

ЛЕКЦИЯ (27 ноября 2020 г)

Дисциплина: «Введение в профессиональную деятельность»

Студенту необходимо:

- 1. Проработать материал лекции.**
- 2. Ответить на контрольные вопросы.**
- 3. Разместить выполненное задание в личном кабинете студента для проверки.**

Работа ГЭС совместно с солнечными и ветровыми электростанциями

Использование возобновляемых нетрадиционных источников энергии

В настоящее время существует пять основных источников энергии, которые могут использоваться человеком для удовлетворения своих нужд:

1. химические реакции органических веществ;
2. ядерные реакции;
3. солнечное излучение;
4. гравитационное взаимодействие Солнца, Земли и Луны;
5. тепловая энергия ядра Земли.

Эти источники энергии можно разделить на два класса.

Невозобновляемые источники энергии — это природные запасы вещества и материалов, которые используются для производства энергии и постепенно истощаются по мере потребления (ядерное топливо, каменный и бурый уголь, нефть, газ, сланцы, торф).

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) — это постоянно существующие или периодически возникающие в окружающей среде потоки энергии, часть которых может быть преобразована в полезный для человека вид (солнечная энергия, приливная энергия и геотермальная энергия). ВИЭ в конечном счете также исчерпаемы, но их срок действия очень значителен для жизни человеческой цивилизации. Например, солнечное излучение будет поступать на Землю в ближайшие 10 млрд. лет. Поэтому эти энергетические источники с полным правом можно называть возобновляемыми.

Солнечная энергия, как самый мощный источник энергии на земле, влияет практически на все природные процессы и обеспечивает круговорот веществ и воды в природе. Вторичным проявлением солнечной энергии на земле является гидроэнергия, ветровая энергия, энергия океана, биомассы и др.

Следует отметить, что потенциальные запасы возобновляемых источников энергии намного превышают потенциал невозобновляемых источников. Так, если все запасы горючих ископаемых и ядерного топлива планеты "сжечь", то получим энергию, которая почти в 2 раза меньше той, которую могут дать ежегодно (и в течение каждого из 10 млрд. лет) возобновляемые источники энергии.

Возобновляемые источники энергии многократно превышают все перспективные потребности человечества и теоретически способны удовлетворять требования, предъявляемые к энергетике будущего.

Использование традиционных невозобновляемых источников энергии (тепловая и атомная энергетика) сопровождается значительными экологическими ущербами — тепловым, химическим и радиоактивным загрязнением окружающей среды. Тепловое загрязнение добавляется к поступающей на Землю солнечной энергии, что может привести к глобальному непредсказуемому изменению климата на Земле с негативными последствиями для всего человечества.

Энергия, получаемая от ВИЭ, дополнительно не нагревает атмосферу планеты. Происходит лишь некоторое перераспределение энергии в среде обитания. Возобновляемые источники энергии привлекают своей относительной экологической чистотой. При их использовании отсутствуют какие-либо вредные (химические или радиоактивные) выбросы в окружающую природную среду, хотя и отмечаются другие виды воздействия, на преодоление которых должны быть направлены усилия ученых и инженеров.

В связи с быстрым истощением легкодоступных и дешевых запасов топлива и возрастанием экологических проблем тепловой и атомной энергетике в мире возрос интерес к широкому использованию нетрадиционных ВИЭ. Однако они обладают низкой концентрацией энергии на единицу поверхности (или объема) энергоносителя, что затрудняет их использование в большой энергетике. Энергетическая отдача ВИЭ

непостоянна во времени и является функцией ряда закономерных и случайных факторов, например климатических.

Это следует учитывать при расчетах режимов работы электростанций, использующих ВИЭ в энергосистеме. При работе энергоустановки, использующей ВИЭ, на отдельного автономного потребителя необходимо резервирование вырабатываемой энергии другими источниками, либо режим потребителя должен совпадать с режимом генерирования энергоустановки.

В настоящее время в мире большое внимание уделяется разработке и созданию экономичных солнечных и ветровых электростанций на основе последних достижений науки и техники.

Следует подчеркнуть, что эффективность использования этих нетрадиционных энергетических установок может возрастать при их совместной работе с ГЭС.

Работа ГЭС совместно с ветроэлектрическими станциями

Ветроэнергетика в последние годы получает все большее распространение во всем мире. В 1990 г. в мире было установлено ветроагрегатов общей мощностью около 2 млн.кВт. Сейчас это вполне сформировавшееся направление энергетики с широкой гаммой выпускаемых ветроагрегатов от нескольких киловатт до нескольких мегаватт, предназначенных для производства электроэнергии в автономных и стационарных энергосистемах.

