



**ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА
ЭНЕРГЕТИКИ**

Разработчик: В.В. Шестакова



Современные технологии Гибридные энергосистемы

Преподаватель: Шестакова Вера Васильевна
ауд. 162, корпус 8
Почта: shestakova@tpu.ru



Гибридная энергосистема

– энергетическая система с несколькими источниками электрической энергии (генераторами), использующими не менее двух разных технологий производства электроэнергии.

Преимущества гибридных энергоустановок:

1. Производство и накопление энергии экономически выгодным способом.
2. Использование возобновляемых источников электроэнергии, самостоятельное производство экологически чистой энергии.
3. Независимое электроснабжение, предотвращение перерыва питания при аварийных отключениях энергии.

Гибридная энергосистема для частного дома. Что это такое и в чем ее польза?

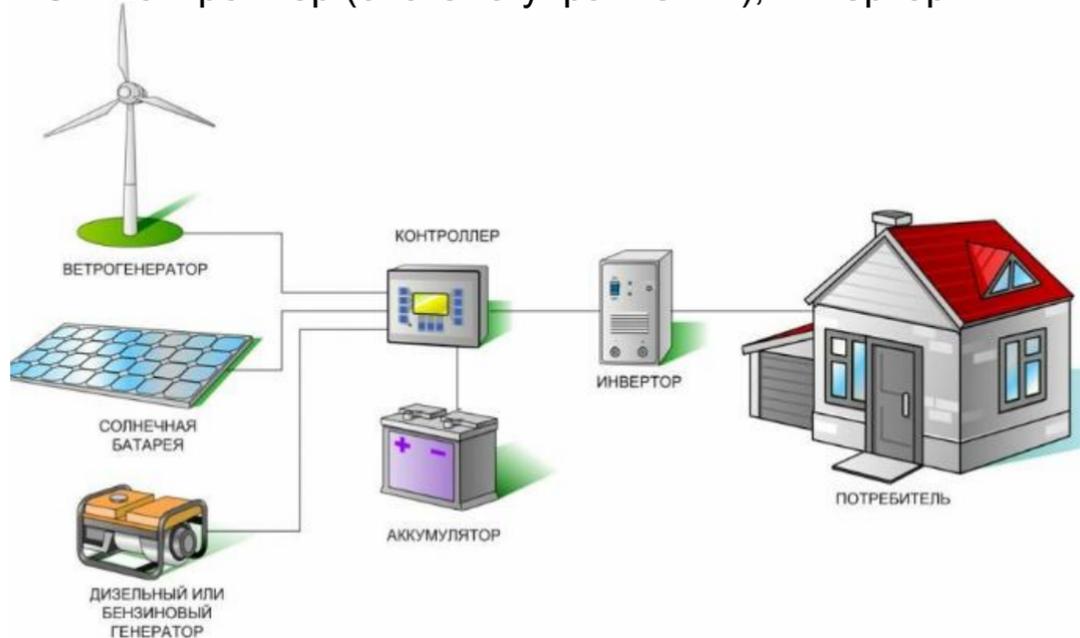
<https://wattsbattery.ru/tpost/a3cygpksp1-gibridnaya-energosiistema-dlya-chastnogo>



Традиционная компоновка автономной гибридной энергосистемы

В общем случае гибридная система включает:

1. генераторы (ветрогенератор, солнечная батарея, дизельный генератор, микроГЭС,....)
2. аккумуляторную батарею (одну или две).
3. контроллер (система управления), инвертор.



Задачи управления

1. Мониторинг состояния источников.
2. Контроль заряда аккумуляторов.
3. Распределение энергии самым экономически выгодным способом.

Недостатки автономной гибридной энергосистемы

1. Дизель генератор требует квалифицированного обслуживания, топлива, дает броски токов, стоимость энергии от него превышает любые тарифы, неэкологичен.
2. Окупаемость ветряных электростанций (ВЭС) – никогда.
3. Окупаемость солнечных электростанций (СЭС) на фотопанелях 15-20 лет. Срок службы панелей – 25 лет.
3. Потери в инверторе (преобразователе постоянного напряжения в переменный).
4. Постоянное обслуживание и замена аккумуляторов.
5. Сложность системы управления, требующая полноценного «диспетчерского пульта».
7. Зависимость работы СЭС и ВЭС от погоды и времени суток.



