**Задание выполнить не позднее 27 апреля**

**Занятие № 29 Электрические машины.**

***Задание: Написать план - конспект***

**Электрическая машина** — [электромеханический преобразователь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) физической [энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F)[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0#cite_note-1), основанный на явлениях [электромагнитной индукции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) и [силы Ампера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0), действующей на проводник с током, движущийся в магнитном поле.



Общие положения

Возможность создания электрической машины как [электромеханического преобразователя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) базируется на [электромагнитном взаимодействии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5), которое осуществляется посредством [электрического](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) тока и [магнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5). Электрическая машина, в которой электромагнитное взаимодействие осуществляется при помощи магнитного поля называется *индуктивной*, а в которой при помощи электрического — *ёмкостной*. Ёмкостные машины практически не используются, так как при конечной проводимости воздушной среды (при наличии влаги) заряды будут исчезать из активной зоны электрической машины в землю.

Классификация

По направлению преобразования энергии электрические машины разделяют на:

* [**генераторы**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80), если основным является преобразование кинетической энергии в электрическую с побочным выделением тепла;
* [**двигатели**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C), если основным является преобразование электрической энергии в кинетическую с побочным выделением тепла;
* [**трансформаторы**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) (а также [умформеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) и [фазорасщепители](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%89%D0%B5%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C" \o "Фазорасщепитель)), если основным является преобразование электрической энергии с одними параметрами в электрическую с другими с побочным выделением тепла;
* электромеханические преобразователи энергии, если преобразование электрической энергии целенаправленно производится в тепловую и механическую.

Для большинства машин выполняется [принцип обратимости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD), когда одна и та же машина может выступать как в роли двигателя, так и в роли генератора или электромагнитного тормоза.

В большинстве электрических машин выделяют [ротор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) — вращающуюся часть, и [статор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) — неподвижную часть, а также воздушный зазор, их разделяющий.

По принципу действия выделяют такие типы машин:

* [Асинхронная машина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0) — электрическая машина [переменного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA), в которой частота вращения ротора отличается от частоты вращения магнитного поля в воздушном зазоре на [частоту скольжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8F).
* [Синхронная машина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0) — электрическая машина переменного тока, в которой частоты вращение ротора и магнитного поля в зазоре равны.
* [Машина двойного питания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) — электрическая машина переменного тока, в которой ротор и статор в общем случае имеют разные частоты питающего тока. В результате ротор вращается с частотой, равной сумме (разности) питающих частот.
* [Машина постоянного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) — электрическая машина, питаемая постоянным током и имеющая [коллектор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)).
* [Универсальный коллекторный двигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) — электрическая машина, питаемая постоянным или переменным током и имеющая [коллектор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)).
* [Вентильный двигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) — электрическая машина постоянного тока, в которой механический коллектор заменён полупроводниковым коммутатором (ПК), [возбуждение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%83%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) осуществляется от постоянных магнитов, размещенных на роторе; а статорная обмотка, как в синхронной машине. ПК по сигналам логического устройства поочерёдно, в определённой последовательности, попарно подключает фазы электродвигателя к источнику постоянного тока, создавая вращающееся поле статора, которое, взаимодействуя с полем постоянного магнита ротора, создаёт вращающий момент электродвигателя.
* [Умформер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) на базе электрической машины (см. также [Инвертор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0))) — как правило, пара электрических машин, соединённых валами, выполняющих преобразование рода тока (постоянный в переменный или наоборот), частоты тока, числа фаз, напряжений.
* [Сельсин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%B8%D0%BD) — электрическая машина для дистанционной передачи информации об угле поворота.
* [Трансформатор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) — электрический аппарат[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0#cite_note-2) переменного тока (электрический преобразователь), преобразующий электрический ток напряжения одного номинала в электрический ток напряжения другого номинала. Существуют статические и поворотные трансформаторы .

Назначения

Основное:

* Преобразование энергии — основное назначение электрических машин в качестве двигателей или генераторов.
* Преобразование величины [напряжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) — основное назначение трансформаторов.

Не основное:

* Усиление [мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) электрических сигналов. В этом случае электрическая машина называется [*электромашинным усилителем*](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%83%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C&action=edit&redlink=1).
* Преобразование [постоянного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) в [переменный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) или [постоянный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) другой величины (см. [умформер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%80)).
* Повышение [коэффициента мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8) электрических установок. В этом случае электрическая машина называется [*синхронным компенсатором*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0#%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B).[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0#cite_note-3)
* Дистанционная передача информации ([сельсин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%B8%D0%BD))

Расчет электрической машины

Следует отметить, что электрической машиной в большинстве случаев является [электрический двигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C).

Уточненный расчет рабочих характеристики и использование существующих программ оптимизации позволяют уже на стадии проектирования машины получить весьма совершенную конструкцию. Наиболее распространены следующие методы математического моделирования электрических машин:

* [аналитические](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4);
* расчет схем замещения, сформированных с использованием магнитных проводимостей отдельных участков магнитной цепи;
* расчет полей на основе метода конечных элементов.

[Аналитические методы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%8B) основаны на решении уравнений, в которые входят такие величины, как магнитные потоки, напряжения и токи. При исследовании асинхронных машин широкое распространение получил расчет схемы замещения одной фазы. Этот подход обычно применяется при расчете установившихся режимов и реже для расчета переходных процессов. При использовании аналитических методов принимаются допущения:

* плотность тока в проводниках распределена равномерно по их сечению;
* распределение индукции в воздушном зазоре синусоидально;
* нагрев машин не влияет на значения параметров схемы замещения;
* нелинейность магнитных цепей (работа в настоящее время сосредоточена на моделях, которые учитывают эффект насыщения в определении параметров эквивалентной схемы).

