

выходят из зацепления с полумуфтой редуктора и обеспечивают вращение ротора генератора. Выход из зацепления с редуктором происходит в первоначальный момент раскручивания редуктора (шестерня 20 ещё не уперта в окончание рейки 19). Оптический экран 11 через разноплечий рычаг 10 связан со штоком 2. Поэтому в момент кристаллизации экран перемещается в обратном направлении по отношению движения поршней со штоком. Прорезь 12 оптического экрана 11 устанавливается напротив полцилиндрической линзы 9, открывая доступ к ней световых лучей. Солнечная энергия через линзу концентрируется в области нахождения рабочего тела 5, осуществляя его нагрев через теплопроводные стенки камеры 7. С течением времени центробежные силы в маховом колесе уменьшаются и в определенный момент времени его угловая скорость становится равной нулю, и он своими выемками входит в зацепление с муфтой редуктора 14. Под воздействием солнечной энергии рабочее тело оттаивает, возвращаясь к исходному объёму. Запасённая потенциальная энергия вещества с упругими свойствами 17, например, пружины, переходит в кинетическую, что приводит к перемещению поршней 3,17 с общим штоком 2 в противоположную сторону. Экран 11 устанавливается в исходное состояние, перекрывая поток солнечной энергии; редуктор и маховое колесо раскручивается в противоположном направлении, рабочее тело охлаждается и т.д.

Был проведён расчёт температуры, сконцентрированной линзой, для диапазона энергетической освещённости $E_s = 16$ до $1,6 \times 10^3$ Вт/м², существующего на земном шаре [1]. По известной методике [2] была выведена формула отражающая связь освещённости и

температуре в фокусе линзы: $T = \sqrt[4]{\frac{1 \cdot E_s}{4 \cdot \sigma}}$, где $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²·град⁴. Тогда температура при

освещённости $E_s = 1,6 \times 10^3$ Вт/м² составит $T = \sqrt[4]{\frac{1,6 \times 10^3}{4 \cdot 5,7 \cdot 10^{-8}}} = 514,69$ К, что уже больше чем достаточно для нагрева рабочего тела и сокращения обратимости преобразования энергии. Такие преобразователи могут быть использованы в северных районах практически круглый год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алейников, А.Ф. Синтез принципов действия преобразователей естественных перепадов температуры в механическую энергию / А.Ф. Алейников. – Сиб. вестник с.-х. науки. – 2008. – №9. – С. 71 – 76.
2. Аненко, М.Н. Прикладная оптика / М.Н. Аненко, А.С. Дубовик. – М.: Наука, 1982 – 352с.

УДК 621.311.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПОДБОРА ГИДРОТУРБИН ГЭС МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Артемичук С.В., к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Гидроэлектростанции малой мощности в РБ могут использовать гидроэнергетические ресурсы малых и средних рек, потенциал гидротехнических объектов неэнергетического назначения водохранилищ, перепадов уровней мелиоративных каналов, водопроводящих сооружений очистных сооружений, систем технического водоснабжения ТЭС.

Для равнинных условий Республики Беларусь напоры ГЭС только в редких случаях могут превышать 10 м. На таких небольших напорах применяются главным образом реактивные гидротурбины двух систем: поворотно-лопастные (ПЛ) и некоторые радиально-осевые (РО). Для выявления энергетических и эксплуатационных качеств турбины по их пропускной способности, скорости вращения ротора и способности развивать мощность в практике турбиностроения используются, так называемые приведенные величины.

относящиеся к турбине, работающей при напоре $H=1\text{ м}$ и имеющей диаметр на входе в рабочее колесо $D_1=1\text{ м}$: Q_1' – приведенный расход, n_1' – приведенная частота вращения.

Полное представление об энергетических, эксплуатационных параметрах гидравлической турбины на всех режимах ее работы дает универсальная характеристика, представляющая собой семейство кривых равных значений КПД, в координатах приведенной скорости вращения n_1' и приведенного расхода Q_1' . Универсальные характеристики, с помощью которых определяется синхронная частота вращения ротора турбины, ее мощность высота отсасывания, фактические значения КПД лопастных систем приведены в [1,2].

Гидротурбины выбираются с помощью универсальных характеристик и формул, вытекающих из условия подобия гидромашин:

$$Q_1' = Q / D_1^3 \sqrt{H} \quad (1)$$

$$n_1' = \frac{n D_1}{\sqrt{H}} \quad (2)$$

где величины, относящиеся к рассматриваемой турбине:

Q - расход, $\text{м}^3/\text{с}$, H - напор, м, D_1 - диаметр рабочего колеса, м, n - частота вращения, об/мин.

Подбор ведется по режимной точке, для которой расход Q и напор H являются расчетным. Расчетный расход ГЭС на малой реке принимается обеспеченностью порядка 75...90 % (в среднем 80 %). По отметке НПУ и кривой связи отметки нижнего бьефа с расходами воды в реке находится соответствующий расчетный напор.

В зависимости от напора с учетом эксплуатационно-экономических показателей намечают типы возможных для применения гидротурбин в каждом конкретном случае.

