

Применение возобновляемых источников энергии на примере системы телемеханики СТН-3000-Р

Рассмотрены решения по телемеханизации объектов транспорта и добычи природного газа с применением возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на базе солнечных батарей. Анализируются особенности разработки и эксплуатации таких систем на основе систем телемеханики СТН-3000/СТН-3000-Р АО «АТГС» на предприятиях по добыче и транспортировке природного газа ПАО «Газпром».

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечные батареи, системы телемеханики, предприятия по добыче и транспортировке природного газа.

Введение

При практической реализации современных требований ПАО «Газпром» к автоматизации объектов добычи, транспорта и распределения газа часто возникает потребность телемеханизировать крановые площадки магистральных газопроводов, газопроводов-отводов, переходы через железные и автомобильные дороги и газовые скважины. Для этих объектов строительство и последующая эксплуатация стационарных линий электропередач сложны и нецелесообразны по различным причинам. Современное развитие технологии позволяет обеспечивать электропитание оборудования контролируемых пунктов (КП) телемеханики от возобновляемых источников энергии (ВИЭ), прежде всего, от солнечных батарей. АО «АТГС» активно развивает данное направление в рамках систем телемеханики на базе программно-технических комплексов СТН-3000 и СТН-3000-Р (суффикс «-Р» соответствует модификации системы линейной телемеханики (СЛТМ) на базе контроллера СТН-3000-РКУ собственной разработки АО «АТГС» и с применением других компонентов отечественного производства). Разработаны и находятся в промышленной эксплуатации КП с ВИЭ в различных регионах РФ, благодаря чему специалистами АО «АТГС» накоплен большой практический опыт создания эффективных и надежных решений с ВИЭ для автоматизации различных объектов на базе комплексов СЛТМ СТН-3000/СТН-3000-Р.

Применение ВИЭ для систем телемеханики и автоматики является инновационным решением, относительно которого у специалистов по эксплуатации и разработчиков по-прежнему имеется достаточно много вопросов. В настоящей статье на основе опыта АО «АТГС» рассматриваются технические аспекты и особенности создания и эксплуатации КП с ВИЭ, ответы на которые интересуют специалистов в данной области. Отметим, что материал статьи имеет четко выраженную ориентацию на применение ВИЭ, во-первых, в газовой промышленности, во-вторых, для автоматизации территориально-распределенных и удаленных объектов. Возобновляемые источники сегодня начинают широко применяться в различных областях народного хозяйства и для бытовых задач. Целый ряд стран рассматривает увеличение доли генерации электроэнергии ВИЭ (прежде всего, ветрогенераторами и солнечными батареями) как альтернативу «традиционным» источникам энергии. Применение ВИЭ для питания локальных систем автоматики в труднодоступных или неудобных для прокладки линий электропередач районах является отдельной задачей. Способы ее решения и сопутствующие проблемы не всегда схожи с использованием возобновляемых источников для генерации энергии в промышленных масштабах с целью замены угля и природного газа.

Когда следует применять КП с ВИЭ

В современном мире принято считать, что внедрение энергосберегающих технологий и ВИЭ необходимо, прежде всего, для предотвращения загрязнения окружающей среды и изменения климата. Однако использование ВИЭ для питания КП телемеханики вызвано другой ситуацией – невозможностью или нецелесообразностью организации стационарной линии электропередач (ЛЭП) по причине высокой технической сложности прокладки ЛЭП или экономической нецелесообразности затрат на ЛЭП при отсутствии должного числа потребителей. Телемеханика сама по себе потребляет относительно мало энергии, в зависимости от объема автоматизации – порядка 10...200 Вт. Строительство ЛЭП с потенциальной мощностью 100 кВт для снабжения нескольких КП часто представляется достаточно спорным решением. Другая причина – сложность и высокая стоимость выделения участков земли под строительство линии электропередач, что особо характерно для районов с высокой плотностью населения и активной хозяйственной деятельностью, природных заповедников и т.п. Именно в перечисленных случаях рассматривается оборудование КП с ВИЭ. При низком энергопотреблении и отсутствии какого-либо значимого воздействия на окружающую среду со стороны телемеханики экологические вопросы и вопросы стоимости электроэнергии могут считаться малозначительными по сравнению с усилиями и затратами на обслуживание и эксплуатацию КП с ВИЭ.

