



ООО «Орвил»

С. В. Клементьев

**Автономные источники электроэнергии: генераторы и
электростанции**

Волгоград - 2011

АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ:

ГЕНЕРАТОРЫ и ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Электростанция состоит из двигателя и электрогенератора, которые крепятся к стальной раме или к станине посредством амортизаторов и находятся на одном валу. Кроме этого они могут оснащаться дополнительными устройствами: системой пуска, системой стабилизации частоты вращения, системой (пультом) управления, системой автоматического пуска, системой стабилизации выходного напряжения, устройствами транспортировки и др.

1. Мощность генератора

Основным показателем генератора его технической характеристикой является мощность. Различают основную (номинальную, рабочую) мощность PRP (Prime Rating Power) генератора и резервную (максимальную, аварийную) мощность ESP (Emergency Standby Power) или LTP.

Основная мощность (PRP) - это максимальная мощность, которую электростанция может развивать при непрерывной работе на переменной нагрузке неограниченное время. Допускается перегрузка в течение 1 часа на 12 часов работы.

Резервная мощность (ESP) - это максимальная мощность, которую генератор может развивать при работе на переменной нагрузке во время возможного перебоя в электросети при годовом времени наработки не более 500 часов. Перегрузка на режиме такой мощности не допускается.

Разница в мощностях ESP и PRP составляет 10...25% в зависимости от используемого двигателя и марки установленного электрогенератора.

ВНИМАНИЕ! Для правильного подбора генератора обращайтесь внимание, какая мощность указана в технической характеристике генератора!

Мощность измеряется (и указывается в технической характеристике электростанции) в киловаттах (кВт) и/или в киловольтамперах (кВА). Вольт-ампер (В·А) - это единица полной мощности переменного тока, Ватт (Вт) - единица активной мощности генератора. Разница между ними определяется углом сдвига фаз, оцениваемая показателем $\cos \varphi$ («косинус фи») и зависящая от конструкции генератора. Обычно его величина для трехфазных генераторов составляет 0,8, т.е. мощность в кВт на 20% меньше мощности в кВА. Однако для однофазных генераторов он может быть и больше – 0.9 и даже 1.0 (в последнем случае мощность в кВт и кВА равны).

ВНИМАНИЕ! Для правильного подбора генератора обращайтесь внимание, в каких единицах указана мощность в технической характеристике генератора!

Пример. Вам требуется генератор для питания потребителей общей мощностью 5 кВт. Если в характеристике генератора указана мощность только в кВА и указан $\cos \varphi = 0,9$, то Вам необходим генератор на $5 \text{ кВт} / 0,9 = 5,56 \text{ кВА}$. Если $\cos \varphi$ не указан, берите его равным 0.8, т.е. $5 / 0,8 = 6,25 \text{ кВА}$.

2. Типы и виды генераторов

Существует несколько типов генераторов:

- В зависимости условий применения:
 - Портативные
 - Стационарные
 - открытые
 - в шумозащитном кожухе
 - в термоизолированном контейнере
 - Передвижные (обычно это стационарные электростанции, смонтированные на шасси)
- В зависимости от фазности вырабатываемого напряжения
 - Однофазные
 - Трехфазные

- В зависимости от способа запуска генератора
 - С ручным (реверсивным) пуском
 - С электростартером ручного управления (кнопкой или ключом)
 - С электростартером и системой автоматического запуска при пропадании внешней сети, т.е. с системой АВР (автоматическое включение резерва)
- В зависимости от установленного двигателя
 - Бензиновые
 - Дизельные
 - Газовые
- В зависимости от установленного электрогенератора
 - С синхронным генератором
 - С асинхронным генератором
- В зависимости от наличия системы стабилизации напряжения
 - Традиционные (без стабилизации выходного напряжения)
 - Инверторные (с инверторным преобразованием тока и выдачей идеальной характеристики напряжения)

3. Двигатели генераторных установок

Бензиновые двигатели. Обеспечивают легкий запуск даже при низких температурах, дешевле дизельных. Двигатели в бензиновых генераторных установках бывают 2-х и 4-тактными.

