Energy from Water Currents – John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, and Scrivener Publishing LLC, Salem, Massachusetts., 2014. — 289 p.
12. *Usachov I.M.* Tidal power plants. – М.: Energy, 2002;
13. *Golovanov I.M.* Method of calculation of technical and economic efficiency of construction and operation of small hydroelectric plants // Renewable energy. – 2007.– №2.
14. *Usachov I. M., Prudivsky AM, Historik BL, Shpolyansky Yu.B.* Application of an orthogonal turbine at tidal power plants // Hydrotechnical construction. – 1998. – № 12.
15. *Multon B.* Marine Renewable Energy Handbook ISTE Ltd., John Wiley & Sons, Inc., 2012. XX, 643 p.
16. *Charlier R.H., Finkl C.W.* Ocean Energy: Tide and Tidal Power Springer, 2009. – 262 Pages.
17. *Kudrya S.A., Perminov Y.N.* Some features of calculation of the saturated magnetic circuit of a synchronous generator // Renewable energy. – 2006.– №4
18. *Mkhitaryan N. M., Kudrya S.A., Perminov Yu.N., Budenny V.F.* Design of synchronous generators for low-power installations of low power // Renewable energy. – 2006. №1
19. *Kudrya S.A., Perminov Yu.N.* Methods of calculation of magnetic systems with permanent magnets // Renewable energy. – 2009.– №4
20. *Kudrya S.A., Perminov Yu.N.* Optimization of the excitation system of electric machines// Renewable energy. – 2012.– №4

Ю.М.Пермінов, канд.техн.наук, **В.П.Коханевич**, канд.техн.наук, **М.О.Шихайлов** (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ), **С.Ю.Пермінова** (Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, Київ)

Визначення параметрів та основних розмірів генератора для припливних електростанцій малої потужності (до 1000 кВт)

На основі аналізу особливостей роботи припливних електростанцій визначені можливі конструкції синхронних генераторів зі збудженням від постійних магнітів для використання в капсульних гідроагрегатах і наведено розрахунок їх основних геометричних співвідношень / характеристик. Бібл. 20, рис. 4.

Ключові слова: гідроенергетика, мала гідроенергетика, припливні електростанції, генератори, капсульні гідроагрегати, постійні магніти.

Permyunov Y., candidate of technical sciences, **Kokhanevich V.**, candidate of technical sciences., **Shikhailov N.** (Institute of Renewable Energy, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv), **Permyunova S.** (Institute for Environmental Management and Sustainable usage of Natural Resources, Kyiv)

Determination of parameters and basic dimensions of the generator for low power tidal plants (up to 1000 kW)

On the basis of the analysis of the tidal power plants operation features, possible designs of synchronous generators with excitation from permanent magnets for use in capsule hydrounits are determined, as well as and their basic geometric proportions / characteristics. References 20, figures 4.

Keywords: hydropower, small hydropower, tidal power stations, tidal power plants, generators, capsular hydraulic unit, permanent magnets.

SYNOPSIS

The increasing energy needs give rise to a steady interest in new sources of energy, in particular, in the energy of the World Ocean: tides, surf, waves, water temperature difference between the surface and deep layers of the ocean, and flows.

The use of the naturally renewable energy of the sea tides to transform it into other forms of energy, mainly electrical, lies at the heart of the work of tidal power plants (TPP).

Despite a number of advantages of using TPP (significant reserves of the used type of energy; the invariance of its magnitude in the monthly (seasonal and multi-year) periods during the entire lifetime of the TPP; independence from the water volume during the year, etc.), the energy of tides is still not used to the full, due to its relatively high cost and limited availability of places with fairly high tides.

The analysis of the peculiarities of the tidal power plants, found that one possible way to improve their efficiency, it is to use in synchronous generators with excitation from permanent magnets with high specific energy, which will simplify the design of capsular units, thereby increasing their efficiency.

The replacement of electromagnetic excitation by the use of magnetic systems with permanent magnets makes it possible to simplify the rotor design, to exclude sliding contacts, to reduce losses by eliminating them in the rotor winding.

The results and proposed evaluation algorithms can be used to determine the PTT parameters and its aggregate part, as well as the main dimensions of the generators with the specified construction (with excitation from permanent magnets used in the aggregates).

Стаття надійшла до редакції 29.06.17
Остаточна версія 30.08.17