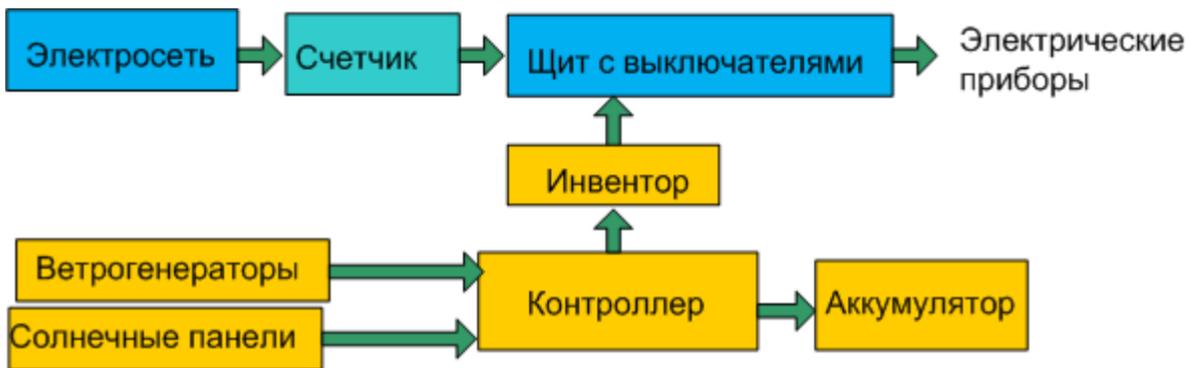
Дизель генератор и топливо



Аккумуляторы, инверторы,....

Гибридная энергосистема с подключением в электросети

Использование модульных накопителей со встроенным инвертором и литий-ионными накопителем энергии (1500 и более Вт)



Позволяет исключить:

- Дизель-генератор с запасами топлива,
- Сложный диспетчерский пульт



Схема системы управления фотоэлектрическим модулем

<https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/solnechnye-kontrollery.htm>

Функции контроллера: контроль заряда и разряда АКБ, отключение нагрузки при недопустимом разряде АКБ и источников для предотвращения перезаряда.