- 2-тактные. Применяются для маломощных и компактных генераторных установок. В них бензин перемешивается с маслом. Нарботка на отказ не более 500 часов. Непрерывная ежедневная работа не более 1 часа в сутки. Применяются для загородных поездок на природу или для небольшого дачного участка.

- 4-тактные. Более мощные и экономичные по сравнению с 2-тактными, профессиональные модели могут беспрерывно работать около 8-ми часов в сутки. Имеют высокий запас прочности, наработка на отказ до 2000 часов и более. Применяются для питания электроинструмента и др. техники в строительстве, при ремонтных и монтажных работах, для энергообеспечения в мастерской и цехе. Являются недорогим, компактным и экономичным источником для разнообразных потребителей при сбоях основной электросети в качестве резервного источника.

Дизельные двигатели имеют больший моторесурс чем бензиновые (портативные 4000 моточасов и более, а стационарные мощные дизели до 40000 моточасов), меньший расход топлива, более длительный период работы на отказ, но они тяжелее, имеют более трудный запуск и более высокую начальную стоимость. Обычно они используются в качестве постоянного источника электроэнергии или в качестве резервного источника при большом количестве потребителей и высокой требуемой мощности.

Портативные дизели производятся обычно с воздушным охлаждением, их применяют на стройках, производстве и в качестве резервных источников благодаря тому, что они выдерживают более интенсивные режимы работы, нежели бензогенераторы.

Электростанции с жидкостным охлаждением (стационарные) имеют мощные двигатели (только дизельные) с большим ресурсом работы. На ДГУ (дизельные генераторные установки) используется жидкостное охлаждение с использованием радиатора (как на автомобиле). Такие электростанции пригодны для круглосуточной работы, в отличие от портативных генераторов. Эти электростанции достаточно тяжелые, устанавливаются стационарно на специальный фундамент, либо на специальный автомобильный прицеп. По сравнению с портативными электростанциями, стационарные дороже, но значительно надежнее и долговечнее. Стационарные электростанции имеют частоту вращения двигателя 1500 оборотов в минуту, за счет чего порой

называются «низкооборотистыми». Только некоторые, «резервные» модели имеют частоту вращения двигателя 3000 оборотов в минуту, но они более шумные.

Какой генератор выбрать: дизельный или бензиновый?

Для ответа на этот вопрос необходимо понять, с какой целью приобретается генератор, и какова его потребная мощность.

- Если это источник на дачу, для отдыха, для кратковременного подключения нескольких не мощных потребителей – это бензиновый генератор. Он легче, компактней, удобней в эксплуатации и дешевле.
- Если генератор необходим как аварийный источник на небольшие промежутки времени в период отключения постоянной подачи электроэнергии, то более целесообразным было бы обратить внимание на бензогенератор. Хотя расход топлива у дизеля и меньше, но при сравнительно небольшой потребной мощности (5...10 кВт) и редком включении, экономия на топливе не скоро окупит высокую начальную стоимость дизеля.
- Если же покупатель преследует цель использовать генератор в качестве постоянного бесперебойного источника электроэнергии в течение длительного времени, или есть опасность длительного отключения основного питания — есть смысл обратить внимание на дизельные генераторы, невзирая на их более высокую первоначальную стоимость.
- Наконец при значительной мощности генератора (более 11 кВт) применение бензинового двигателя совершенно не оправдано ни по техническим, ни по экономическим соображениям.

4. Электрогенераторы

Генераторы бывают синхронными и асинхронными, однофазными и трехфазными.

Синхронный генератор. Обеспечение стабильного выходного напряжения происходит за счет изменения магнитного поля ротора путем регулирования тока в его обмотке. Это обеспечивается блоком автоматической регулировки AVR (не путать с АВР – автоматом включения резерва). Основным достоинством синхронного генератора является высокая стабильность выходного напряжения. Несовершенство синхронных генераторов – это возможность перегрузки по току, так как при превышении допустимой нагрузки, регулятор может слишком сильно поднять ток в обмотке ротора. Также синхронные генераторы требуют периодического обслуживания, т.к. нагрев обмотки определяет необходимость постоянного охлаждения генератора внутри за счет обдува воздухом, т.е. генератор открытый, а отсюда – высока возможность попадания пыли и мелких частиц.