Контролируемый пункт с ВИЭ является необслуживаемым техническим устройством, как правило, устанавливаемым в удаленных местах. Поэтому при разработке таких КП проектировщик всегда ограничен размерами солнечных батарей и, следовательно, располагаемой мощностью для питания оборудования. Современные технологические решения позволяют установить КП с ВИЭ для контроля и управления крановым узлом одно- или максимум двухниточного газопровода, газопровода отвода, газовой скважины либо куста из нескольких газовых скважин. Для более крупных и технически сложных объектов требуется установка КП с «традиционной» схемой организации электропитания. Питание от ВИЭ также не реализуется для систем электрохимзащиты газопроводов (ЭХЗ, СКЗ), газораспределительных станций, других сложных технологических комплексов. Безусловно, в будущем следует ожидать появление новых технических решений

для преодоления имеющихся ограничений, однако сегодня при проектировании КП с ВИЭ необходимо существенно ограничивать объемы автоматизации.

Таким образом, при современном уровне развития техники ВИЭ следует применять в случаях обоснованной необходимости. Если есть возможность организовать стационарное питание, и цена такого решения представляется разумной, в большинстве случаев следует обеспечить питание 220/380 В и «классический» вариант автоматизации объекта.

Солнечная батарея и другие варианты источников питания

В статье под термином «ВИЭ» фактически рассматривается солнечная батарея (рис. 1), хотя она не является единственно возможным решением, в том числе и для организации электропитания КП телемеханики объектов транспорта и добычи газа.



Рис. 1. Солнечная батарея, применяемая в СТН-3000-Р (справа – вид батареи сзади)

В настоящее время наряду с солнечной батареей распространение получили и другие типы автономных источников. В частности, на совещании ПАО «Газпром» отмечалось, что на объектах магистральных газопроводов ПАО «Газпром» применяются (как в промышленной эксплуатации, так и в качестве опытных образцов) следующие типы автономных источников энергоснабжения:

- солнечные батареи и ветрогенераторы;
- микротурбинные источники энергии малой мощности;
- поршневые электростанции малой мощности;
- метанольные генераторы и термоэлектростанции по эффекту Зеебека;
- источники на базе твердотопливных элементов

(водород, синтезгаз);

- установки на базе свободнопоршневого двигателя Стирлинга;
- системы накопления электрической энергии в составе генерирующего оборудования.