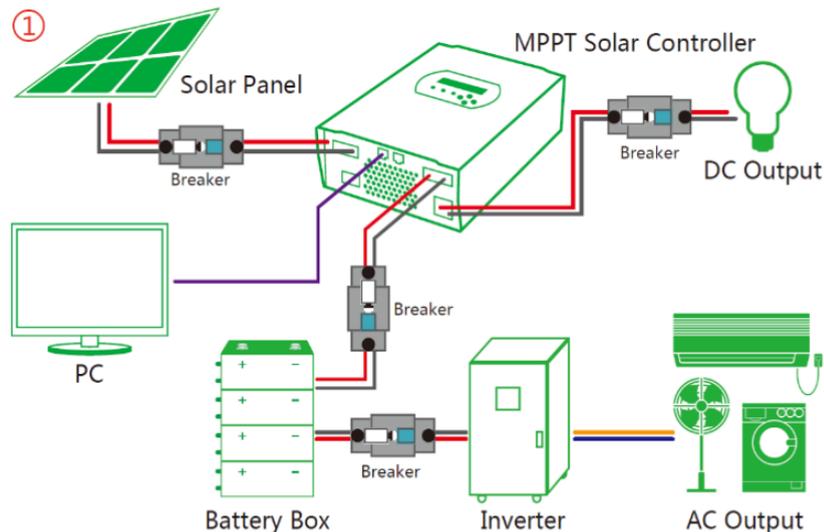
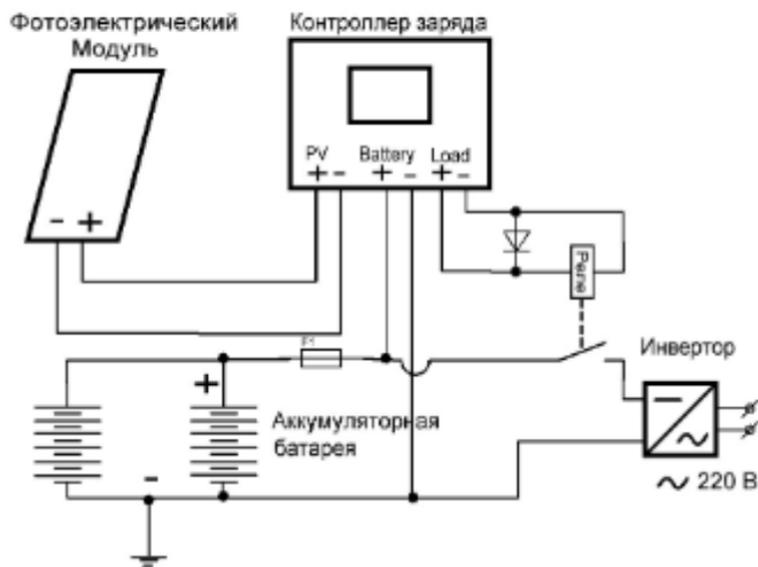
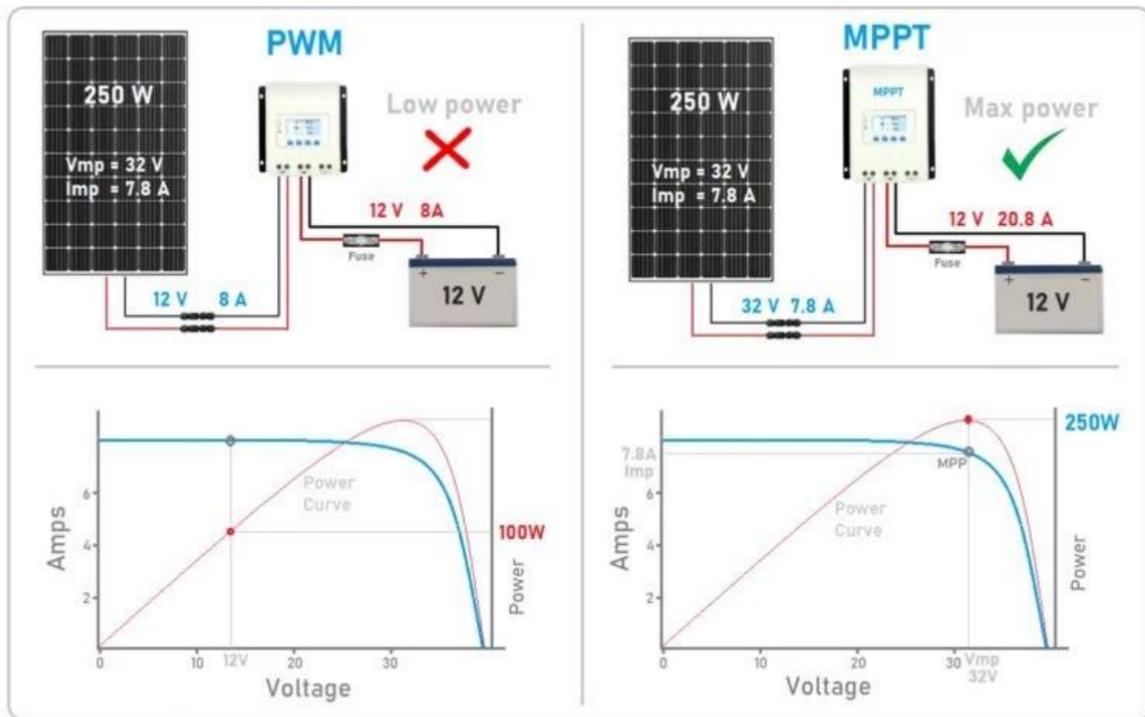


Схема системы управления фотоэлектрическим модулем

<https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/solnechnye-kontrollery.htm>



Типы контроллеров

PWM – с широтно-импульсной модуляцией тока заряда. Импульсный заряд продлевает срок службы АКБ.

MPPT – слежение за точкой максимальной мощности (ТММ)

Контроллер **MPPT** анализирует ВАХ источника и определяет, при каком напряжении и токе будет вырабатываться максимальная мощность.

Инвертор – преобразователь постоянного напряжения в переменное с частотой 50 Гц

Принцип действия - периодическое переключение источника напряжения и изменение полярности на зажимах нагрузки при переходном процессе. Частота переменного тока на выходе определяется частотой переключения вентилей.