В практике создания ветроагрегатов наибольшее распространение получили агрегаты с горизонтальной и вертикальной осью вращения ветроколеса.

Ветроагрегаты с горизонтальной осью (рис.1) имеют в своем составе башню 5 с расположенной наверху ветроголовкой 7 и ветроколесом 6. В зависимости от требуемой частоты вращения ветроколесо может иметь одну, две, три и больше лопастей Н.

Наибольшее распространение в электроэнергетике получили ветроагрегаты единичной мощностью 100-450 кВт. В качестве примера на рис. 1 показан агрегат мощностью 200 кВт.

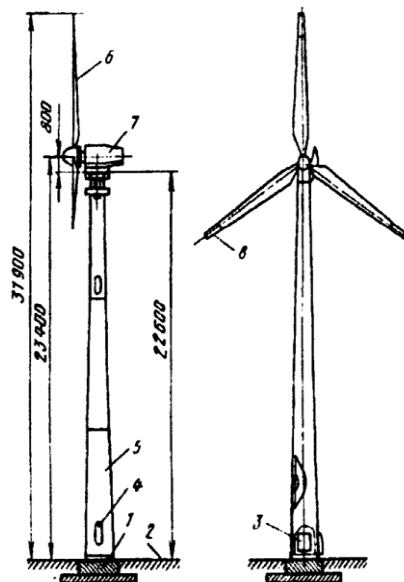


Рис.1. Ветроэнергетическая установка с горизонтальной осью вращения:
1 — фундаментная плита; 2 — поверхность земли; 3 — распредустройство; 4 — дверь башни; 5 — башня; 6 — ветроколесо; 7 — помещение для генератора(ветроголовка);
8 — поворотная тормозная часть лопасти

Ветроагрегаты с вертикальной осью вращения (рис.2) в отличие от предыдущего типа не требуют специальной системы ориентации на ветер, так как вследствие своей геометрии при любом направлении ветра всегда находятся в рабочем положении. Недостатками такой конструкции являются: большая подверженность усталостным разрушениям, особенно в корневом сечении вала от возникающих автоколебательных процессов; пульсация крутящего момента генератора; большая материалоемкость и стоимость производимой энергии. Поэтому большинство ветроагрегатов выполнено по горизонтальной схеме.

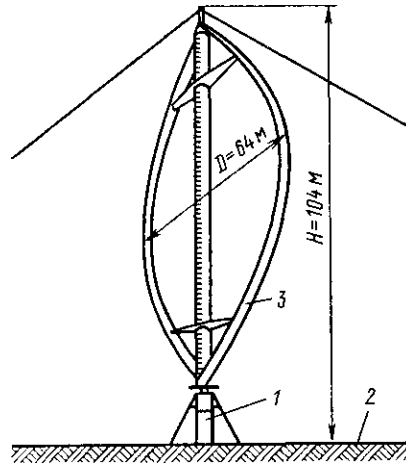


Рис. 2. Ветроэнергетическая установка с вертикальной осью вращения:

1 — помещение для генератора; 2 — поверхность земли; 3 — лопастная система ротора

Использование ветровой энергии сопряжено с трудностями, обусловленными недостатками этого вида ВИЭ, к которым относятся:

низкие удельные значения потенциала (например, при скорости ветра 12 м/с удельная мощность ветрового потока составляет около 300 Вт/м²);

зависимость скорости ветра от метеорологических, климатических и топографических условий;

изменчивость скорости ветра во времени, порывистость, что сказывается на качестве получаемой энергии.

Скорость ветра неодинакова по высоте: чем выше от земли, тем скорость ветра выше. Эта зависимость (рис.3) для открытых мест может быть аппроксимирована зависимостью, м/с,

$$V_H = V_{10} \left(\frac{H}{10} \right)^{0.14},$$

где V_{10} — скорость ветра на высоте 10 м (на высоте флюгера метеостанций), м/с; H — высота размещения головки ветроагрегата, м.

