

Эффективные алгоритмы работы гибридно-сетевой солнечной электростанции

Возобновляемая энергетика стремительно развивается во всём мире и в грядущие десятилетия станет основным источником энергии для человечества. Российский рынок микрогенерации также сильно меняется: организации, а также частные домохозяйства всё больше используют «зелёную» энергию, которая позволяет сократить расходы и увеличить рентабельность бизнеса.

Автор: Дмитрий КОНЯЕВ, эксперт компании ООО «Умная Энергия» (г. Краснодар)

Кроме положительных моментов, приведённых во вступлении к статье, с помощью ВИЭ возможно обеспечить энергообеспечение там, где нет промышленной сети или стать полностью автономным и, конечно же, сделать чище и сохранить для потомков нашу уникальную планету. Для этого сегмента рынка компания «Микроарт Про» совместно с компанией «Умная энергия» разработали решение, позволяющее вывести на новый уровень эффективности выработку, накопление и использование солнечной энергии.

Что такое гибридно-сетевая солнечная электростанция?

Гибридные инверторы компании «Микроарт» МАП Hybrid и Dominator, а также новый инвертор МАП Titanator позволяют совместно с почти любым сетевым инвертором реализовать уникальный по функционалу и эффективности формат — гибридно-сетевую солнечную электростанцию (ГССЭ).

ГССЭ состоит из двух подсистем: гибридного батарейного инвертора с АКБ и сетевого инвертора с солнечными панелями. Подсистемы взаимодействуют между собой и каждый компонент выполняет свою задачу:

- 1. Гибридный батарейный инвертор обеспечивает бесперебойность электрообеспечения и реализует систему накопления, подкачки и генерации энергии, а также управление режимами работы системы аккумулирования энергии (Energy Storage Systems, ESS) для её использования в дальнейшем.**
- 2. Сетевой инвертор делает выработку солнечной энергии от солнечных панелей максимально эффективной, а также «докачивает» выработанную энергию во внутреннюю сеть, уменьшая (или сводя**

Для сегмента микрогенерации компании «Микроарт Про» и «Умная энергия» разработали совместное решение, позволяющее вывести на новый уровень эффективности выработку, накопление и использование солнечной энергии

к нулю, если хватает энергии) потребление от промышленной сети. В зависимости от настроек, избытки вырабатываемой энергии направляются на аккумуляторную батарею, используются на другие цели или отдаются в промышленную сеть (если это разрешено).

Такой формат оптимально подходит для небольших гибридных солнечных электростанций мощностью от 8–10 кВт. Для средних и крупных систем он является идеальным, выводя их возможности на совершенно новый уровень.

MPPT-контроллер или сетевой инвертор?

От обычной гибридной солнечной электростанции данное решение отличается тем, что вместо MPPT-контроллера здесь используется сетевой инвертор.

MPPT-контроллеры рассчитаны на относительно низкое безопасное напряжение работы с солнечными панелями — как правило, это 100–250 В, то есть это всего по две-четыре панели, соединённые последовательно, далее мощность наращивается параллельным соединением таких сборок. Но чем выше напряжение на последовательной сборке солнечных панелей, тем выше КПД выработки энергии, при условии, что каждая последовательно подключённая панель обладает высокой отказоустойчивостью.



:: Основные элементы системы



Однофазные сетевые инверторы обычно имеют максимальное напряжение до 600 В, а трёхфазные — до 1000–1500 В. При этом их КПД достигает 98–99%!

Следующий важный аспект — чем выше напряжение, тем меньшее сечение проводов требуется при той же мощности (то есть уменьшается стоимость расходных материалов и монтажа) и тем меньше будут потери на стороне солнечных панелей (Photovoltaics, PV).