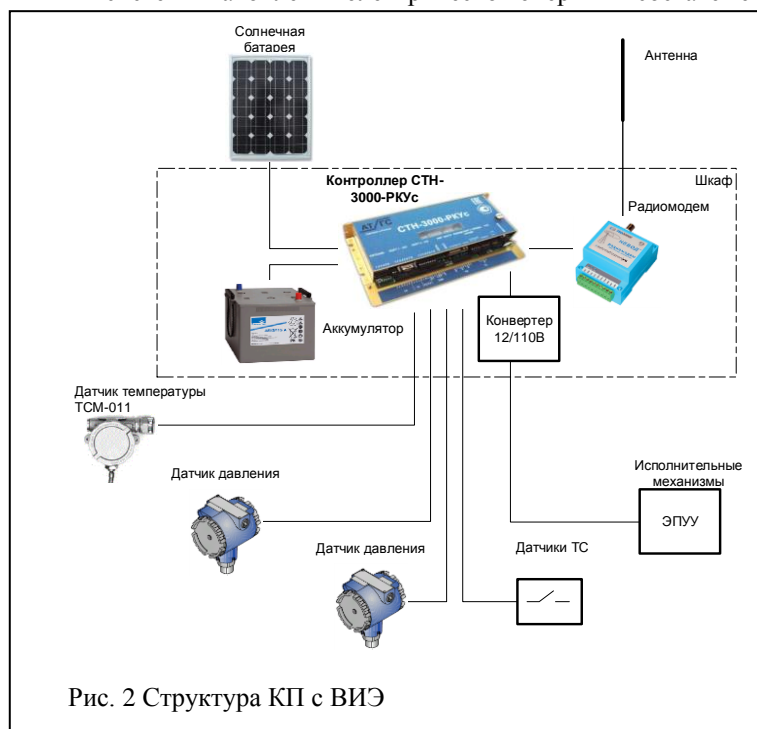


Рис. 2 Структура КП с ВИЭ

Перечисленные технологии являются инновационными разработками, заслуживающими пристального внимания. Однако анализ, проведенный специалистами АО «АТГС», и опыт практической реализации различных образцов КП с ВИЭ показывает, что при сегодняшнем уровне развития и доступности технологий солнечные батареи имеют перед «конкурентами» существенные преимущества [2].

Солнечная батарея является наиболее простым в реализации и недорогим в эксплуатации источником автономного питания. Основными достоинствами автономного источника питания на основе солнечных батарей являются:

- отсутствие движущихся частей;
- отсутствие процессов горения, каких-либо химических реакций, использования вредных и ядовитых веществ;
- сохранение стабильности

характеристик в широком диапазоне температур и в течение длительного времени;

- отсутствие необходимости в сложном обслуживании и расходных материалах;
- понятность и доступность проектировщикам данных об инсоляции для определенного географического района, которая не зависит от конкретного места установки солнечной батареи, за исключением случаев попадания тени на батарею; для ветрогенератора сила ветра в конкретной точке определенного региона определяются опытным путем.

Основным недостатком солнечных батарей является низкий показатель солнечной радиации на территории России, что обуславливает:

- нестабильность выходной мощности во времени (сильно зависит от освещенности);
- необходимость применения солнечных батарей большой мощности, а следовательно, и большой площади;

- наличие периодов времени, в течение которых отсутствует солнечный свет, что обуславливает применение аккумуляторов большой емкости.

АО «АТГС» на производственной площадке в Москве были проведены испытания комбинированной установки ВИЭ, оснащенной солнечной батареей 1,5 кВт и ветрогенератором на 2 кВт. Испытания проводилась в течение года с измерением и сравнением генерируемых мощностей каждой установки. Итоги испытаний показали безусловное преимущество солнечной батареи: для данного места испытаний ветрогенератором было выработано только 3% энергии, 97% пришлось на солнечную батарею.

Структура и состав КП с ВИЭ

Для телемеханизации крановой площадки при отсутствии постоянного электропитания используется контролируемый пункт СТН-3000-Р с ВИЭ (рис. 2) в следующем составе:

- шкаф контролируемого пункта;
- фотоэлектрический модуль (солнечная батарея);
- комплект антенно-фидерных устройств (при беспроводном способе связи, включая связь по GSM).

В шкафу КП на монтажной панели устанавливаются следующие устройства:

- контроллер СТН-3000-РКУс специального исполнения, включающий в свой состав контроллер заряда (в ряде случаев контроллер заряда выполняется в виде отдельного устройства);

- средства беспроводной связи: радиомодем или GSM-роутер;
- клеммы и реле;
- аккумуляторная батарея;
- конвертер 24/110В (при управляющем напряжении блока управления краном 110 В).