В силу указанных причин режим работы агрегатов на ветроэлектрической станции (ВЭС) носит вероятностный характер и для того, чтобы использовать энергию ветра в режиме, удобном человеку, необходимо создание резервной и аккумулирующей систем, энергокомплексов из электростанций с различными источниками энергии. Таким энергокомплексом может выступать совокупность ГЭС и ВЭС. Эффективность такого объединения вытекает из анализа графиков годового распределения среднемесячных значений скорости ветра и гистограммы годового стока рек на примере Кольского полуострова (рис. 4). Из графика скоростей видно, что в зимние месяцы скорость ветра в 2-2,5 раза больше, чем в летние. Различие между зимним и летним максимумами составляет 5-6 м/с. Максимум зимних скоростей совпадает с пиком энергопотребления. В то же время годовой сток рек имеет обратный характер с минимумом в зимнее время. Таким образом,

объединение ГЭС и ВЭС может эффективно дополнять друг друга. При наличии у ГЭС водохранилища годичного или многолетнего регулирования возможна работа ВЭС с максимальной выработкой. Для этого ГЭС должна вести на части агрегатов вынужденный режим, связанный с необходимостью компенсировать неравномерный режим работы ВЭС.

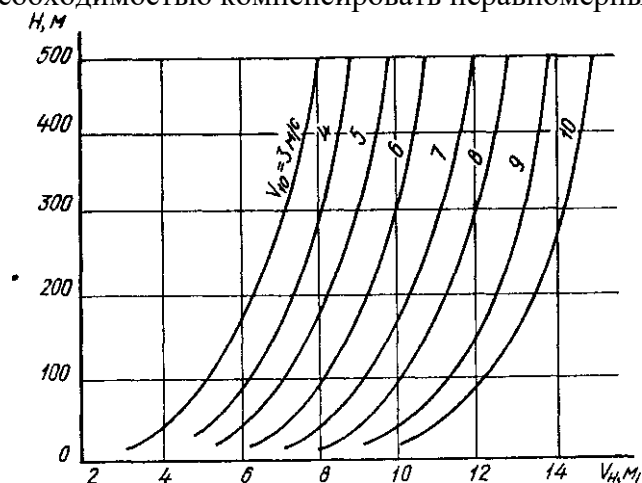


Рис.3. График зависимости $V_H = ДН$.

Алгоритм работы такого комплекса при возможности годичного регулирования на ГЭС может быть следующий:

1. годичный цикл работы энергокомплекса (за исключением периода паводка) разбивается на ряд расчетных промежутков;
2. для каждого промежутка определяется максимальная средняя и гарантированная выработка энергии ВЭС по известным метеорологическим характеристикам и параметрам оборудования;
3. определяется погребший объем водохранилища, который обеспечивал бы аккумуляцию воды, сэкономленной за счет работы ВЭС. Формирование такого объема воды в водохранилище может осуществляться за счет работы ГЭС с расходом большим расчетного в течение некоторого рассчитываемого предварительно периода времени;

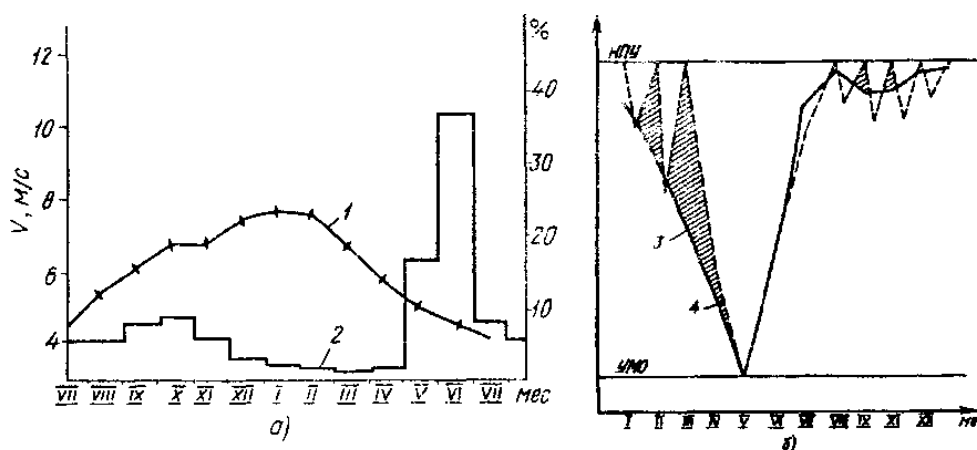


Рис.4. Графики среднемесячных скоростей ветра 1) и гистограмма годового стока рек (2) Кольского полуострова (а), годового хода уровней водохранилища (б) при независимой работе (3) и в комплексе с ВЭС (4)

4. после формирования потребного объема водохранилища ГЭС будет работать с мощностью меньшей расчетной на значение текущей мощности ВЭС, однако чтобы общая выработка энергии была равной расчетной.