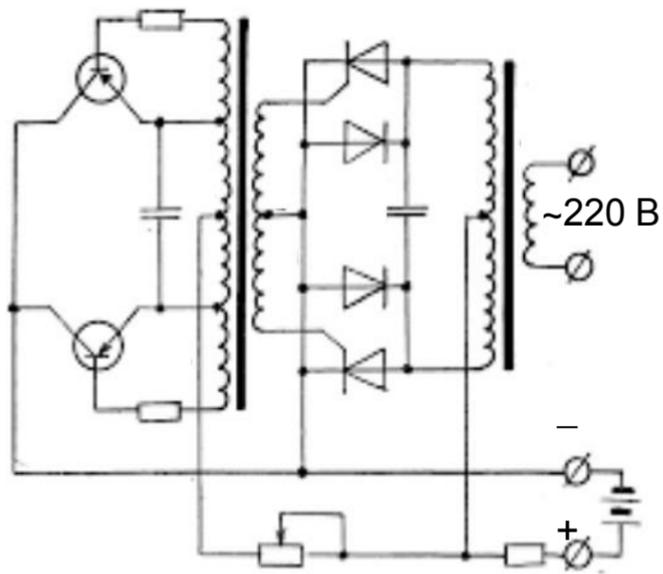


Схема однофазного инвертора

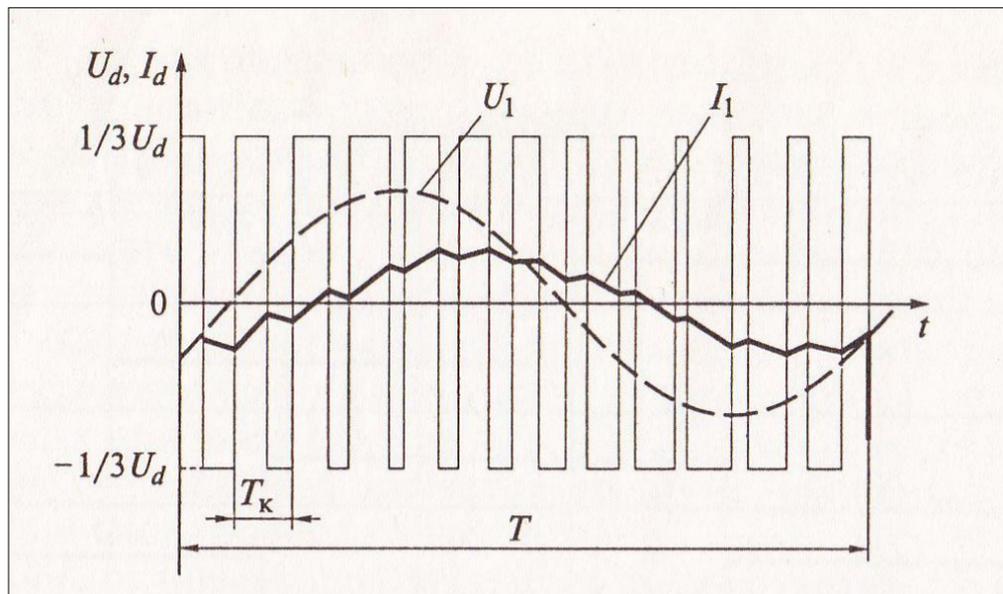
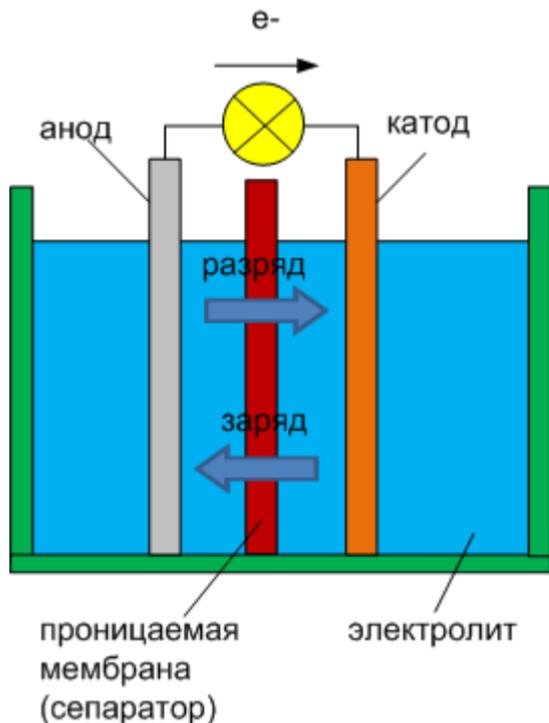


График работы инвертора

Конструкция и принцип работы литий ионных аккумуляторов (ЛИА)



Конструкция аккумулятора

Анод - графит

Катод – оксид кобальта лития (металл)

Электролит – раствор солей лития в смеси органических растворителей

Сепаратор – пористая мембрана, предотвращает КЗ между анодом и катодом, но пропускает поток ионов

Заряд - ионы лития отрываются от катода, переходят через сепаратор к графитовому аноду, протекает реакция окисления.