Синхронный генератор – тип генератора, который способен кратковременно выдавать ток в 3-4 раза выше номинального, они рекомендованы для питания реактивных нагрузок с высокими пусковыми токами. Также синхронные генераторы оптимальны для подключения оборудования с высокими стартовыми токами. Это электродвигатели, насосы, компрессоры, дисковые пилы и прочий электроинструмент. Для подключения сварочных аппаратов также желательно использовать электростанции с синхронными генераторами.

Асинхронный генератор. Генераторы асинхронного типа имеют малую чувствительность к короткому замыканию и высокую степень защиты от внешних воздействий. Цена генераторов такого типа ниже, что является еще одним плюсом. Однако, асинхронные генераторы менее распространены из-за ряда недостатков: ненадежность работы в экстремальных условиях; зависимость напряжения и частоты тока от устойчивости работы двигателя; при подключении реактивной нагрузки (электродвигатели) необходим запас по мощности в 3-4 раза; перегрузка генератора чревата выходом из строя.

Асинхронный генератор – генератор, который можно использовать только с приборами не имеющими высоких стартовых токов и устойчивыми к незначительным перепадам напряжения. Рекомендован для питания активных нагрузок (лампы накаливания, электроплиты, теплотехника и т.п.).

Инверторные генераторы. Это наиболее современный вид генераторов. Собственно это не новый тип, а конструктивное усовершенствование традиционного генератора. Дело в том, что выдаваемое обычным генератором напряжение далеко от идеала, хотя выдаваемое напряжение и синусоидальное 50Гц, но с высокочастотными искажениями (см. рисунок). Такие помехи могут отрицательно сказаться на работе «тонких» потребителей, например:

- компьютеры, телевизоры и другие мультимедийные и электронные устройства;
- охранная сигнализация;
- электроинструменты с регулируемым числом оборотов;
- газоразрядные лампы (возможно мерцание).

Инверторные цифровые электростанции снабжаются специальным микропроцессорным блоком стабилизации напряжения, в котором вырабатываемый генератором переменный ток сначала преобразуется в постоянный, после чего максимально стабилизируются колебания напряжения, а затем постоянный ток инвертируется в переменный. Благодаря электронной регулировке, лежащей в основе инверторного блока, на выходе получается переменный ток высокого качества промышленной частоты. Эти генераторы также обладают рядом других преимуществ по сравнению с обычными при одинаковой мощности:

- экономия топлива на 15...30% за счёт электронной системы зажигания и регулировки оборотов двигателя;
- увеличенное время работы до дозаправки;
- легкий пуск двигателя без дополнительных настроек в течение всего периода эксплуатации;
- возможность управлять работой электростанции при малой нагрузке за счет наличия функции перехода двигателя в экономичный режим;
- возможность работы в непосредственной близости от рабочих мест за счет пониженного уровня шума;
- высокая экологичность за счёт низкой концентрации выброса вредных веществ при высокоэффективной системе сгорания топлива.



5. Как подобрать генератор?

Выбор генератора зависит от многих параметров. Основные из них: мощность (зависит от суммарной мощности нагрузки и ее типа); тип двигателя генератора или топливо; место установки генератора (в помещении, на открытой площадке, температурные условия и пр.); условия и назначение применения (для постоянного энергоснабжения, для разового использования, как резервный источник и пр.); состав и характер потребителей, которые будут подключаться к автономному источнику электроэнергии.

5.1. Типы потребителей

Нагрузки (электроприборы, которые подключается к генератору) можно разделить на две основные группы – **активные (омические)** и **реактивные (индуктивные)**.

Активные потребители преобразуют всю потребляемую электроэнергию в свет или тепло (чайники, утюги, лампы накаливания, электроплиты, обогреватели и т.п.). При включении их не возникает пусковых токов, т.е. потребление ими в момент включения не превышает уровня нормального эксплуатационного режима работы ($\cos \varphi = 1$). С расчетом мощности генератора для активных нагрузок все относительно просто: суммируем мощности всех активных потребителей и добавляем запас 10...20%.

Пример. Если потребительская нагрузка 20 лампочек накаливания по 100 Вт, то мощность генератора должна быть $20 \cdot 100 \cdot 1,15 = 2300$ Вт, т.е. 2,3 кВт.