Таким образом, ГЭС будет выступать в качестве аккумулятора для ВЭС и обеспечивать работу ВЭС в режиме максимума выработки электроэнергии.

Варьируя числом расчетных периодов и учитывая реальный график участия ГЭС в графике нагрузки, возможно оптимально согласовать работу энергокомплекса ГЭС — ВЭС. В качестве примера на рис. 4, б показан режим наполнения — сработки водохранилища ГЭС мощностью 200 МВт, работающей в комплексе с ВЭС мощностью 100 МВт.

Кроме аккумулирующего режима работы ГЭС в энергокомплексе ВЭС — ГЭС возможны режимы с максимальной суммарной выработкой ВЭС и ГЭС. с максимальной вытесняющей мощностью в периоды максимальных нагрузок, режим, обеспечивающий минимум расчетных затрат по энергокомплексу и др.

Таким образом, создание энергокомплекса ГЭС — ВЭС позволяет в ряде случаев избавиться от присущих ветровой энергии недостатков и особенно перспективно при рассмотрении схем развития энергетики с учетом реконструкции и модернизации ГЭС.

Работа ГЭС совместно с солнечными электростанциями

Солнечная энергия издавна используется человеком для удовлетворения своих нужд, прежде всего для получения тепла, а в последнее время и электроэнергии. Однако для того, чтобы реально использовать солнечную энергию, нужно представлять прежде всего ее недостатки:

1. зависимость от факторов, связанных с вращением Земли вокруг Солнца и своей оси, таких, как географическая широта, время года, время суток;
2. зависимость от климатических факторов, таких, как облачность, поглощение излучения парами воды и др.;
3. зависимость прихода солнечной энергии от ориентации приемной площадки относительно Солнца. Здесь же следует отметить и относительно низкую плотность солнечной энергии на 1 м^2 Земли (по сравнению с традиционными источниками энергии). Максимальное значение излучения на поверхности Земли составляет около 1 кВт/м^2 , но это наблюдается на широтах, близких к экватору в полдень жаркого летнего дня. Средняя плотность интенсивности, например, в нашей стране в средних широтах не превышает 200 Вт/м^2 . Изменчивость солнечной энергии в течение дня приведена на рис.5 на примере мощности солнечной энергоустановки.

В настоящее время в солнечной электроэнергетике существует три основных направления преобразования солнечной энергии в электрическую — термодинамический, фотоэлектрический, термохимический.



Рис.5. Изменение мощности солнечной энергоустановки в течение дня:

1 — мощность энергоустановки; 2 — приход солнечной энергии

Наиболее перспективным и интенсивно развивающимся способом является фотоэлектрический, который основан на пространственном разделении положительных и отрицательных зарядов при поглощении в полупроводнике квантов солнечного света ($p=n$ переход). Такие солнечные элементы в большинстве своем изготавливают из кремния. Первые элементы из кристаллического кремния изготовлены в 1954 г., однако с тех пор технология изготовления элементов и материалы, из которых они изготавливаются, непрерывно совершенствуются, а стоимость снижается. За последние 10 — 15 лет стоимость 1 Вт мощности солнечного элемента упала на порядок, и сейчас можно говорить, что солнечная энергия может вполне конкурировать с дизельными электростанциями,

особенно при эксплуатации в удаленных, автономных системах. Ведутся поиски новых высокоэффективных полупроводниковых элементов. В табл. 1 приводятся характеристики некоторых солнечных элементов.

Особенностью работы солнечного элемента является необходимость поддержания температуры самого элемента в некоторых оптимальных пределах, т.е. необходима термостабилизация, особенно в фотоэлектрических модулях с концентрацией солнечного излучения. При перегреве элемента его эффективность существенно снижается (рис.6).