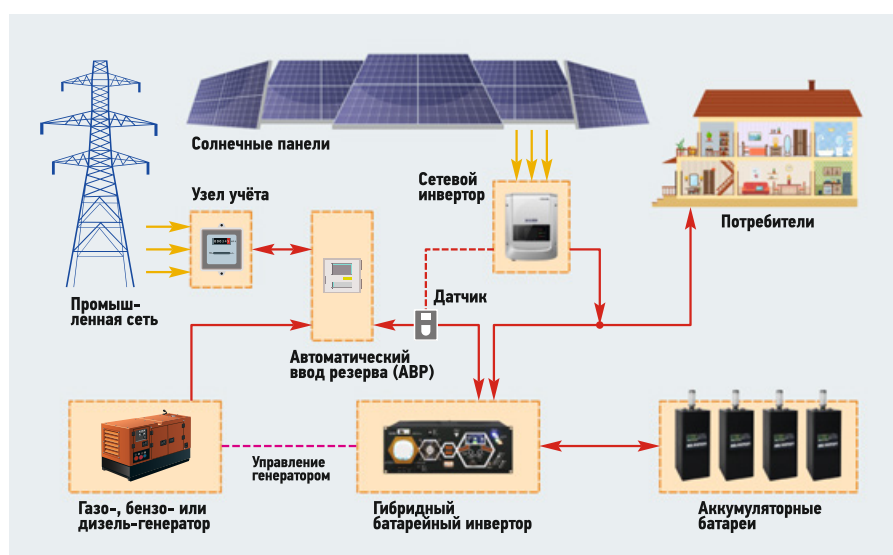
Есть ещё один важный аспект в работе гибридной электростанции, связанный с её архитектурой. Для увеличения эффективности основной часть выработанной от солнца энергии должна сразу потребляться, а накапливаться — значительно меньшая часть. Сетевой инвертор преобразует постоянное напряжение солнечных панелей в переменное сетевое и сразу направляет его на потребление.

MPPT-контроллер тоже имеет свой КПД (98%), но он направляет выработанную энергию (транзитом — минуя АКБ) на низковольтный вход гибридного инвертора (КПД которого 96%), затем гибридный инвертор берёт эту энергию и, преобразуя её в переменное напряжение, направляет на нагрузку. То есть получается два преобразования, общие потери на которых составят $\text{КПД} = 94\% (0,98 \times 0,96)$, что на 4–5% ниже, чем при прямой передаче энергии в сеть от сетевого инвертора.

«Здесь необходимо отметить, что при последовательном соединении большого числа солнечных панелей их общий ток будет ограничиваться одной, самой «слабой» ячейкой в цепочке. И чем выше напряжение, на которое соединены панели, соответственно, тем больше количество ячеек, соединённых последовательно. Это значит, что для сборок панелей на 600 вольт из-за этого возможны большие потери, чем для сборок на 200 вольт. Их можно оценить примерно в один-два процента. Таким образом, общий выигрыш в КПД систем с сетевым инвертором

составляет около трёх процентов», — поясняет Алексей Иванов, инженер-проектировщик компании «Микроарт Про», имеющий 15-летний опыт разработки систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии.

Также отметим, что гибридный инвертор менее эффективно, чем сетевой, «докачивает» энергию в сеть: в силу ряда особенностей устройства и работы гибридный инвертор всегда будет допускать большее потребление от сети (в ряде конфигураций потребителей — значительно большее), чем сетевой инвертор.



■ РИС. 1. Часто применяемая схема гибридно-сетевой солнечной электростанции (ГССЭ)

Итак, если сложить все вышеописанные факторы, использование MPPT-контроллеров (или гибридных инверторов со встроенными MPPT-контроллерами) оправдано только на маленьких гибридных солнечных электростанциях мощностью, как правило, до 8–10 кВт, где на первом месте стоит не эффективность, а стоимость солнечной электростанции. А также в небольших автономных солнечных электростанциях, где основная выработка используется не сразу, а накапливается в АКБ.

При большей же установленной мощности солнечных панелей использование сетевого инвертора становится выгоднее и по цене, причём чем выше мощность, тем больше окажется разница в цене.

Начиная с определённой мощности гибридной системы (от 15 кВт) использование MPPT-контроллеров становится просто бессмысленно из-за не соотносимой с сетевыми инверторами эффективности и стоимости.

Как работает гибридно-сетевая солнечная электростанция?

Одна из наиболее часто используемых схем ГССЭ приведена на рис. 1. Гибридный инвертор всегда располагается между промышленной сетью и резервируемыми потребителями. Через него должна проходить вся нагрузка. При пропадании сети он мгновенно перехватывает потребление и обеспечивает бесперебойное энергоснабжение, выполняя функцию резервной системы. При длительном отсутствии сети гибридный инвертор может управлять газо-, бензо- или дизель-генератором, который будет использоваться только тогда, когда не хватает солнечной энергии и заканчивается запас энергии в АКБ.

Сетевой инвертор располагается во внутренней сети за гибридным инвертором. Таким образом, даже при пропадании промышленной сети он продолжает работу на внутреннюю сеть.

Выработанная солнечными панелями энергия посредством сетевого инвертора направляется прежде всего на покрытие потребления. После того, как потребление полностью скомпенсировано выработкой «солнцем», избытки выработки гибридный инвертор направляет на заряд аккумуляторной батареи.