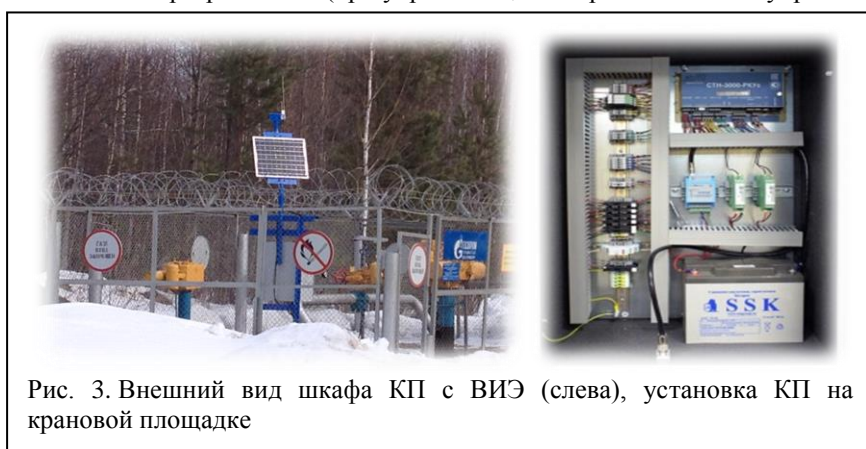


Рис. 3. Внешний вид шкафа КП с ВИЭ (слева), установка КП на крановой площадке

Внешний вид шкафа (с открытой дверцей или установленного на крановой площадке) показан на рис. 3. КП обеспечивает контроль давления газа (2 точки) и температуры газа (1 точка), телеуправление и сигнализацию положения одного крана, а также широкие возможности самодиагностики.

Аналогичный состав оборудования имеет КП телемеханики кустов газовых скважин (КП КГС). Объем автоматизации – контроль дебита,

давления и температуры газа по каждой из скважин куста, а также служебная телесигнализация. При этом телеуправление или телерегулирование на КП КГС не реализуется. В структуре КП на Рис. 4 применяются многопараметрические «интеллектуальные» датчики, одновременно измеряющие несколько параметров. Реализуются варианты с подключением других измерительных приборов.

Особенности реализации КП с ВИЭ

Энергонезависимый КП нельзя получить путем простой замены в обычном КП блока питания от сети 220 В на энергетическую установку с солнечной батареей. Требуется переработать состав оборудования КП, объем автоматизации и алгоритмы его функционирования с целью максимально возможного сокращения энергопотребления.

В центральных, северных и даже южных районах России солнечные батареи способны генерировать достаточно ограниченную мощность. Вследствие этого минимизация энергопотребления всеми возможными способами становится

главной задачей, решение которой предполагает следование определенному набору обязательных правил:

- объем автоматизации должен быть разумно определен и предельно сокращен;
- применяемый контроллер и другое оборудование КП должно иметь минимальное собственное энергопотребление;