[Погрешность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) аналитических расчетов может достигать 15-20 % и выше.

Численные методы стали широко применяться в последнее время в связи с быстрым развитием вычислительных машин и компьютерных технологий. Современные компьютерные программы позволяют решать не только двухмерные, но и трехмерные задачи. Обычно численные методы предполагают использование различных по форме расчетных сеток, представляющих область задачи, причем точность модели тем выше, чем больше число узлов сетки. Применяются модели, основанные на методе конечных разностей (МКР), в котором используются ортогональные сетки, и модели, основанные на методе конечных элементов (МКЭ), в котором узлы сетки могут быть распределены более рационально. Преимуществом численных методов является то, что они позволяют не только повысить точность решения полевой задачи, но и учесть такие факторы, как насыщение магнитной цепи машины, вытеснение тока в проводниках и сложность границ сред.

При расчете магнитных полей с учетом нелинейности свойств сред численными методами обычно применяют итерационный [метод Ньютона-Рафсона](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%9D%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0-%D0%A0%D0%B0%D1%84%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0). При этом при использовании метода конечных элементов матрицы коэффициентов имеют ленточную структуру, обеспечивающую снижение числа операций.

Современные программы, основанные на методе конечных элементов, позволяют рассчитывать ЭДС и токи обмоток статора и ротора, учитывать вращение ротора относительно статора, зубчатость сердечников, насыщение стали, наведение вихревых токов в массивных элементах конструкции, сложный характер распределения магнитного поля в зазоре. Кроме того, современные конечно-элементные программы позволяют рассчитывать объемные (трехмерные) конструкции. Точность расчетов по конечно- элементным программам была неоднократно подтверждена экспериментальными исследованиями. Говоря о времени решения, следует заметить следующее. Чем сложнее моделируемая машина, тем больше длительность процесса вычислений. Расчет рабочих режимов асинхронных машин при этом обладает еще и той особенностью, что частота токов, индуктированных в роторе, относительно мала. Если переходные процессы рассчитываются методом численного интегрирования системы дифференциальных уравнений, требующим разбиения всего рассматриваемого временного интервала на достаточно малые шаги, время, затрачиваемое на вычисления, может быть значительным.

**Современные методы расчета**

В целях сокращения времени и сохранения точности, появились другие методы. Такие подходы, как правило, применяют несколько методов одновременно, то есть являются комбинированными методами.

К этим методам относятся, в частности, методы, основанные на расчете [эквивалентных схем](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D0%B2%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0) замещения магнитных цепей, то есть на дискретизации электромагнитной системы в виде потока. Предполагается, что магнитное поле состоит из определенного числа магнитных трубок переменного сечения. В пределах каждой трубки поток постоянен, а все линии поля расположены строго параллельно стенкам трубок. Такой подход к созданию схем замещения обоснован только для ферромагнитных участков сердечников, для воздушного зазора он может быть применен с некоторыми допущениями. Определить форму, направление и число трубок поля в этой части машины трудно, особенно если учитывать взаимное перемещение сердечников.

Существуют методы, позволяющие правильно воспроизвести поле в воздушном зазоре. Это методы зубцовых контуров и эквивалентных проводимостей воздушного зазора.

В методе эквивалентных проводимостей магнитные проводимости воздушного зазора находятся как произведение частных проводимостей, найденных при односторонней и двусторонней зубчатости сердечников.

Более универсальным методом расчета электрических машин является МЗК. МЗК, первоначально разработанный для расчета гидрогенераторов , был затем обобщен и применен для расчета различных типов электрических машин, включая асинхронные машины с короткозамкнутым ротором.

В этих работах потокосцепления обмоток электрической машины выражаются через индуктивные параметры зубцовых контуров, образованных токами, лежащими на дне пазов или сосредоточенными, а стенках пазов. Такое представление источников поля позволяет использовать теорию скалярного магнитного потенциала, что заметно упрощает расчеты.

Идея МЗК заключается в представлении поля в воздушном зазоре электрической машины в виде суммы полей так называемых зубцовых контуров. Этот метод позволяет провести детальный анализ магнитного поля отдельного зубцового контура и определить магнитную проводимость в воздушном зазоре с учетом двусторонней зубчатости статора и ротора, взаимного перемещения сердечников, а так же реальной формы тока или напряжения обмотки якоря.

**Занятие № 30 Электрические генераторы.**

***Задание: Написать план - конспект***

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gorskii_04414u.jpg?uselang=ru)

**Электрический генератор** — устройство, в котором неэлектрические виды энергии (механическая, химическая, тепловая) преобразуются в [электрическую энергию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F).

Классификация

* [Электромеханические](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80&action=edit&redlink=1)
  + [Индукционные](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%98%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80&action=edit&redlink=1)
  + [Электрофорная машина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0)
* [Термоэлектрические](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)
  + [Термопары](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0)
  + [Термоэмиссионные преобразователи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8D%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C)
* [Фотоэлементы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)
* [Магнитогидро (газо)динамические генераторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)
* [Химические источники тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0)
  + [Гальванические элементы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)
  + [Топливные элементы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)
* [Биогенераторы](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80&action=edit&redlink=1)

Электромеханические индукционные генераторы

**Электромеханический генера́тор** — это [электрическая машина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0), в которой [механическая работа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0) преобразуется в [электрическую](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) [энергию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F).

{\displaystyle E=-{\frac {d\Phi }{dt}}} — устанавливает связь между ЭДС и скоростью изменения [магнитного потока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA) {\displaystyle \Phi } пронизывающего обмотку генератора.