Когда аккумуляторная батарея полностью заряжена, и нагрузка перекрыта генерацией, но всё ещё есть избытки энергии, система, управляемая гибридным инвертором, в зависимости от аппаратной конфигурации и настроек, может поступить несколькими способами:

1. Включить дополнительные нагрузки, чтобы использовать избыточную энергию, например, на нагрев воды в бойлере, полив, тепловой насос и т.п.

2. Отдать излишки в сеть. Этот вариант возможен, если солнечная электростанция подключена к промышленной сети в соответствии с новым федеральным законом о микрогенерации (Федеральный закон от 27 декабря 2019 года №471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об электроэнергетике” в части развития микрогенерации» и дополнительное Постановление Правительства РФ от 2 марта 2021 года №299-ПП к нему).

3. Ограничить выработку сетевого инвертора, при которой потребление энергии от промышленной сети будет удерживаться на нулевом уровне.

В гибридно-сетевых солнечных электростанциях, сбалансированных для максимального использования выработанной энергии, применяется система аккумуляции энергии (ESS). Дело в том, что, если нет «зелёного» тарифа (как во многих странах, в том числе в России), продавать в сеть энергию невыгодно — её покупают в несколько раз дешевле, чем продают. Поэтому мировая тенденция — стараться накапливать и максимально использовать выработанную энергию.

Гибридный инвертор в течение дня направляет в АКБ избытки солнечной генерации. Когда солнечной генерации начинает не хватать, гибридный инвертор подкачивает недостаток энергии из АКБ на обеспечение потребителей (при большом потреблении, пасмурных днях и т.п.). Ночью система полностью переходит на электроснабжение энергией, запасённой в АКБ. Сетевой инвертор на ночь «засыпает». И пока в АКБ достаточно энергии — потребление от сети держится на минимальном уровне (десятки ватт). Утром, когда сетевой инвертор «проснётся» и возобновится выработка от солнечных панелей, энергия снова будет направляться на заряд АКБ — и этот цикл повторяется каждый день.

Если ГССЭ имеет значительные избытки солнечной генерации, и при этом нет необходимости в отдаче излишков в сеть, она может перейти в автономный режим, автоматически отключившись от промышленной сети. При этом, если наступят пасмурные дни и солнечной гене-

рации будет не хватать, а выделенные запасы АКБ будут использованы, гибридный инвертор автоматически подключит систему к промышленной сети.

Когда вновь появятся избытки генерации, то после заряда аккумуляторной батареи система опять перейдёт в автономный режим. В правильно спроектированных для данного режима системах подключение к сети происходит только в продолжительное пасмурное время, в основном в зимний период.

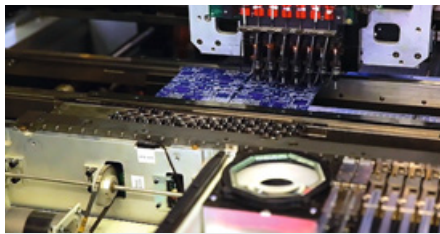
ГССЭ отлично подходит для задач автономного электроснабжения. В таком режиме опорным синусом для сетевого инвертора выступает гибридный инвертор, который также управляет сетевым посредством частотного редуктора (он изменяет частоту сети, что заставляет сетевой инвертор уменьшать выработку, если избытки генерации некуда использовать). В качестве «сети по требованию», когда будет недостаточно солнечной генерации и разрядится АКБ, гибридный инвертор автоматически заведёт газо-, бензо- или дизель-генератор, зарядит аккумулятор-

ную батарею и так же автоматически отключит генератор. При необходимости цикл повторится.

Для небольших систем можно также использовать отдельный блок с небольшим количеством панелей и МРРТ-контроллером — он будет нужен для запуска ГССЭ, если генератор по каким-то причинам не завёлся и аккумуляторная батарея разрядилась ниже старта генерации (однако в этом нет необходимости, если устанавливается соответствующий блок защиты, автоматически отключающий/запускающий систему).

ГССЭ для организаций

ГССЭ идеально подходят для фермеров, коммерции, производства. Как правило, для таких объектов используются сетевые солнечные электростанции без накопления энергии. Но в любой подобной организации есть группы критичных потребителей, требующих бесперебойного электроснабжения: это могут быть офисы, ИТ-инфраструктура, системы отопления, сложные станки и т.д., и т.п.