Реактивные потребители имеют в составе своей конструкции катушки индуктивности (электродвигатели, трансформаторы и т.п.) и/или конденсаторы, которые на момент запуска потребляют энергии в несколько раз больше, чем во время основной работы (номинальная мощность). Пусковые токи могут достигать таких значений, что потребление мощности может возрасти в 2...7 раз. Примеры нагрузок, обладающей реактивной составляющей: холодильники, дрели и др. электроинструменты, кондиционеры, микроволновые печи, садовая техника, компрессоры, насосы и т.п. В таких нагрузках часть энергии превращается в тепло (активная составляющая), а часть тратится на образование электромагнитных полей (реактивная составляющая).

При запуске двигателя кратковременно возникают пусковые токи. Пусковой ток возникает на очень короткий промежуток времени (доли секунды), но может в несколько раз превышать номинальное значение. В разных приборах пусковые токи могут достигать значений в несколько раз выше номинального. Самый тяжелый запуск у погружных насосов. У погружного насоса нет фазы холостого хода. Значение пусковых токов у погружных насосов достигает 7-кратного превышения от заявленного в паспорте номинального тока. К сожалению, пусковой ток невозможно измерить обычными бытовыми приборами. Бытовые измерительные приборы слишком инерционны и не успевают отреагировать на очень кратковременный всплеск пускового тока.

К сожалению, многие производители не указывают данный параметр в своих спецификациях, поэтому приходится пользоваться ориентировочными значениями. Например, весьма приблизительные данные по коэффициентам пусковых токов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты пусковых токов

Активные потребители	Телевизор	1
	Кухонная плита, кофеварка	1
	Тепловой обогреватель	1
	Утюг	1
	Освещение	1
Реактивные малонагруженные потребители	Компьютер, оргтехника	1,5
	Микроволновка	2
	Кассовый аппарат	2
	Шлифовальная машина, пила, рубанок	2
	Пила, рубанок	2
	Стиральная машина	3
	Дрель, перфоратор	3
	Холодильник, морозильник	3
Кондиционер	3	
Реактивные нагруженные потребители	Бетономешалка	3,5
	Насос	5
	Компрессор	5
	Погружной насос	7

Отдельно стоит вопрос об использовании генераторов для сварки. Сварочный аппарат – весьма специфический потребитель, для которого характерно наличие высоких пусковых токов, но не в результате запуска электродвигателя, а за счет кратковременного короткого замыкания, возникающего при возбуждении сварочной дуги. Поэтому для выполнения автономных сварочных работ рекомендуется использовать специальные **сварочные генераторы**. Они выпускаются как для сварки переменным током (АС), так и постоянным (DC). Такие генераторы специально сконструированы и адаптированы для таких работ, они имеют защиту от короткого замыкания. Если все-таки необходимо использовать имеющийся генератор для кратковременного подключения его к сварке, то его мощность должна быть в 5 раз выше мощности потребляемой сварочным аппаратом. Подключение других потребителей в процессе сварки не допустимо.

5.2 Расчет мощности генератора

Перед тем как выбрать генератор, необходимо определить, для каких целей он необходим, т.е. определить, какую нагрузку предполагается к нему подключать.

При расчете мощности для реактивной нагрузки пользуются мерой реактивности называемой $\cos \varphi$. Этот показатель часто указывается в паспорте прибора и указывает какая часть потребляемой энергии активная, а какая реактивная. Например, $\cos \varphi = 0,8$ - это значит, что 80% потребляемой энергии - активная, 20% — реактивная. В паспорте прибора обычно указывают активную потребляемую мощность и $\cos \varphi$. Для расчета полной мощности необходимо указанную активную мощность разделить на $\cos \varphi$.

Пример: на дрели указано $P=600$ Вт, $\cos \varphi = 0,8$. При расчете используют формулу $P/\cos \varphi$. Полная мощность рассчитывается: $600/0,8=750$ Вт.

Для более точного расчета необходимо учитывать и $\cos \varphi$ самого генератора. Если он равен 0,85, то необходимо полную расчетную мощность прибора разделить на $\cos \varphi$ генератора.

