

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ МНОГОПРОФИЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО»

Профиль «Ресурсосберегающие технологии»

Очный этап

Задания для 10-11 класса

1. Решить задачу (Максимум 10 баллов)

В связи с быстрым развитием мощной полупроводниковой техники становится актуальной передача энергии на постоянном токе. Это одно из перспективных направлений современной энергетики – переход от передачи энергии на переменном токе к передаче на постоянном токе. Это позволит существенно снизить потери мощности при передаче.

Разрабатывается проект строительства линии постоянного тока (ЛПТ) длиной 300 км. Максимальная мощность, которая будет передаваться по линии, равна 500 МВт.

ЛПТ представляет собой два изолированных провода с суммарным сопротивлением $R_{\text{л}}$, к началу линии подключено напряжение $\pm U$, а к концу – нагрузка с сопротивлением $R_{\text{н}}$. В генераторе, проводах линии и нагрузке ток имеет одну и ту же величину (утечки не учитываем).

Удельное сопротивление сталеалюминиевого провода постоянному току равно $\rho = 30 \text{ Ом мм}^2/\text{км}$. Сечение провода примите 700 мм^2 .

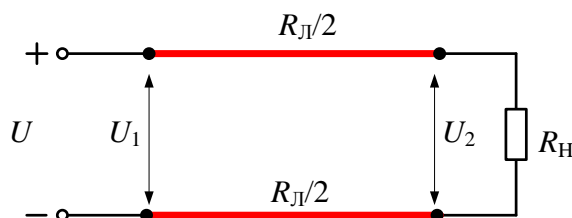


Рис. 1. Линия постоянного тока: электрическая схема и внешний вид

Задание. Рассчитайте, каким должно быть напряжение $\pm U_1$, чтобы при передаче энергии терялось не более 10 % мощности, а напряжение U_2 снижалось не более чем на 5 % относительно U_1 .

Указание. Вспомните закон Джоуля-Ленца и закон Ома для участка цепи (рис. 2).

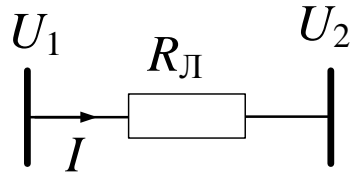


Рис. 2. Схема замещения линии постоянного тока

Решение

<p>Действие № 1</p> <p>Рассчитаем допустимые потери в линии</p> $\Delta P = 0.1 \cdot P_{\max} = 0.1 \cdot 500 = 50 \text{ МВт.}$	2 балла
<p>Действие № 2</p> <p>Рассчитаем сопротивление линии</p> $R_{\text{Л}} = 2 \frac{\rho l}{S} = 2 \frac{30 \cdot 300}{700} = 25.7 \text{ Ом.}$	3 балла
<p>Рассчитаем ток в линии из закона Джоуля-Ленца</p> $I = \sqrt{\frac{\Delta P}{R}} = 1394 \text{ А.}$	4 балла
<p>Действие № 3</p> <p>Определим падение напряжения</p> $\Delta U = U_1 - U_2 = 0.05 U_1.$	6 балл
<p>Действие № 4</p> <p>Так как $\Delta U = IR$, то искомое напряжение</p> $U_1 = IR / 0.05 = 1394 \cdot 25.7 / 0.05 = 717137 \text{ В} = 717 \text{ кВ,}$	8 баллов
<p>Действие № 5</p> <p>Напряжение на полюсах $\pm U_1 = 717 / 2 = 358.6 \text{ кВ.}$</p>	10 баллов

2. Решить задачу (Максимум 10 баллов)

В современном мире очень актуально получение электрической энергии от электростанций, работающих на возобновляемых ресурсах. К таким ЭСТ относятся гидроэлектростанции (ГЭС). Они используют один из возобновляемых энергоресурсов планеты, который природа непрерывно восстанавливает, – воду.

Практический интерес представляют не только гиганты ГЭС (например, мощность Саяно-Шушенской ГЭС 6 400 000 кВт), но и микро-ГЭС, мощность которых находится

в пределах от 5 до 150 кВт. Сооружение микро ГЭС в отличие от ГЭС гигантов не требует сооружения огромных плотин и затопления огромных территорий. Они устанавливаются на небольших реках и даже ручьях.

Типы конструкций макро и микро ГЭС очень разнообразны, так как они зависят от особенностей местности и источника воды. Однако при конструировании любой ГЭС необходимо предварительно оценить энергию потока жидкости. Раздел физики, который включает в себя такие задачи, называется гидравлика.

Задание. Выведите уравнение Бернулли

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2$$

которое определяет зависимость давления жидкости от скорости её течения в трубе с разными сечениями (рис. 3).

Запишите уравнение Бернулли для частных случаев:

- жидкость течет в горизонтальной трубе с постоянным сечением;
- жидкость находится в бассейне высотой h , объем жидкости постоянен.

Ответьте на вопрос: где будет больше давление жидкости, в узком участке трубы или в широком? Где будет больше скорость?

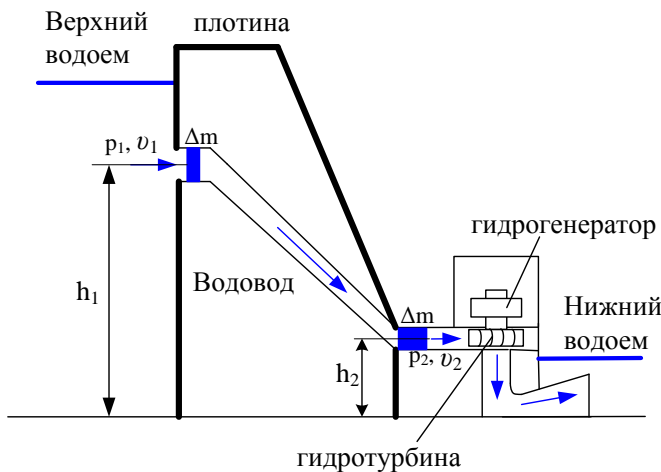


Рис. 3.