Разряд - ионы лития перемещаются обратно к катоду, при этом высвобождают электроны во внешнюю цепь

Литий-ионный накопитель энергии

Литий-ионная система хранения энергии в Калифорнии, США.

Емкость системы - хранение и отправка в сеть до 730 МВт-ч энергии с максимальной выдачей мощности 182,5 МВт в течение четырех часов.

Литий-железо-фосфатная система хранения энергии для гибридных ЭСТ на Чукотке.

Новосибирск – предприятие «Системы накопления энергии»

Емкость системы – от 200 кВт до 20 МВт.



<https://www.modernpowersystems.com/news/newsconstruction-of-megabattery-gets-under-way-8060104>

Задача 1

Расчет параметров гибридной энергосистемы

На острове планируется установить маяк.

Для обеспечения работы маяка требуется мощность $P=75$ кВт, напряжение сети $U = 380$ В. Каждый сутки маяк должен работать с 21:00 до 05:00, то есть $\Delta t = 8$ часов.



Система электроснабжения будет представлять собой гибридную энергетическую установку, в состав которой входят:

1. Дизельный генератор с номинальной мощностью $P_{\Gamma} = 80$ кВт.
2. Ветрогенератор.

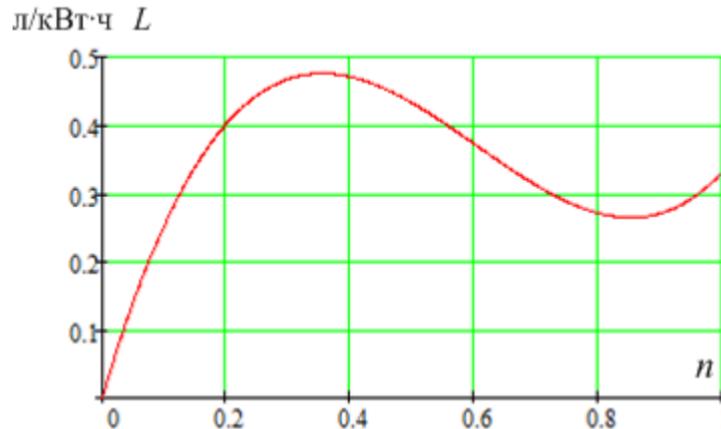
Задача 1

Расчет параметров гибридной энергосистемы

Удельный расход топлива L генератором зависит от значения вырабатываемой в данный момент мощности и описывается выражением

$$L(n) = 3,42 \cdot n^3 - 6,20 \cdot n^2 + 3,11 \cdot n, \text{ л/кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где $n = P/P_{\Gamma} = 0 \dots 1$ – доля от номинальной мощности генератора P_{Γ} .



Задача 1

Расчет параметров гибридной энергосистемы

2. Ветрогенератор с диаметром рабочего колеса $D = 4$ м, коэффициент использования энергии ветра принять равным $\varepsilon = 0.4$. Согласно исследованиям метеорологов, ветры на острове постоянны. Длительность отрезков времени и соответствующие им скорости ветра за сутки указаны в таблице

Отрезок времени, пока дует ветер	Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_4
часы	12	6	4	2
Скорость ветра	v_1	v_2	v_3	v_4
м/с	9	10	12	15

3. Две батареи аккумуляторов, которые работают поочередно (переключение от одной батареи к другой происходит 1 раз в сутки). Батареи заряжаются от ветрогенератора.

Один аккумулятор имеет напряжение $U_A = 24$ В, и выдает ток $I_A = 9$ А.

Задача 1

Расчет параметров гибридной энергосистемы

Рассчитайте:

1. Требуемое количество топлива для работы дизель-генератора за 30 суток при $n = P / P_{\Gamma} = 75/80 = 0.938$ и при оптимальном соотношении $n = P / P_{\Gamma}$
2. Необходимую мощность и энергоемкость одной аккумуляторной батареи.
3. Количество энергии, которую способен выработать ветрогенератор за одни сутки. Сравните значение с требуемой энергоемкостью аккумуляторной батареи.
4. Количество аккумуляторов с заданными напряжением U_A и током $I_A =$ в двух батареях и способ их соединения.