Пример: $750/0,85=882$ Вт. Т.е. для нормальной работы дрели с характеристиками $P=600$ Вт, $\cos \varphi=0,8$ и генератора с характеристикой $\cos \varphi=0,85$ минимальная мощность генератора должна составлять 880 Вт. или 0,88 кВт.

На этом, казалось бы, можно и остановиться при выборе генератора, но необходимо учитывать еще один параметр — пусковой ток. Двигатель в момент включения потребляет энергии в несколько раз больше, чем в номинальном рабочем режиме (см. п.5.1). Если не учитывать данный параметр, то ваш генератор может в лучшем случае не запуститься, а в худшем — выйти из строя. Для расчета мощности генератора для запуска дрели необходимо рассчитанную выше мощность умножить на коэффициент равный 3.

*Пример: 880 Вт*3,5 = 3080 Вт.*

Итак, мы рассчитали мощность генератора, необходимого для работы нашей дрели мощностью 600 Вт, и получили генератор мощностью 2,5-3 кВт.

В случае с дрелью, которую необходимо периодически включать и выключать, не рекомендуется подключать дополнительную нагрузку на время ее работы. В случае если используется реактивная нагрузка, которая работает в длительном режиме без отключения, то после запуска двигателя и выхода его на номинальный режим (пусковые токи образуются на доли секунды) можно смело использовать свободную мощность генератора для подключения активной нагрузки.

ПРИМЕР: генератор 2,5 кВт питает освещение в доме и на участке - 10 лампочек накаливания по 100 Вт. Вам необходимо запустить бетономеситель номинальной мощностью 0,7 кВт. Свободная мощность генератора в работающем состоянии с подключенной нагрузкой (освещением) составляет 1,5 кВт. Для запуска бетономесителя потребуется 2,6 кВт. Поэтому для нормальной работы генератора необходимо отключить всю нагрузку (освещение), запустить бетономеситель и после этого включить осветительные приборы. Если установить генератор мощностью 4 кВт, то бетономеситель можно запускать и при включенном освещении.

Приведенным алгоритмом расчета можно пользоваться в простейших случаях. В случаях, когда имеет место множество разнородных потребителей, необходимо обращаться в специализированные предприятия, которые выполняют работы по расчету и подключению нагрузки.

5.3. Выбор типа электростанции

Рекомендации по выбору типа двигателя приведены выше (п. 3).

Выбор типа генератора зависит от многих факторов. Если необходимо питание чувствительных к искажениям напряжения потребителей, надо использовать инверторные генераторы (или генераторы DUPLEX). При этом мощности инверторного генератора может не хватить (в настоящее время выпускаются только маломощные инверторные станции до 7 кВт), тогда, установив мощную электростанцию, можно чувствительные потребители подключить через стабилизатор напряжения. Если предполагаются сварочные работы лучше применять сварочные

генераторы.

Что выбрать: однофазную или трехфазную электростанцию? Какая электростанция лучше? Опять-таки все зависит от потребителей, от того, какова схема энергоснабжения объекта. При этом надо понимать:

- Трехфазная и однофазная электростанции — это разные устройства, каждое со своими особенностями и условиями работы. Невозможно четко дать ответ, какая из них лучше. Каждая — для своей ситуации.

- Трехфазная электростанция создана для того, что бы обеспечивать энергией трехфазных потребителей, а в отдельных случаях для того, что бы обеспечивать энергией группу однофазных потребителей, разделённых на три части. При этом очень важно следить, что бы «перекос» нагрузки между фазами не был более 25%.

- Мощность трехфазной электростанции равномерно распределена между фазами. Это означает, что если суммарная мощность трехфазной электростанции составляет 30 кВт, то с каждой отдельно взятой фазы можно получить не более 10 кВт.

- Ни в коем случае не допускается замыкания двух или более фаз у трехфазной электростанции.

А как со стоимостью? Стоимости портативных однофазных и трехфазных генераторов одинаковых мощностей близки, при этом у маломощных станций однофазные несколько дешевле, по мере роста мощности их стоимости сравниваются, и при 8 и более кВт дешевле оказываются трехфазные. Стационарные мощные трехфазные ДГУ всегда и заметно дешевле однофазных. Поэтому портативные трехфазные генераторы применяют там, где без них не обойтись из-за наличия трехфазных потребителей: на стройке, на производстве и т.п.