«Микроарт Про» реализовала множество уникальных проектов в сфере микрогенерации

Для таких организаций гибридно-сетевая солнечная электростанция даёт возможность реализовать много различных схем экономии, накопления и использования солнечной энергии. Например, часто используется такая схема работы: вся сеть предприятия делится на два сегмента — резервируемый и нерезервируемый. Все критичные потребители находятся в резервируемом сегменте, который расположен за гибридными трёхфазными инверторами. Здесь же установлены и трёхфазные сетевые инверторы.

В дневное время вырабатываемая сетевыми инверторами электроэнергия вначале направляется на покрытие потребления резервируемых потребителей. Как только появляются избытки, они начинают перенаправляться сквозь гибридные батарейные инверторы в нерезервируемый сегмент и покрывают энергопотребление в нём.

При этом гибридные батарейные инверторы отправляют часть протекающей через них «реверсной» энергии на заряд аккумуляторной батареи. Причём нагрузка на сетевом инверторе автоматически симметрируется (выравниваются фазные напряжения и нагрузки, устраняется «перекося фаз»), и он всегда выходит на полную мощность. *(Дело в том, что потребление по трём фазам всегда несимметрично, а выработка трёхфазных сетевых инверторов всегда симметрична. И если по какой-то фазе выработка сетевого инвертора полностью перекрыла нагрузку, он для предотвращения отдачи в сеть начинает уменьшать выработку, снижая эффективность и окупаемость системы.)*

В вечернее время потребители резервируемого сегмента продолжают электропитание от аккумуляторной батареи, и только после допустимой разрядки АКБ система автоматически переходит на электропитание от промышленной сети.

При пропадании сетевого электричества гибридные инверторы мгновенно перехватывают нагрузку и выполняют электропитание данной группы потребителей за счёт солнечной энергии и АКБ. Если этого не хватает — автоматически заводится газо-, бензо- или дизель-генератор, энергопотребление от которого уменьшается за счёт солнечной генерации.

Выводы

Гибридно-сетевые солнечные электростанции позволяют поднять эффективность солнечных электростанций на новый уровень. Инверторы компании «Микроарт Про», имеющей почти 30-летний опыт производства уникального оборудования для возобновляемой энергетики, отлично подходят для таких систем, благодаря низкочастотной архитектуре и специально разработанному программному обеспечению.

В области ГССЭ нет типовых решений — под каждую задачу необходимо проектировать свою, максимально подходящую конфигурацию оборудования и функционала, делая использование энергии, вырабатываемой солнечными электростанциями, «умным», эффективным и быстро окупаемым. Поэтому такие проекты требуют выполнения инженерными компаниями, которые имеют высокие уровни компетенций в области разработки, строительства и внедрения систем возобновляемой энергетики.

Компания «Умная энергия» — один из самых быстрорастущих интеграторов в области ВИЭ, имеющий за плечами большое количество сложных проектов и команду высококлассных специалистов, способных решать задачи любой сложности и масштаба. ●

ГИБРИДНО-СЕТЕВОЙ ИНВЕРТОР

NEW

MAP TITANATOR



- Новый улучшенный алгоритм работы с сетевыми инверторами и внешними солнечными контроллерами в составе гибридно-сетевых электростанций.
- Низкочастотная технология: высокая надёжность, возможность работы с тяжёлыми импульсными нагрузками, КПД = 96 %, практически полное отсутствие высокочастотных помех.
- Любые типы внешних АКБ, возможность работы с минимальной ёмкостью АКБ для системы.
- Высокие мощности (до 20 кВт в одном приборе) с возможностью параллельного соединения до 10 приборов — мощность до 200 кВт на одну фазу.
- Параллельная работа в одно- или трёхфазной сети; упрочнение сети.
- Три реле и дополнительные разъёмы, а также датчики дают возможность подключения: генератора с AVR, Wi-Fi-модулей (в том числе для подключения устройств для системы «умный дом»), а также CAN, RS-485, АЦП, I/O-портов.
- Устойчивость инвертора при отключении АКБ (даже при подключённой сети 220 В) и возможность заряжать полностью разряженные АКБ от сети 220 В.
- Приборы на 70 % состоят из отечественных компонентов (в расчёте из стоимости компонентов). Полностью российское производство — завод в Москве.
- Сертификат качества Европейского союза (CE mark) и сертификат соответствия Евразийского экономического союза (EAC).

РОССИЙСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО — ЕВРОПЕЙСКОЕ КАЧЕСТВО



sale@microart.ru

микроарт.пф | inverter.ru | microart.pro