**Классификация электромеханических генераторов**

* По типу первичного двигателя:
  + [Турбогенератор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) — электрический генератор, приводимый в движение [паровой турбиной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0) или [газотурбинным двигателем](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C);
  + [Гидрогенератор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) — электрический генератор, приводимый в движение [гидравлической турбиной](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0);
  + [Дизель-генератор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C-%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) — электрический генератор, приводимый в движение [дизельным двигателем](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C);
  + [Ветрогенератор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) — электрический генератор, преобразующий в электричество кинетическую энергию ветра;
* По виду выходного электрического тока:
  + [Трёхфазный](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D1%80%D1%91%D1%85%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80&action=edit&redlink=1)
  + Однофазный
* Вид соединения обмоток:
  + С включением обмоток звездой
  + С включением обмоток треугольником
* По способу [возбуждения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%83%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0))
  + С возбуждением постоянными магнитами
  + С внешним возбуждением
  + С самовозбуждением
    - С последовательным возбуждением
    - С параллельным возбуждением
    - Со смешанным возбуждением

Турбогенератор

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BalakovoNPP_tb.jpg?uselang=ru)

Снятый наружный щит и опорный подшипник генератора турбоагрегата [Балаковской АЭС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%90%D0%AD%D0%A1" \o "Балаковская АЭС)

**Турбогенератор** — устройство, состоящее из [синхронного генератора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) и паровой или газовой турбины, выполняющей роль привода. Термин "турбогенератор" намеренно включён в название ГОСТ 533, чтобы отличать данные типы генераторов от генераторов вертикального исполнения, используемых в паре с гидротурбинами ГОСТ 5616 (использование терминов "турбогенератор" и "гидрогенератор" для описания отдельно взятых электрических генераторов является неправильным). В случае электростанций применяется термин [турбоагрегат](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%82).

Основная функция в преобразовании [внутренней энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) рабочего тела в электрическую, посредством вращения [паровой](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0) или [газовой турбины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0). Скорость вращения [ротора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) определяется по параметрам используемого генератора, от десятков тысяч оборотов в минуту (для синхронных генераторов с возбуждением от постоянных магнитов "НПК "Энергодвижение") до 3000, 1500 об/мин (у синхронных генераторов с возбуждением обмоток ротора). Механическая энергия от [турбины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0) преобразуется в [электрическую](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) посредством вращающегося [магнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) ротора в [статоре](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80). Поле ротора, которое создается либо установленными на ротор постоянными магнитами, либо током постоянного напряжения, протекающего в медной обмотке ротора, приводит к возникновению [трёхфазного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%91%D1%85%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) [переменного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA" \o "Переменный ток)напряжения и тока в обмотках статора. Напряжение и ток на статоре тем больше, чем сильнее поле ротора, т.е. больше ток протекающий в обмотках ротора. У синхронных генераторов с внешним возбуждением напряжение и ток в обмотках ротора создает [тиристорная](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B8%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80" \o "Тиристор) система возбуждения или [возбудитель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)) - небольшой генератор на валу основного генератора. В составе турбогенераторов применяются генераторы, имеющие цилиндрический ротор, установленный на двух [подшипниках скольжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%88%D0%B8%D0%BF%D0%BD%D0%B8%D0%BA), в упрощенном виде напоминает увеличенный генератор легкового автомобиля. Выпускаются 2-х полюсные (3000 об/мин), 4-х полюсные (1500 об/мин как на [Балаковской АЭС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%90%D0%AD%D0%A1" \o "Балаковская АЭС)), и многополюсные машины, в зависимости от мест эксплуатации и технологических требований. Для охлаждения таких генераторов используются следующие способы охлаждения обмоток: жидкостное - через рубашку статора; жидкостное - с непосредственным охлаждением обмоток; воздушное; водородное (чаще применяются на АЭС).

Типы турбогенераторов

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbogenerator-TG-1M-of-LV-steam-loco.jpg?uselang=ru)

Турбогенератор [постоянного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) ТГ-1М паровоза [ЛВ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%92)

В зависимости от системы охлаждения турбогенераторы подразделяются на несколько типов: с воздушным, масляным, водородным и водяным охлаждением. Также существуют комбинированные типы, например, генераторы с водородно-водяным охлаждением.

Также существуют специальные турбогенераторы, к примеру, локомотивные, служащие для питания цепей освещения и радиостанции [паровоза](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B7). В авиации турбогенераторы служат дополнительными бортовыми источниками электроэнергии. Например, турбогенератор ТГ-60 работает на отбираемом от компрессора авиадвигателя сжатого воздуха, обеспечивая привод генератора трёхфазного переменного тока 208 вольт, 400 герц, номинальной мощностью 60 кВ\*А.

Конструкция турбогенератора

Генератор состоит из двух ключевых компонентов - статора и ротора. Но каждый из них содержит большое число систем и элементов. Ротор - вращающийся компонент генератора и на него воздействуют динамические механические нагрузки, а также электромагнитные и термические. Статор — стационарный компонент турбогенератора, но он также подвержен воздействию существенных динамических нагрузок — вибрационных и крутящих, а также электромагнитных, термических и высоковольтных.

Возбуждение ротора генератора

Первоначальный (возбуждающий) постоянный ток ротора генератора подается на него с возбудителя генератора. Обычно [возбудитель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)) соосно соединён упругой муфтой с валом генератора и является продолжением системы турбина-генератор-возбудитель. Хотя на крупных электрических станциях предусмотрено и резервное возбуждение ротора генератора. Такое возбуждение происходит от отдельно стоящего возбудителя. Такие возбудители постоянного тока приводятся в действие своим электродвигателем переменного трехфазного тока и включены как резерв в схему сразу нескольких турбоустановок. С возбудителя постоянный ток подается в ротор генератора посредством скользящего контакта через щётки и контактные кольца. Современные турбогенераторы используют тиристорные системы самовозбуждения.