а – упрощенная схема ГЭС

б – фото Красноярской ГЭС

Обозначения: S_1, S_2 – поперечные сечения трубы на входе и выходе, p – давление воды, h – высота, U – скорость потока

Указания. Для вывода уравнения воспользуйтесь законом сохранения механической энергии. Выделите элемент жидкости Δm на входе и выходе. Пусть данный элемент за одно и то же время проходит на входе трубы расстояние Δx_1 , а на выходе – Δx_2 . Определите изменение кинетической и потенциальной энергий, а также работу, совершаемую над элементом Δm внешними силами.

Решение

<p>Действие № 1</p> <p>Работа, совершенная над рассматриваемым элементом жидкости внешними силами, которые поддерживают движение жидкости или газа, равна изменению его полной механической энергии</p> $A = \Delta E_k + \Delta E_p.$	<p>2 балла</p>
<p>Действие № 2</p> <p>Левый элемент Δm перемещается на расстояние Δx_1, за то же время правый – на Δx_2. Жидкость несжимаема, поэтому объём Δm слева равен объёму Δm справа</p> $\Delta V_1 = \Delta V_2 = S_1 \cdot \Delta x_1 = S_2 \cdot \Delta x_2.$ <p>Масса жидкости выделенного элемента $\Delta m = \rho \cdot V$.</p>	<p>3 балла</p>
<p>Действие № 3</p> <p>Изменение кинетической энергии выделенного элемента жидкости равно разности кинетических энергий рассматриваемых частей</p> $\Delta E_k = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2).$ <p>Изменение потенциальной энергии выделенного элемента жидкости равно: $\Delta E_p = mg(h_2 - h_1)$.</p>	<p>5 баллов</p>
<p>Действие № 4</p> <p>Работа, совершаемая над Δm внешними силами равна</p> $A = p_1 S_1 \Delta x_1 - p_2 S_2 \Delta x_2 = p_1 V_1 - p_2 V_2 = (p_1 - p_2) V = (p_1 - p_2) m / \rho$	<p>6 баллов</p>
<p>Действие № 5</p> <p>Приравнивая работу внешних сил к изменению кинетической и потенциальной энергии выделенного участка жидкости имеем</p> $\frac{m}{\rho}(p_1 - p_2) = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2) + mg(h_2 - h_1).$ <p>После преобразования получаем уравнение, названное в честь</p>	<p>7 баллов</p>

швейцарского математика Даниила Бернулли $p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2.$	
Действие № 6 Для жидкости, движущейся горизонтально по трубе с постоянным сечением $p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = const.$	8 баллов
Действие № 7 Если жидкость неподвижна, то уравнение Бернулли имеет вид $p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h,$ где p_0 – атмосферное давление, $p = p_2$ – давление наверху, h – глубина, отсчитываемая от поверхности жидкости.	9 баллов
Действие № 8 В узком участке трубы давление будет ниже, а скорость больше.	10 баллов

3. Решить задачу (Максимум 10 баллов)

Большая часть электрической энергии в настоящее время производится на тепловых электростанциях (ТЭС), топливом для которых служат невозобновляемые источники энергии: газ или уголь. Стоимость строительства ГЭС примерно в 4 раза выше стоимости строительства ТЭС такой же мощности. Но, с другой стороны, затраты на эксплуатацию ГЭС намного ниже.

Оцените стоимость электрической энергии, проданных ГЭС и ТЭС за год, если каждая станция имеет мощность 1000 МВт.

Мощность на собственные нужды электростанций (эта мощность не продается, а используется на самой станции): ТЭС – 8 %, ГЭС – 3 %.

Стоимость топлива для ТЭС составляет 30 % от стоимости проданной энергии.

Стоимость энергии – 2 руб. за 1 кВт·ч.

Считаем, что станции работают непрерывно в течение года.

Решение

<p>Действие № 1</p> <p>Рассчитаем число часов в году</p> $365 \cdot 24 = 8760 \text{ ч.}$ <p>Переведем мегаватты в киловатты</p> $1000 \text{ МВт} = 1000000 \text{ кВт}$	<p>2,5 балла</p>
<p>Действие № 2</p> <p>Рассчитаем сколько кВт продают станции без учета мощности, предназначенной на собственные нужды станций</p> <p>ТЭС: $1000000 - 1000000 \cdot 0.08 = 920000 \text{ кВт.}$</p> <p>ГЭС: $1000000 - 1000000 \cdot 0.03 = 970000 \text{ кВт.}$</p>	<p>5 баллов</p>
<p>Действие № 3</p> <p>Рассчитаем стоимость электрической энергии, проданной ТЭС за год</p> $Ст_{\text{тэц}0} = 8760 \cdot 2 \cdot 920000 = 16.120.000.000 \text{ руб.}$ <p>Вычтем из полученного значения стоимость топлива</p> $Ст_{\text{тэц}} = 16.120.000.000 - 16.120.000.000 \cdot 0.3 = 11.280.000.000 \text{ руб.}$	<p>7,5 баллов</p>
<p>Действие № 4</p> <p>Рассчитаем стоимость электрической энергии, проданной ГЭС за год</p> $С_{\text{гэс}} = 8760 \cdot 2 \cdot 970000 = 16.990.000.000 \text{ руб.}$ <p>То есть ГЭС при заданных условиях работает эффективнее.</p>	<p>10 баллов</p>