Трехфазные потребители электричества в загородных домах и коттеджах, а так же в офисах и небольших производствах встречаются достаточно редко. Если на таком объекте отсутствуют трехфазные потребители, и схема основного электропитания проведена по одной линии, то целесообразней использовать однофазную электростанцию с АВР. Схема электроснабжения будет крайне проста, и питание подается через автоматику ввода резерва.

Если к объекту подходят три фазы, при этом все потребители в нем однофазные необходимо зарезервировать все линии. Например, каждая фаза питает отдельный этаж дома, или фазы распределены неравномерно между различными потребителями. Обычно в этом случае устанавливается трехфазная электростанция с трехфазным АВР, но при этом необходим контроль за тем, что бы нагрузка на каждую фазу была равномерна и не превышала одной трети от суммарной мощности электростанции. Возможен и другой вариант с использованием однофазной электростанции и трехфазного АВР. Автомат ввода резерва производит постоянный мониторинг каждой фазы (каждой линии электропитания) и в случае пропадания хотя бы одной переключает суммарную нагрузку на генератор. Но при заметном «перекосе» фаз внешней сети генератор может включаться, даже если напряжение не пропало.

Эти рекомендации являются достаточно общими и при установке мощной ДГУ необходимо исследование, обслуживаемого объекта, специалистом.

5.4. Выбор системы запуска и других опций

Электростанции имеют различные варианты исполнения и опции. Заключительная часть выбора электростанции как раз и состоит в том, что бы определить необходимое дополнительное оборудование и опции.

Прежде всего, необходимо определить, как будет (или должна) запускаться электростанция. Возможны следующие варианты:

- Ручной запуск с помощью шнура. Такой вид запуска бывает на маломощных моделях портативных генераторов. Для запуска такого генератора необходимо быстро и сильно потянуть рукоятку шнура стартера. Данный вид запуска может быть затруднителен для людей, не обладающих достаточной силой.

- **Электростарт.** Для запуска электростанции, оборудованной системой пуска и аккумулятором, достаточно повернуть ключ зажигания (или нажать кнопку) на панели управления. Обычно такой вид запуска выбирается для частого использования. Следует помнить, что любой аккумулятор имеет саморазряд и требует ухода и подзарядки.

- **Автозапуск (АВР).** Данный вид запуска нужен, когда электростанция используется в качестве автоматического резервного источника. Наличие автозапуска означает, что при пропадании напряжения в сети электростанция запустится самостоятельно, а затем отключится, когда напряжения появится вновь. Данный генератор должен подключаться к общей электросети специалистом, он обычно не требует подзарядки аккумулятора, т.к. имеет собственное зарядное устройство.

После выбора типа запуска генераторной установки, необходимо определиться, где она будет установлена. Следует помнить, что любая электростанция, которая снабжена системой АВР, должна быть установлена либо в закрытом (обычно отапливаемом) помещении, либо в контейнере (кожухе) с подогревом. Автоматика автозапуска сработает, если окружающая температура не ниже +5 градусов. В противном случае, электростанция может не завестись автоматически при пропадании напряжения во внешней сети.

Стационарные генераторы имеют три основных варианта установки:

- **Электростанция в открытом исполнении.** Только для работы внутри помещения, имеющего специальный фундамент, систему вентиляции (необходимы специальные жалюзи) и систему отвода выхлопных газов.

- **Электростанция в шумозащитном кожухе.** Используется, когда к электростанции предъявляются требования по шумности или при установке вне помещения для защиты от внешней среды.

- **Электростанция в термоизолированном контейнере** различного исполнения для применения на открытом воздухе зимой, в условия Севера и т.п..

Наконец для эффективного и удобного использования генератора производители предлагают ряд дополнительных опций (не говоря уже о различных кожухах, системах АВР и возможностях выбора панелей управления):

- Дополнительные тележечные комплекты для транспортировки (иногда они могут входить в стандартную комплектацию) или монтаж установки на автомобильном шасси.
- Пульты дистанционного управления.
- Дополнительные автоматы защиты и пульты управления.
- Дополнительные или более эффективные глушители выпуска отработанных газов.
- Увеличенные или дополнительные топливные баки.

Удачного Вам приобретения !