Гидрогенератор

**Гидрогенератор** — устройство, состоящее из [электрического генератора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) и гидротурбины, выполняющей роль механического привода, предназначен для выработки электроэнергии на [гидроэлектростанции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F). Термин "гидрогенератор" используется по тексту ГОСТ 5616 для сокращения термина "генератор гидротурбинный" (использование термина "гидрогенератор" для описания отдельно взятых электрических генераторов является неправильным).

Конструкция и параметры генераторов гидротурбинных регламентируются ГОСТ 5616-89.

Обычно генератор гидротурбинный представляет собой синхронную явнополюсную [электрическую машину](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0) вертикального исполнения, приводимую во вращение от гидро[турбины](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D0%B8%D0%BD%D0%B0), хотя существуют и генераторы горизонтального исполнения (в том числе капсульные гидрогенераторы).

Конструкция генератора в основном определяется параметрами гидротурбины, которые в свою очередь зависят от природных условий в районе строительства гидроэлектростанции (напора воды и её расхода). В связи с этим для каждой гидроэлектростанции обычно проектируется новый генератор.

Генераторы гидротурбинные обычно имеют сравнительно малую частоту вращения (до 600 об/мин) и достаточно большой диаметр (до 20 м), чем в первую очередь определяется вертикальное исполнение большинства генераторов, так как при горизонтальном исполнении становится невозможным обеспечение необходимой механической прочности и жёсткости элементов их конструкции.

Вертикальные генераторы гидротурбинные обычно состоят из следующих основных частей:

* [статор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80);
* [ротор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0));
* верхняя крестовина;
* нижняя крестовина;
* подпятник (упорный [подшипник](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%88%D0%B8%D0%BF%D0%BD%D0%B8%D0%BA), который воспринимает вертикальную нагрузку от вращающихся частей гидрогенератора и гидротурбины);
* направляющие подшипники.

По особенностям конструкции генераторы гидротурбинные подразделяются на подвесные и зонтичные. У подвесных генераторов подпятник располагается над ротором на верхней крестовине, у зонтичных подпятник располагается под ротором в нижней крестовине или опирается на крышку гидротурбины (в этом случае верхняя крестовина у генератора отсутствует).

На [гидроаккумулирующих электростанциях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F) используются обратимые генераторы (генераторы-двигатели), которые могут как вырабатывать электрическую энергию, так и потреблять её. От обычных генераторов они отличаются особой конструкцией подпятника, позволяющей ротору вращаться в обе стороны.

Горизонтальные капсульные гидрогенераторы представляют собой часть герметичной капсулы, содержащей помимо генератора гидротурбину и системы обеспечения. Капсула помещается непосредственно в проточную часть гидроэлектростанции.

Дизельная электростанция

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diesel_generator_on_an_oil_tanker.jpg?uselang=ru)

[Судовая](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%BE) дизель-генераторная установка

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diesel_generator_001.jpg?uselang=ru)

Стационарный электроагрегат, [железнодорожная электростанция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F)

Переносные дизель-генераторы с воздушным охлаждением

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Old_Truck_With_Generator_Loaded_Up.jpg?uselang=ru)

Электроагрегат на шасси грузовика

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Netzersatzanlage_THW_Bonn.JPG?uselang=ru)

Электроагрегат на автомобильном прицепе

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BRS_40_kVA_generator.jpg?uselang=ru)

Электроагрегат может буксироваться малотоннажным грузовиком

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ESU2A-511.jpg?uselang=ru)

[ЭСУ2А](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8&action=edit&redlink=1) — электростанция дизельная самоходная [узкоколейная](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B7%D0%BA%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B6%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B0), [ширина колеи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B8%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B8) [750 мм](https://ru.wikipedia.org/wiki/750_%D0%BC%D0%BC)

**Ди́зельная электроста́нция** (дизель-генераторная установка, дизель-генератор) — стационарная или подвижная энергетическая установка, оборудованная одним или несколькими [электрическими генераторами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) с приводом от [дизельного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) [двигателя внутреннего сгорания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F). Существуют также электростанции с приводом от [бензинового двигателя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) — [бензиноэлектрический агрегат или бензиновая электростанция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F" \o "Бензиновая электростанция) и [газопоршневые электростанции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%88%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8" \o "Газопоршневые электростанции).

Следует учитывать, что термины ***дизельная электростанция***, ***дизельэлектрический агрегат*** и ***дизель-генератор*** не являются синонимами:

* дизель-генератор — устройство, состоящее из конструктивно объединённых дизельного двигателя и генератора;
* дизельэлектрический агрегат в свою очередь включает в себя дизель-генератор, а также вспомогательные устройства: раму, приборы контроля, топливный бак;
* дизельная электростанция — это стационарная или передвижная установка на базе дизельэлектрического агрегата, дополнительно включающая в себя устройства для распределения электроэнергии, устройства автоматики, пульт управления, комплекты ЗИП.

Как правило, такие электростанции объединяют в себе [генератор переменного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) и двигатель внутреннего сгорания, которые установлены на стальной раме, а также систему контроля и управления установкой. Двигатель внутреннего сгорания приводит в движение синхронный или асинхронный электрический генератор. Соединение двигателя и электрического генератора производится либо напрямую [фланцем](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D1%86), либо через [демпферную муфту](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D1%84%D1%82%D0%B0_(%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)). В первом случае используется двухопорный генератор, то есть генератор, имеющий два опорных [подшипника](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%88%D0%B8%D0%BF%D0%BD%D0%B8%D0%BA), а во втором — с одним опорным подшипником (одноопорный).