Потери в сети не учитывать.

Задача 1

Расчет параметров гибридной энергосистемы

$$n_0 = P/P_r = 0,938$$

$$L_0(n_0) = 3,42 \cdot n_0^3 - 6,20 \cdot n_0^2 + 3,11 \cdot n_0 = 0,284 \text{ л/кВт}\cdot\text{ч},$$

За 30 дней, работая по 8 часов в сутки, дизель-генератор потребит топлива

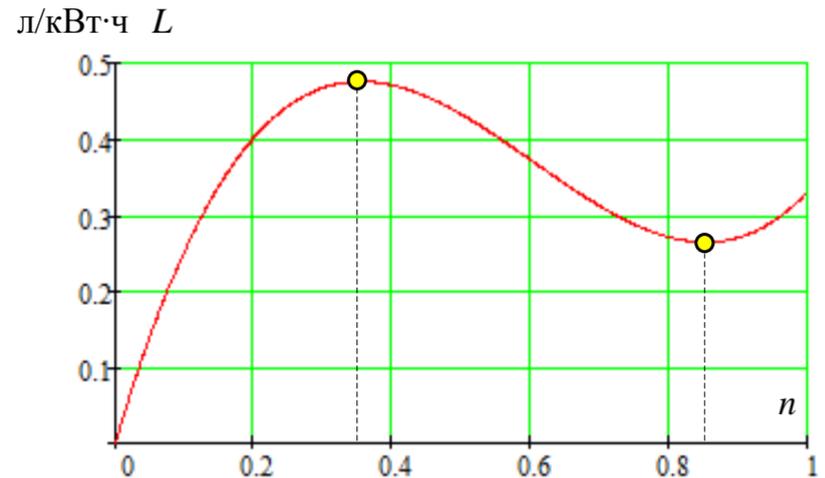
$$L =$$

Задача 1

Расчет параметров гибридной энергосистемы

Оптимальный режим работы дизельного генератора, при котором он будет потреблять минимум топлива

$$L'(n) =$$



Задача 1

Расчет параметров гибридной энергосистемы

$$n_2 = P/P_r = 0,835$$

$$L_{\text{опт}}(n_2) = ,$$

За 30 дней, работая по 8 часов в сутки в оптимальном режиме, дизель-генератор потребит топлива

$$L_{\text{опт}} =$$

Экономия топлива за счет выбора режима загрузки генератора составит



Задача 1

Расчет параметров гибридной энергосистемы

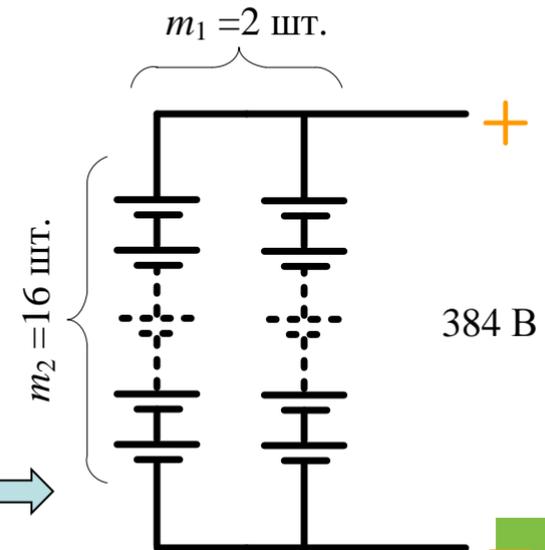
Для получения нужного напряжения 380 В необходимо соединить последовательно m_2 аккумуляторов

$$m_2 = \rightarrow$$

Количество аккумуляторов с заданными напряжением U_A и током I_A в двух батареях равно

$$2 \cdot m_1 m_2 =$$

Схема соединения аккумуляторов \rightarrow



Связь материалов занятия с другими дисциплинами

ООП

«Управление объектами ЭЭС»

Общая
энергетика

Проектирование ВЭС и СЭС

Упр.реж. ЭЭС
на базе СЭ

Принцип работы инверторов

ООП

«Мехатронные
преобразователи...»

Микропроцессорные
средства в
электроприводе

Программирование
контроллеров