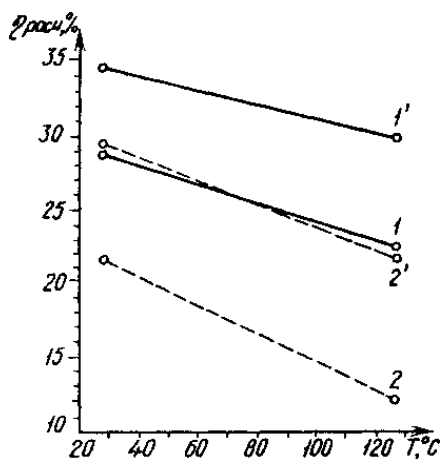


Рис.6. Зависимость расчетных КПД солнечного фотоэлектрического элемента от температуры арсенидо-галлиевого (1) и кремниевого (2)

Для преодоления недостатка солнечной энергии, связанного с низкой плотностью потока излучения, а также для снижения стоимости фотоэлектрического модуля (основную долю стоимости фотоэлектрического модуля вносит солнечный элемент) в ряде случаев может быть эффективен способ концентрации солнечной энергии. Во сколько раз будет выше сконцентрированный поток солнечного излучения по отношению к естественному, практически во столько же раз может быть меньше размер солнечного элемента (при условии термостабилизации). Коэффициент концентрации K_k хорошо сфокусированной системы есть отношение площади концентратора к площади поверхности элемента. Существует большое количество концентрирующих систем, обеспечивающих различную степень концентрации. Наиболее часто встречаются параболические и линзовые концентраторы ($K_k \approx 1000$), плоские линзы Френеля ($K_k \approx 100$), фоклины, фоконы ($K_k \approx 10$). На рис. 7 показаны зависимости выходных параметров солнечного элемента при различной концентрации излучения.

Таблица 1. Энергетические характеристики современных солнечных элементов

Солнечный элемент (материал)	Максимальный КПД, %	Экспериментально зафиксированный КПД, %
Кремний (Si)	25	23, 2
Арсенид галлия (GaAs)	35	29*
Трехкомпонентные соединения меди (CdS- CuInSe ₂)	—	12*
Кадмий-теллур (CdTe)	17	10, 5
Аморфный кремний (a = Si)	-	15, 7
Каскадный элемент (GaAs+GaSb)		37*

*При концентрированном излучении 128.

Для повышения энергоэкономической эффективности солнечной электроэнергетической установки целесообразно включение ее в энергокомплекс, использующий другие возобновляемые источники энергии (гидроэнергию, ветровую энергию). Следует отметить разновременность поступления максимума (и минимума) энергии к солнечным, ветровым и гидроэлектростанциям.

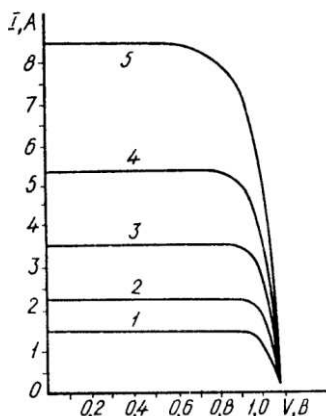


Рис.7. Вольт-амперные характеристики солнечного фотоэлектрического элемента при увеличении концентрации излучения (1- 5)

Особенно эффективна совместная работа солнечной электроустановки с гидроэлектростанцией, имеющей водохранилище суточного или сезонного регулирования. В этом случае водохранилище ГЭС используется в качестве аккумулятора энергии, способного перераспределить выработку энергии СЭС в течение суток или сезона. В этом случае ГЭС разгружается на значение соответствующей мощности СЭС. При этом запасаемая вода в водохранилище в дальнейшем расходуется по требованиям энергосистемы. Благодаря этому повышается гарантированная мощность ГЭС и энергокомплекса в целом. Появляется возможность увеличения установленной мощности ГЭС, если нет режимных ограничений по нижнему бьефу станции. Повышается выработка энергии на ГЭС за счет поддержания в водохранилище более высокого уровня верхнего бьефа при работе СЭС.

Энергоэкономическая эффективность совместной работы ГЭС с солнечными электростанциями определяется с учетом конкретных условий, таких, как мощность и выработка энергии ГЭС и СЭС, полезная емкость водохранилища, удельный вес данных станций в энергетической системе и реальный график нагрузки энергосистемы.

Комплексное использование возобновляемых источников энергии экономически эффективно позволяет снизить экологическое воздействие энергетических объектов на окружающую среду.

В Кавказском биосферном заповеднике создается энергокомплекс, состоящий из ГЭС мощностью 30 кВт и СЭС мощностью 20 кВт. Он позволит отработать технические решения перспективных мощных энергокомплексов, их режимов работы и АСУ ТП.

Контрольные вопросы

1. Какие нетрадиционные источники энергии используются и какие предполагается использовать в будущем?
2. Типы существующих солнечных электростанций?
3. Перспективы развития солнечной энергетики.