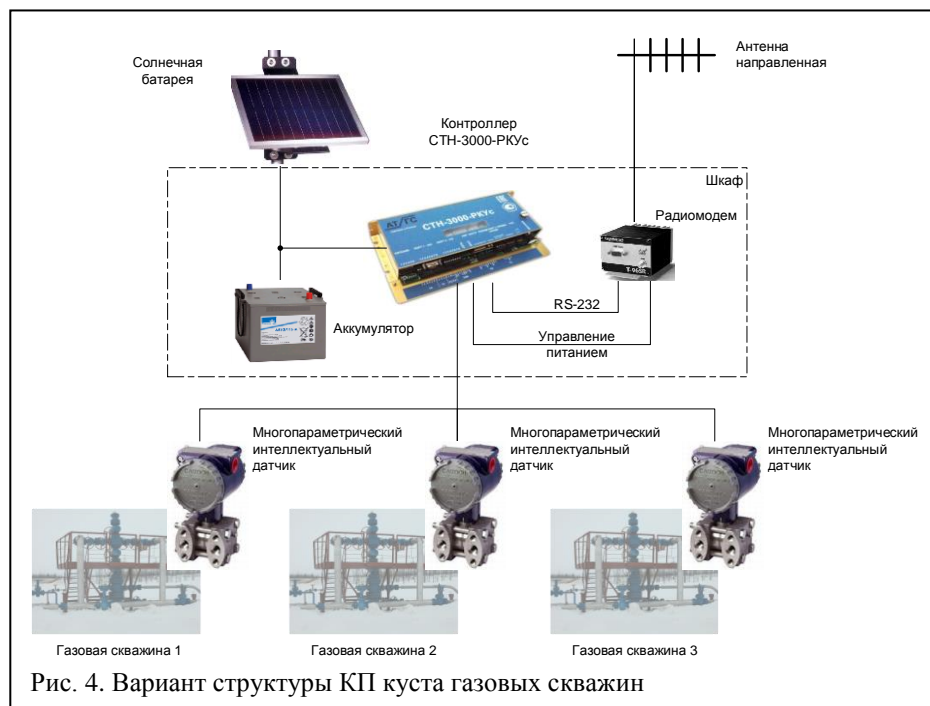


Рис. 4. Вариант структуры КП куста газовых скважин

- программное обеспечение контроллера должно быть также ориентировано на энергосберегающие процедуры обработки данных;
- должны быть полностью исключены внешний обогрев или охлаждение;
- режимы работы оборудования оптимизируются для сокращения энергопотребления;
- особое внимание должно быть уделено режиму работы системы связи, регламенты передачи данных должны быть изменены и оптимизированы с точки зрения экономии энергии;
- датчики и другие приборы должны быть подобраны по минимуму энергопотребления.

Оборудование СТН-3000-Р имеет широкий температурный диапазон для применения на «открытом воздухе» без обогрева - диапазон рабочих температур $-40...70^{\circ}\text{C}$, а в специальном исполнении – от -50°C , что позволяет выполнить требования по исключению внешнего обогрева или охлаждения.

Для минимизации энергопотребления в КП с ВИЭ часто применяется контроллер СТН-3000-РКУс, обладающий высокой производительностью и функциональностью при сверхмалом энергопотреблении и экономном использовании пространства. Контроллер СТН-3000-РКУс выполнен в виде моноблока; специально для применения с ВИЭ имеет в своем составе контроллер заряда батарей. Возможно применение и контроллера СТН-3000-РКУм - более мощного с точки зрения вычислительных возможностей, но и потребляющего больше электроэнергии.

Оптимизация режимов работы оборудования по критерию минимума энергопотребления реализуется средствами программирования, доступными для СТН-3000-РКУ. Важнейшей задачей является оптимизация режимов работы радиомодема (при его применении) – контроллер обладает широким набором функций внешнего управления радиомодемом, включая возможностями перевода его в спящий режим и быстрого «пробуждения». В системах телемеханики кустов газовых скважин снижение энергопотребления радиомодема обеспечивается организацией периодической передачи данных, например, один раз в час. Радиомодем включается на определенный интервал времени в заданные моменты времени. В течение этого интервала пункт



Рис. 5. Система телемеханики кустов газовых скважин Западного купола Северо-Уренгойского ГКМ

управления собирает данные, накопленные КП с момента предыдущего опроса. В системах телемеханики магистральных газопроводов передача информации осуществляется с периодом в несколько секунд, что требует применения источника автономного питания большей мощности. Альтернативным вариантом является отход от стандартного периода опроса и, по согласованию с заказчиком, реализация передачи информации с некоторой задержкой, необходимой для «пробуждения» станции.

Важную роль играет правильный выбор датчиков. Применение датчиков с выходом $4...20\text{ мА}$ для контролируемых пунктов с автономным источником питания является непозволительной роскошью. Для КП с ВИЭ

рекомендуется использовать датчики давления с унифицированным выходным сигналом $1...5\text{ В}$, потребляющие $\leq 2\text{ мА}$. В данном случае общее энергопотребление малого контролируемого пункта, в том числе радиомодема, работающего в постоянном режиме, $\leq 3\text{ Вт}$ (в зависимости от применяемого модема потребляемая мощность составляет $1...3\text{ Вт}$). Другим вариантом обеспечения низкого энергопотребления является применение «интеллектуальных» многопараметрических датчиков, потребляющих ток также порядка 3 мА . При этом «интеллектуальный» датчик обеспечивает одновременное измерение нескольких параметров: перепада давления, давления и температуры.

В большинстве случаев потребляемую мощность КП с ВИЭ удается держать в пределах 10 Вт , что позволяет иметь «разумные» размеры солнечных батарей и емкость аккумуляторов. Увеличение мощности не желательно, однако в ряде случаев необходимо, тогда применяются и солнечные батареи, и аккумуляторы повышенной мощности.