Виды и варианты исполнения

Дизельные электростанции различаются по выходной [электрической мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), виду [тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) ([переменный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) трёхфазный/однофазный, [постоянный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA)), выходному [напряжению](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), а также [частоте](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0) тока (например, 50, 60, 400 Гц).

Также дизельные электростанции разделяют по типу охлаждения [дизельного двигателя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C), [воздушному или жидкостному](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BE%D1%85%D0%BB%D0%B0%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8F_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F). Электростанции с дизельным двигателем жидкостного охлаждения — это агрегаты больших мощностей и размеров.

**По назначению**

* Портативные (бытовые, переносные) — электростанции с дизельным двигателем воздушного охлаждения мощностью от 0,3 кВт до 20 кВт.
* Стационарные (промышленные) — электростанции с дизельным двигателем жидкостного охлаждения. Как правило, выходной ток - трехфазный, напряжением от 400/230В до 10 кВ. Единичная мощность установок составляет от 8 кВт (10 кВА) до 2000 кВт (2400 кВА).

**По конструктивному исполнению**

* Открытого исполнения — базовое исполнение электростанции, предназначено для размещения электроустановки в специально оборудованном помещении.
* В шумозащитном кожухе — для установки в помещение при наличии требований к снижению шума.
* Во всепогодном шумозащитном кожухе — для установки на улице при наличии требований к снижению шума.
* Контейнерные — монтаж электростанции в блок-контейнер осуществляется для эксплуатации установки в тяжелых климатических условиях и повышенной вандалозащищённости.
* Электростанция может быть установлена в фургон, машину или на шасси. Таким образом, она приобретает статус мобильной электростанции.

**По роду тока**

Маломощные дизельные электростанции вырабатывают, как правило, однофазный переменный ток [напряжением](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) 220 В и/или трёхфазный напряжением 380 В.

Трёхфазные электростанции имеют более высокий [КПД](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%9F%D0%94) за счёт более высокого [КПД](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%9F%D0%94) [генератора переменного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0).

Переносные дизельные электростанции с встроенным выпрямителем (инвертором) могут иметь дополнительный выход постоянного тока напряжением 12-14 вольт, например, для [зарядки аккумуляторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE).

Мощные дизельные электростанции вырабатывают трёхфазный ток:

* низковольтные — с [напряжением](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) до 1 кВ;
* высоковольтные — с напряжением более 1 кВ (6,3 кВ, 10 кВ).

Если необходимо передавать [электроэнергию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F), выработанную низковольтными электростанциями, на значительные расстояние по [линиям электропередачи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8), [напряжение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) повышается на [электрических подстанциях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F) до 6,3 кВ или 10,5 кВ.

**По типу генератора переменного тока**

[**Синхронный**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0)[**генератор переменного тока**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0)

Так как [частота](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0) [переменного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) синхронного генератора определяется числом оборотов ротора (двигателя), то дизельная электростанция должна иметь механизм, обеспечивающий постоянное число оборотов дизельного двигателя независимо от нагрузки (генерируемой [электрической мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)). [Частота](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0) переменного тока [синхронного генератора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) будет: {\displaystyle f={\frac {n}{60}}}, где {\displaystyle f} — частота в [герцах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D1%86_(%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)); {\displaystyle n} — число оборотов ротора в [минуту](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D1%83%D1%82%D0%B0).

Если генератор имеет число пар полюсов {\displaystyle p}, то соответственно этому частота электродвижущей силы такого генератора будет в {\displaystyle p}раз больше частоты электродвижущей силы двухполюсного генератора: {\displaystyle f=p{\frac {n}{60}}}.

[ЭДС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%94%D0%A1) синхронного генератора регулируется изменением [тока возбуждения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)).

[**Асинхронный**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0)[**генератор переменного тока**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0)

Асинхронный генератор может генерировать переменный ток произвольной, нестандартной [частоты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0) (значительно отличающейся, например, от используемой в промышленности и быту частоты 50 Гц). Переменный ток после выхода из генератора подвергается [выпрямлению](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C), затем получившийся [постоянный ток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) [инвертор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) преобразует в [переменный ток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) с [параметрами, определяемыми стандартом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8). Следует отметить, что недорогие модели инверторов имеют на выходе переменный ток несинусоидальной формы, обычно прямоугольные импульсы или [модифицированная синусоида](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D1%86%D0%B5%D0%B8%D0%B4%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%83%D1%81).

[ЭДС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%94%D0%A1) асинхронного генератора регулируется изменением числа оборотов двигателя и [изменением тока возбуждения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)) (если предусмотрено конструкцией генератора).

Асинхронные генераторы без встроенной системы «стартового усиления» плохо переносят длительные перегрузки, в отличие от синхронных.

**Сварочные агрегаты**

Особой разновидностью дизельных и бензиновых электростанций следует считать [сварочные агрегаты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D1%82), генерирующие [постоянный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) или [переменный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) ток для [электродуговой сварки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B0). Выходное [электрическое напряжение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) относительно низкое (около 90 вольт), однако [сила тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) велика, электрические генераторы не боятся [коротких замыканий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D1%8B%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5).