Для подбора турбин в [3] предложено применять эксплуатационные характеристики, построенные в логарифмических координатах. Этот метод обладает большой наглядностью, позволяет быстро наметить 2 или 3 лучших типоразмера турбин и выбрать вариант, обеспечивающий наибольшую выработку электроэнергии.

В основе рассматриваемого метода лежит применение накладочной сетки, которая представляет собой семейство линий равных диаметров D_1 и частот вращения n (рис. 1).

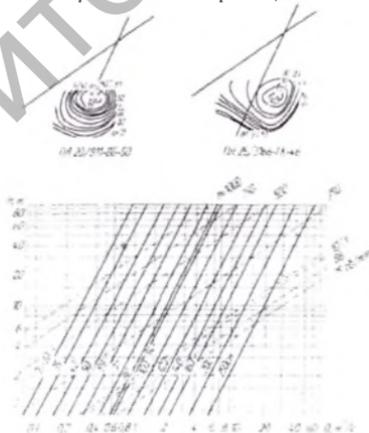


Рис. 1. Накладочная сетка и образцы эксплуатационных характеристик поворотно-лопастных гидротурбин в логарифмических координатах $Q-H$

Сетка построена в логарифмических координатах, при этом оси абсцисс отложен расход Q , а по оси ординат напор H . В качестве постоянных параметров при построении сетки приняты стандартные диаметры рабочих колес турбин D_1 и синхронные частоты вра-

шения n . Точки пересечения линий $D_1 = const$ и $n = const$ являются привязочными. Одной из них является точка с координатами $Q=1 \text{ м}^3/\text{с}$, $H=1 \text{ м}$, которая также является привязочной для построения эксплуатационных характеристик гидротурбин. Поэтому через эту точку проводятся прямые при $D_1=1 \text{ м}$ и $n=75 \text{ об/мин}$. Уравнение линий $D_1=const$ вытекает из (1) $Q = Q'_1 \cdot D_1^2 \sqrt{H}$. Учитывая, что $Q'_1 = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, уравнение линий равных диаметров примет вид:

$$Q = D_1^2 \sqrt{H}. \quad (3)$$

В данном уравнении D_1 рассматривается как постоянный параметр, свой для каждой линии. Как указывалось, при построении линий, диаметры рабочих колес турбин принимаются равными стандартным значениям. Исключив из уравнений (1) и (2) диаметр, найдем уравнение для линий $n = const$:

$$Q = Q'_1 (n'_1)^2 \cdot H^{3/2} / n^2 \quad (4)$$

Подставляя в уравнение (4) $Q'_1 = 1 \text{ м}^3/\text{с}$, и $n'_1 = 75 \text{ об/мин}$, получим уравнение линий $n = const$ в виде:

$$Q = 5625 \cdot H^{3/2} / n^2 \quad (5)$$

Принимая в качестве n синхронные частоты вращения, строятся линии $n = const$.

Преимущество логарифмической сетки состоит в том, что характеристика гидротурбины при перемещении ее в разные области сетки не меняет своей формы ввиду того, что при логарифмировании умножение заменяется сложением.

Для наложения на логарифмическую сетку, универсальные характеристики турбин с помощью формул (1) и (2) пересчитываются в эксплуатационные, которые представляют собой семейство линий равных КПД в координатах $Q-H$. Подставляя в формулы (1) и (2) параметры соответствующие привязочной точке, получим:

$$H = 5625 \cdot (n'_1)^2 \quad (6)$$

$$Q = Q'_1 \cdot \sqrt{H}. \quad (7)$$

Эксплуатационная характеристика, а также привязочная точка ($H=1 \text{ м}$, $Q=1 \text{ м}^3/\text{с}$) и пересекающиеся в ней отрезки линий $D_1=1 \text{ м}$ и $n=75 \text{ об/мин}$ переносятся на накладочную сетку. Для подбора турбин на логарифмическую сетку наносятся режимные точки, которые соответствуют предполагаемым условиям работы турбины. Затем на логарифмическую сетку накладывается эксплуатационная характеристика выбранной турбины, таким образом, чтобы режимные точки попали в область высоких КПД и привязочная точка характеристики с перекрестием совпала с одним из перекрестий сетки. Линии соответствующего перекрестия определяют диаметр и частоту вращения турбины. Пример подбора турбин с помощью логарифмических характеристик в координатах $Q-H$ для ГЭС малой мощности приведен в [3].

Рассмотренный метод позволяет выполнять расчеты, получать эксплуатационные характеристики гидротурбин, наносить на характеристики рабочую зону, определять стандартные диаметры рабочих колес и синхронные частоты вращения гидротурбин для проектируемой ГЭС малой мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Ю.С.; Саморуков И.С., Хлебников С.Н. Основное энергетическое оборудование гидроэлектростанций. Состав и выбор основных параметров: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002. 134 с.
2. Гидроэлектростанции малой мощности: Учеб. пособие / Под ред. В.В.Елистратова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. 432 с.
3. Костюченко Э.В., С.В. Артемчук, С.Б. Сембур, Л.В. Пивоварчик. Подбор гидротурбин для малых ГЭС с помощью логарифмических характеристик // Агропанорама. № 4. Мн.: БАТУ, 1997.