Рис. 6. КП многониточного газопровода

Принципиальным вопросом для обеспечения надежной и длительной эксплуатации КП с ВИЭ является грамотное решение задачи установки оборудования на местности, исключающее попадание тени на солнечные батареи. Особенностью процесса генерации электроэнергии солнечной батареей является критическая зависимость выдаваемой мощности от затемнения даже малой части ее поверхности – при неудачном попадании тени выходная мощность может

уменьшиться почти до нуля. Никакая тень не должна падать на поверхность батареи. При этом деревья и кустарник в нормальных условиях имеют тенденцию к росту в высоту и ширину, а в теплое время года – к появлению лиственного покрова. Если деревья даже какую-то часть года дают тень и их нельзя вырубить, место установки КП следует изменить либо поднимать солнечные батареи над землей для обеспечения безусловного попадания на них солнечного света.

Другой важный вопрос проектирования - строгая ориентация батарей на юг и правильный угол наклона. Проблемы могут возникнуть с углом наклона, если КП проектируется для района со снежными зимами. В этом случае батареи следует устанавливать строго вертикально, что минимизирует налипание и накопление снега.



Рис. 7. КП с ВИЭ в пределах крановой площадки

Наконец, батареи, особенно объединенные в блоки, обладают высокой парусностью, которая при сильном ветре может привести к разрушению конструкции и порче самих батарей. Решением проблемы может стать дополнительное усиление крепежа батарей, разделение блока батарей на небольшие группы с их размещением на отдельных конструкциях и т.п.

Следование перечисленным правилам проектирования КП с ВИЭ и должная проектная привязка КП на местности обеспечат устойчивое энергоснабжение и надежное круглогодичное функционирование системы телемеханики.

Опыт внедрения и эксплуатации КП с

ВИЭ

Работы по созданию КП телемеханики с ВИЭ АО «АТГС» стартовали в начале 2000-х годов. Первыми опытными объектами для отработки таких решений стали кусты газовых скважин (КГС) Заполярного газоконденсатного месторождения (ГКМ) ООО «Ямбурггаздобыча» (в настоящее время – ООО «Газпром добыча Ямбург»). Промышленная эксплуатация КП КГС с ВИЭ началась в 2008 г. на Западном куполе Северо-Уренгойского ГКМ ООО «Газпром добыча Уренгой». Установленные пять КП КГС (Рис. 5) обеспечивали контроль параметров в общей сложности 15 газовых скважин, расчет дебита скважин осуществлялся контроллером КП КГС на основе данных о давлении, перепаде давления и температуре газа, поступающих от многопараметрических «интеллектуальных» датчиков с низким энергопотреблением. Эксплуатация данных КП продолжается и в настоящее время, опровергая тезис о невозможности эффективного применения солнечных батарей в районе Полярного круга.

Опыт автоматизации скважин был расширен на объектах ООО «Газпром добыча Оренбург», где в настоящее время (2022 г.) продолжают работы по внедрению и испытанию новых современных моделей КП газовых скважин с ВИЭ. Здесь используются технологии беспроводной связи с датчиками и системы спутниковой связи ООО «Газпром космические системы».

С 2012 г. КП с ВИЭ внедряются для контроля и управления линейной частью газопровода. В настоящее время более 50 КП с ВИЭ успешно функционируют в ООО «Газпром трансгаз Москва», ООО «Газпром трансгаз Казань», ООО «Газпром трансгаз Чайковский» и ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» для телемеханизации крановых площадок одно- и двухниточных газопроводов и на газопроводах-отводах. Вариант КП для управления многониточным газопроводом представлен на рис. 6.

При этом определенную популярность получили малобюджетные КП с ВИЭ компактного исполнения, устанавливаемые в пределах крановой площадки (Рис.). КП реализуются в общепромышленном исполнении в случаях, когда в пределах границ крановой площадки удается найти зону, в которой допускается установка такого оборудования. Решение влечет существенный экономический эффект – не требуется выполнять дополнительный отвод земли, оборудование уже защищено ограждением крановой площадки.