Применения

Такие электростанции и установки применяются в качестве основных, резервных или аварийных источников [электроэнергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) для потребителей одно- или трёхфазного [переменного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA), для электропитания тепловозов, карьерных самосвалов, подводных лодок и другой техники, используют в малой энергетике, для энергообеспечения вахтовых посёлков, производств, [установок связи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BC%D1%83%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8) и т. д., в качестве [железнодорожных электростанций](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F) и энергорезервирования, в системе аварийного снабжения компьютерных сетей, потребителей собственных нужд на атомных и тепловых электростанциях, и других стратегических объектов, включенных совместно с [ИБП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F#cite_note-2)

Первые передвижные дизельные электростанции в СССР были спроектированы в ПКБ Мосэнерго ([Мосэнергопроект](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%81%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82" \o "Мосэнергопроект)) для восстановления нарушенного электроснабжения и для энергоснабжения перебазированных промышленных предприятий в новых районах во время [Великой Отечественной войны](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%9E%D1%82%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%B0) Народный Комиссариат Электростанций СССР предложил Мосэнерго изготовить передвижные тепловые электростанции, используя демонтируемое, бывшее в работе оборудование. Передвижные электростанции-энергопоезда собирались на [Фрунзенской ТЭЦ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%AD%D0%A6-12" \o "ТЭЦ-12). Готовые энергопоезда мощностью 500—1500 кВт отправлялись в освобождённые города, где они обеспечили электроснабжение аварийно-восстановительных работ.

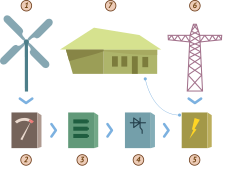
Ветрогенератор



Работа ветрогенератора

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Windmills_D1-D4_(Thornton_Bank).jpg?uselang=ru)

Промышленные ветрогенераторы в Северном море

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wind-turbine-structur.svg?uselang=ru)

Ветер раскручивает ротор. Выработанное электричество подаётся через контроллер на аккумуляторы. Инвертор преобразует напряжение на контактах [аккумулятора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80) в пригодное для использования

**Ветрогенератор** (ветроэлектрическая установка или сокращенно ВЭУ) — устройство для преобразования [кинетической энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F)[ветрового потока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80) в механическую энергию вращения [ротора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) с последующим её преобразованием в [электрическую энергию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F).

Ветрогенераторы можно разделить на три категории: промышленные, коммерческие и бытовые (для частного использования).

Промышленные устанавливаются государством или крупными энергетическими корпорациями. Как правило, их объединяют в сети, в результате получается [ветровая электростанция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F). Её основное отличие от традиционных (тепловых, атомных) — полное отсутствие как сырья, так и отходов. Единственное важное требование для ВЭС — высокий среднегодовой уровень ветра. Мощность современных ветрогенераторов достигает 8 МВт.

[Мощность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) ветрогенератора зависит от мощности воздушного потока ({\displaystyle N}N), определяемой скоростью ветра и ометаемой площадью {\displaystyle N=pSV^{3}/2}S,

где: {\displaystyle V}V — скорость ветра, {\displaystyle p} ρ— плотность воздуха, {\displaystyle S}S — ометаемая площадь.

Типы ветрогенераторов

Существуют классификации ветрогенераторов по количеству лопастей, по материалам, из которых они выполнены, по оси вращения и по [шагу винта](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%B3_%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B0).[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80#cite_note-1)

Существуют два основных типа ветротурбин:

* с вертикальной осью вращения («карусельные» — [роторные](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) (в том числе «ротор Савониуса»), «лопастные» ортогональные — [ротор Дарье](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%94%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%B5));
* с горизонтальной осью круглого вращения ([крыльчатые](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%88%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82" \o "Воздушный винт)). Они бывают быстроходными с малым числом лопастей и тихоходными многолопастными, с [КПД](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%9F%D0%94) до 40%[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80#cite_note-Bili-2).

Также существуют барабанные и роторные ветротурбины.

**Преимущества и недостатки разных типов ВЭУ**

Теоретически доказано, что коэффициент использования энергии ветра идеального ветроколеса (КИЭВ) горизонтальных, пропеллерных и вертикально-осевых установок равен, 0.593. Это объясняется тем, что роторы ВЭУ обоих типов используют один и тот же эффект подъемной силы, возникающий при обтекании ветровым потоком профилированной лопасти, К настоящему времени достигнутый на горизонтальных пропеллерных ВЭУ коэффициент использования энергии ветра составляет 0.4. На данный момент этот коэффициент у ветрогенераторов (ветроустановок) ГРЦ-Вертикаль составляет 0.38. Проведенные экспериментальные исследования российских вертикально-осевых установок показали, что достижение значения 0.4-0.45 - вполне реальная задача. Таким образом, можно отметить, что коэффициенты использования энергии ветра горизонтально-осевых пропеллерных и вертикально-осевых ВЭУ близки.

Устройство

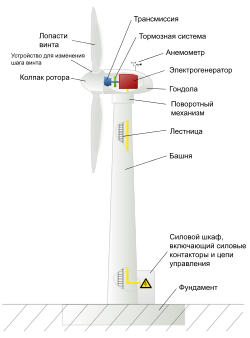
ВЭУ состоит из:

1. ветротурбины, установленной на мачте с растяжками и раскручиваемой [ротором](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) либо [лопастями](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82);
2. [электрогенератора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80);

полученная электроэнергия поступает в:

* [Контроллер заряда аккумуляторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B0_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2), подключенный к
  + [аккумуляторам](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80) (обычно необслуживаемые на 24 В)
* [Инвертор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) (= 24 В -> ~ 220 В 50Гц), подключенный к [электросети](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C)

**Промышленная ветровая установка**

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wind_turbine_rus.svg?uselang=ru)

Устройство ветрогенератора

Состоит из:

1. Фундамент
2. Силовой шкаф, включающий силовые контакторы и цепи управления
3. Башня
4. Лестница
5. Поворотный механизм
6. Гондола
7. [Электрический генератор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)
8. Система слежения за направлением и скоростью ветра ([анемометр](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80))
9. [Тормозная система](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0)
10. [Трансмиссия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F)
11. [Лопасти](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B9_%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82)
12. Система изменения [угла атаки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%B3_%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B0) лопасти
13. [Обтекатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C)