Выводы и перспективы развития

Опыт эксплуатации КП с ВИЭ в различных регионах России позволил развеять несколько устойчивых и популярных «мифов» о солнечных батареях, которые как превозносят, так и принижают достоинства этого технического решения. К их числу относятся следующие утверждения.

1) «Негативный миф»: солнечные батареи не применимы в северных районах с полярной ночью – опыт эксплуатации КП КГС на Северо-Уренгойском ГКМ говорит об обратном.

2) Еще один «негативный миф»: солнечные батареи привлекут вандалов или будут украдены – в силу сложных причин (которые более уместны в публикации на тему психологии и криминалистики) за 14 лет применения ни одна из батарей не была ни повреждена, ни похищена.

3) «Позитивный миф»: на [почти] любое КП можно поставить комплект питания от солнечных батарей, и оно станет КП с ВИЭ – выше подробно рассмотрено, что только специально спроектированное КП с минимальным энергопотреблением может быть оснащено солнечной батареей.

4) «Экологический миф»: солнечные батареи на КП сохраняют экологию, и в этом причина их применения. КП с традиционной схемой питания не нарушают природную среду, причина применения ВИЭ – невозможность или нежелание по любым причинам организовывать энергоснабжение по стационарной ЛЭП.

5) «Оптимистический миф»: КП с ВИЭ является необслуживаемым, работает по принципу «однажды поставил и забыл». К сожалению, это не так. Аккумуляторные батареи имеют ограниченный срок жизни и должны меняться в зависимости от типа раз в 2...3 года, более современные – реже. Меньших затрат требует контроль загрязненности поверхности солнечной батареи, появления тени, зимой – налипание снега или наледи.

Таким образом, более чем 10-летняя история внедрения и промышленной эксплуатации КП с ВИЭ позволяет сделать выводы о принципиальной применимости данной технологии как на промыслах, так и на магистральных и распределительных газопроводах при обязательном выполнении рассмотренных ограничений и рекомендаций – от минимизации энергопотребления до контроля за состоянием окружающих КП зеленых насаждений.

В заключение отметим, что ключевым фактором, влияющим на использование КП с ВИЭ сегодня и появление новых возможностей завтра, является развития технологии аккумуляторных батарей. Тематика развития и совершенствования аккумуляторных батарей слишком важна и требует подробного рассмотрения в отдельных публикациях. От характеристик батарей, их стоимости, емкости, устойчивости к отрицательным температурам во многом зависят характеристики работоспособности, а также стоимости реализации и эксплуатации КП с ВИЭ, равно как и других технических систем с ВИЭ. Без батарей ВИЭ не может служить единственным источником энергии. Дальнейшее развитие технологии, появление новых современных батарей с относительно низкой стоимостью и устойчивостью к отрицательным температурам может привести к существенному расширению сферы применения КП с ВИЭ и появлению новых решений с высокой функциональностью и экономической эффективностью.

Лавров С.А. - заведующий отделом АСУТП АО «АтлантикТрансгазСистема»

Галкин Д.Е. - Заведующий отделом комплексного проектирования (АО «АтлантикТрансгазСистема»)

Кузнецов А.В. – заведующий отделом проектирования (АО «АтлантикТрансгазСистема»)

Список литературы

1. Буц В.В., Савенков К.Г., Роцин А.В., Лавров С.А. Современные решения и подходы к телемеханизации объектов линейной части. Газовая промышленность. 2021. Спецвыпуск №2 (№818).

2. Бернер Л. И., Горбунов В. Г., Лавров С. А., Роцин А. В. Применение возобновляемых источников энергии в АСУТП добычи и транспорта нефти и газа. Информационные технологии в науке, образовании и управлении: труды межд. конф. IT + S&E`16 (Гурзуф, 22.05-01.06.2016 г) / под. ред. проф. Е.Л. Глориезова. М.: ИНИТ, 2016. Весенняя сессия.