* [Система пожаротушения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)
* Телекоммуникационная система для передачи данных о работе ветрогенератора
* Система молниезащиты
* Привод питча

**Маломощная модель ветряного генератора**

Состоит из:

1. Небольшой электродвигатель постоянного тока (3-12 В) (используемый как генератор)
2. Кремниевый выпрямительный диод
3. Электролитический конденсатор (1000 мкФ 6 В)

Проблемы эксплуатации промышленных ветрогенераторов[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80&veaction=edit&section=4) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80&action=edit&section=4)]

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Looking_Up_The_Wind_Turbine_Tower,_Byron,_Wisconsin,_2007-05-05.jpg?uselang=ru)

Внутри башни

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Windpark_Estinnes_20juli2010_kort_voor_voltooiing.jpg?uselang=ru)

11 × [E-126](https://ru.wikipedia.org/wiki/E-126) бельгийской ВЭС Estinnes в июле 2010, за месяц до завершения строительства станции

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:11_turbines_E-126_7,5MW_wind_farm_Estinnes_Belgium.jpg?uselang=ru)

11 × [E-126](https://ru.wikipedia.org/wiki/E-126) (11 × 7,5 МВт) бельгийской ВЭС Estinnes 10 октября 2010 года.

Промышленный ветрогенератор строится на подготовленной площадке за 7-10 дней. Получение разрешений регулирующих органов на строительство ветровой фермы может занимать год и более. Кроме того, для обоснования строительства ветроустановки или ветропарка необходимо проведение длительных (не менее года) исследований ветра в районе строительства. Эти мероприятия значительно увеличивают срок реализации ветроэнергетических проектов.

Для строительства необходимы дорога до строительной площадки, место для размещения узлов при монтаже, тяжёлая подъёмная техника с выносом стрелы более 50 метров, так как гондолы устанавливаются на высоте около 50 метров.

В ходе эксплуатации промышленных ветрогенераторов возникают различные проблемы:

* Неправильное устройство [фундамента](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82). Если фундамент башни неправильно рассчитан, или неправильно устроен дренаж фундамента, башня от сильного порыва ветра может упасть.
* [Обледенение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) лопастей и других частей генератора. Обледенение способно увеличить массу лопастей и снизить эффективность работы ветрогенератора. Для эксплуатации в арктических областях части ветрогенератора должны быть изготовлены из специальных морозостойких материалов. Жидкости, используемые в генераторе, не должны замерзать. Может замёрзнуть оборудование, замеряющее скорость ветра. В этом случае эффективность ветрогенератора может серьёзно снизиться. Из-за обледенения приборы могут показывать низкую скорость ветра, и ротор останется неподвижным.
* Отключение/поломка [тормозной системы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0). При этом лопасть набирает слишком большую скорость и, как следствие, ломается.
* Отключение. При резких колебаниях скорости ветра срабатывает [электрическая защита](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B0_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8) аппаратов, входящих в состав системы, что снижает эффективность системы в целом. Так же для больших ветростанций большая вероятность срабатывания защиты на отходящих [ЛЭП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8).
* Нестабильность работы генератора. Из-за того, что в большинстве промышленных ветрогенерирующих установках стоят [асинхронные генераторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0), стабильная работа их зависит от постоянства напряжения в ЛЭП.
* [Пожары](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80). Пожар может возникнуть из-за трения вращающихся частей внутри гондолы, утечки масла из гидравлических систем, обрыва кабелей и т. д. Пожары ветрогенераторов редки, но их трудно тушить из-за отдалённости ветровых электростанций и большой высоты, на которой происходит пожар. На современных ветрогенераторах устанавливаются [системы пожаротушения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%83%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5).
* Удары [молний](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B8%D1%8F). Удары молний могут привести к пожару. На современных ветрогенераторах устанавливаются [молниеотводящие системы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BE%D1%82%D0%B2%D0%BE%D0%B4" \o "Молниеотвод).
* Шум и вибрация.

Перспективные разработки

[Норвежская](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%B2%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D1%8F) компания [StatoilHydro](https://ru.wikipedia.org/wiki/StatoilHydro" \o "StatoilHydro) и немецкий концерн [Siemens AG](https://ru.wikipedia.org/wiki/Siemens_AG" \o "Siemens AG) разработали плавающие ветрогенераторы для морских станций большой глубины. StatoilHydro построила демонстрационную версию мощностью 2,3 МВт в июне [2009 года](https://ru.wikipedia.org/wiki/2009_%D0%B3%D0%BE%D0%B4)[[5]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80#cite_note-5)[[6]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80#cite_note-BBC-Hywind-6). Турбина под названием Hywind, разработанная[[6]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80#cite_note-BBC-Hywind-6) Siemens Renewable Energy, весит 5 300 тонн при высоте 65 метров. Располагается она в 10 километрах от острова Кармой, неподалеку от юго-западного берега Норвегии. Компания планирует в будущем довести мощность турбины до 5 МВт, а диаметр ротора — до 120 метров. Аналогичные разработки ведутся в [США](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%A8%D0%90).

Компания Magenn разработала специальный аппарат с установленным на нём ветрогенератором, который сам поднимается на высоту 120—300 метров. Нет необходимости строить башню и занимать землю. Аппарат работает в диапазоне скоростей ветра от 1 м/с до 28 м/с. Аппарат может перемещаться в ветряные регионы или быстро устанавливаться в местах катастроф.

Компания Windrotor предлагает конструкцию ротора мощной турбины, позволяющую значительно увеличить его размеры и коэффициент использования энергии ветра. Предполагается, что эта конструкция станет новым поколением роторов ветровых турбин.

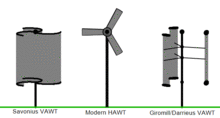
В мае [2009 года](https://ru.wikipedia.org/wiki/2009_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) в Германии компанией Advanced Tower Systems (ATS) был запущен в эксплуатацию первый ветрогенератор, установленный на гибридной башне. Нижняя часть башни высотой 76,5 метров построена из [железобетона](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD). Верхняя часть высотой 55 метров построена из стали. Общая высота ветрогенератора (вместе с лопастями) составляет 180 метров. Увеличение высоты башни позволит увеличить выработку электроэнерии до 20 %[[7]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80#cite_note-7).

В конце 2010 года испанские компании Gamesa, Iberdrola, Acciona Alstom Wind, Técnicas Reunidas, Ingeteam, Ingeciber, Imatia, Tecnitest Ingenieros и DIgSILENT Ibérica создали группу для совместной разработки ветрогенератора мощностью 15,0 МВт.

[Евросоюз](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%BE%D1%8E%D0%B7) создал исследовательский проект UpWind для разработки [офшорного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%84%D1%88%D0%BE%D1%80" \o "Офшор) ветрогенератора мощностью 20 МВт.

В 2013 году японская компания Mitsui Ocean Development & Engineering Company разработала гибридную установку: на единой плавающей в воде оси установлена ветровая турбина и турбина, работающая от [приливной энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F).

Малые ветрогенераторы[

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HAWT_and_VAWTs_in_operation_medium.gif?uselang=ru)

Три типа ветрогенераторов в действии

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vertwindmillonroof.png?uselang=ru)

Малый [роторный ветрогенератор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%94%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%B5) на крыше здания

[](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Windlahor.jpg?uselang=ru)

[Парусный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D1%83%D1%81) ветрогенератор

К малой ветроэнергетике относятся установки мощностью менее 100 кВт. Установки мощностью менее 1 кВт относятся к микро-ветровой энергетике. Они применяются на яхтах, сельскохозяйственных [фермах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%80) для водоснабжения и т. д.

**Строение малой ветровой установки**

1. [Ротор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)); [лопасти](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C); ветротурбина; хвост, ориентирующий ротор против ветра
2. [Генератор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80)
3. Мачта с растяжками
4. [Контроллер заряда аккумуляторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B0_%D0%B0%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2)
5. [Аккумуляторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D0%BA%D1%83%D0%BC%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%82%D0%BE%D1%80) (обычно необслуживаемые на 24 В)
6. [Инвертор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) (= 24 В -> ~ 220 В 50Гц), подключенный к [электросети](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C)

Малые ветрогенераторы могут работать автономно, то есть без подключения к общей [электрической сети](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C).

Некоторые современные бытовые [ИБП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) имеют модуль подключения источника постоянного тока специально для работы с [солнечными батареями](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B5%D1%8F) или ветрогенераторами. Таким образом, ветрогенератор может быть частью домашней системы электропитания, снижая потребление энергии от электросети.

**Плюсы и минусы эксплуатации**

В настоящее время, несмотря на [рост цен](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%8B_%D0%BD%D0%B0_%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D1%8C) на [энергоносители](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C&action=edit&redlink=1), [себестоимость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) [электроэнергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) не составляет сколько-нибудь значительную величину у основной массы [производств](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE) на фоне других затрат. Ключевым для потребителя остаётся *надёжность* и *стабильность* электроснабжения.

Основными факторами, приводящими к удорожанию энергии для использования в промышленности, получаемой от ветрогенераторов, являются:

* необходимость получения электроэнергии промышленного качества ~ 220 В 50 Гц (применяется инвертор, ранее для этой цели применялся [умформер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%80))
* необходимость автономной работы в течение некоторого времени (применяются аккумуляторы);
* необходимость длительной бесперебойной работы потребителей (применяется дизель-генератор);

Считается, что применение малых автономных ветрогенераторов в быту малоцелесообразно из-за:

* высокой стоимости аккумуляторных батарей: ~ 25 % стоимости установки (используется в качестве источника бесперебойного питания при отсутствии или пропадании внешней сети);
* достаточно высокой стоимости [инвертора](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) (применяется для преобразования переменного или постоянного тока получаемого от ветрогенератора в переменное напряжение стандарта бытовой электросети (220 В, 50 Гц).
* нередкой необходимости добавлять к нему [дизель-генератор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D1%8C-%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80), сравнимый по стоимости со всей установкой.

Однако, при наличии общей электросети и современного ИБП с двойным преобразованием эти факторы становятся неактуальными, также часто такие [ИБП](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%91%D0%9F) предусматривают возможность дополнения различными нестабильными источниками постоянного тока, такими как ветрогенератор или [солнечная батарея](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B5%D1%8F).

Наиболее экономически целесообразным в настоящее время является получение с помощью ветрогенераторов не электрической энергии промышленного качества, а постоянного или переменного тока (переменной частоты) с последующим преобразованием его с помощью [ТЭНов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D1%83%D0%B1%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C" \o "Трубчатый электронагреватель) в [тепло](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE) для обогрева жилья и получения горячей воды. Эта схема имеет несколько преимуществ:

* Отопление является основным энергопотребителем любого дома.
* Схема ветрогенератора и управляющей автоматики кардинально упрощается.
* Схема автоматики может быть в самом простом случае построена на нескольких тепловых [реле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BB%D0%B5).
* В качестве аккумулятора энергии можно использовать обычный [бойлер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%B9%D0%BB%D0%B5%D1%80) с водой для отопления и горячего водоснабжения.
* Потребление тепла не так требовательно к качеству и бесперебойности, температуру воздуха в помещении можно поддерживать в широком диапазоне: 19-25 °С; в бойлерах горячего водоснабжения: 40-97 °С, без ущерба для потребителей.