

УДК 620.91:662.97+621.311.24

О.Р. Агапова, директор филиала «ЭлектрогазПроект» ДООО «Электрогаз» ОАО «Газпром»;
С.В. Бондаренко, директор филиала «Афипэлектрогаз» ДООО «Электрогаз» ОАО «Газпром»;
О.А. Горюнов, к.т.н., первый заместитель – главный инженер ДООО «Электрогаз» ОАО «Газпром»;
Н.А. Сингаевский, д.т.н., проф., заместитель директора по науке филиала «ЭлектрогазПроект» ДООО «Электрогаз» ОАО «Газпром», e-mail: n.singayevskiy@egp.elektrogaz.ru; **А.Е. Церковный**, к.т.н., проф., руководитель группы филиала «ЭлектрогазПроект» ДООО «Электрогаз» ОАО «Газпром»;
А.А. Шаповало, соискатель ученой степени, к.т.н., начальник Отдела развития и реконструкции объектов энергетики Управления энергетики ОАО «Газпром»; **П.В. Яцынин**, к.т.н., главный инженер филиала «ЭлектрогазПроект» ДООО «Электрогаз» ОАО «Газпром»

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВДОЛЬТРАССОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ

В статье рассмотрены варианты построения систем электроснабжения вдольтрассовых (линейных) потребителей на магистральных газопроводах с использованием возобновляемых источников электроэнергии – солнечных модулей и ветроэнергетических установок. Даны общие рекомендации по использованию этих источников на объектах ОАО «Газпром».

К основным вдольтрассовым или линейным потребителям электрической энергии на магистральных газопроводах (МГ) относятся крановые площадки, системы электрохимической защиты (ЭХЗ), контролируемые пункты систем телемеханики (КП ТМ), газоизмерительные и газораспределительные станции (ГИС и ГРС) [1].

К характерным особенностям этих потребителей относятся:

- значительная территориальная распределенность вдоль трасс МГ;
- сравнительно небольшой уровень потребляемой мощности, как правило – до 5 кВт. Исключением являются ГРС, где установленная мощность электроприемников может составлять от 1,5 до 25 кВт и более;
- наличие в составе линейных потребителей электроприемников первой кате-

гории, включая особую группу первой категории [2];

- необходимость функционирования зачастую в регионах со слабо развитой и даже отсутствующей энергетической инфраструктурой.

Отмеченные особенности линейных потребителей дают основания для организации их электроснабжения преимущественно децентрализованно – путем применения автономных источников электроэнергии. Практика показывает, что централизованное электроснабжение таких потребителей от местных энергосистем с использованием вдольтрассовых линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 35 кВ или 10(6) кВ связано с большими затратами на строительство и эксплуатацию ЛЭП при низкой эффективности их использования в малонаселенной местности.

В условиях проводимой в Российской Федерации политики энергосбережения при организации автономного электроснабжения следует отдавать предпочтение возобновляемым источникам электроэнергии (ВИЭ), среди которых наибольшее развитие и применение получили солнечные фотоэлектрические батареи (в специальной литературе встречается также такое название этих источников, как солнечные модули – СМ) и ветроэлектрические агрегаты (или ветроэнергетические установки – ВЭУ). Для исключения перерывов в электроснабжении при отсутствии солнца и ветра используют аккумуляторные батареи (АБ) соответствующей емкости. По нашему мнению, разработка систем электроснабжения (СЭС) линейных потребителей на основе ВИЭ в зависи-

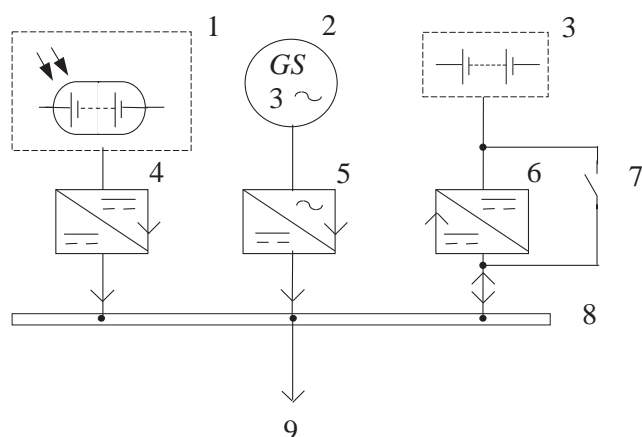


Рис. 1. Функциональная схема САЭ удаленного линейного потребителя малой мощности на МГ

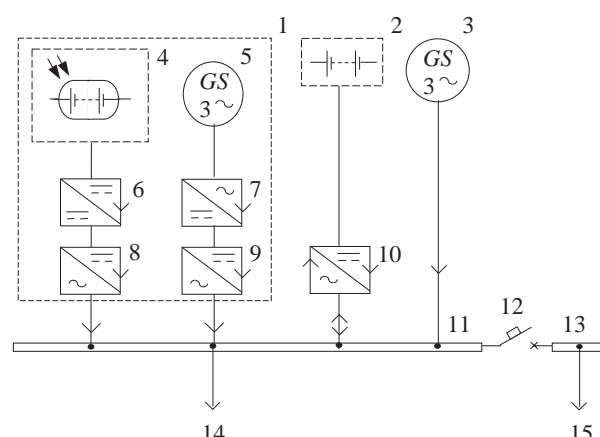


Рис. 2. Функциональная схема САЭ удаленного линейного потребителя мощностью более 2 кВт на МГ

мости от места нахождения и состава электроприемников объекта должна вестись по одному из следующих направлений:

1. Автономное электроснабжение в условиях отсутствия или слабого развития энергетической инфраструктуры, что характерно для удаленных и труднодоступных объектов.

2. Электроснабжение ответственных электроприемников при низком качестве электроэнергии (КЭ) в местной энергосистеме, например при питании вдольтрассовых потребителей от сельских электрических сетей.

3. Электроснабжение вдольтрассовых потребителей на МГ при развитой энергетической инфраструктуре с приемлемым качеством электроэнергии, как это обычно имеет место в промышленно развитых регионах. При реализации первого направления в качестве основного источника питания (ОИП) для всех электроприемников на объекте целесообразно применять комбинацию СМ и ВЭУ. В отдельных случаях для электроприемников малой мощности (до 300 Вт), например для линейных КП ТМ, в качестве ОИП могут применяться только СМ [3].

Электроэнергия от ВИЭ используется для питания электроприемников и зарядки аккумуляторной батареи, которая выполняет функции резервного источника питания (РИП) и должна иметь емкость, достаточную для обеспечения электроэнергией электроприемников первой категории, независимо от наличия первичных энергоресурсов – солнца и ветра. Например, в одном из вариантов системы автономного электроснабжения (САЭ) аккумуляторная батарея емкостью 160 А/ч обеспечивает нормальную работу КП ТМ в течение 72 ч [4].

Функциональная схема системы автономного электроснабжения линейного потребителя малой мощности приведена на рисунке 1.

Солнечные модули 1 и ветроэнергетическая установка 2 через конвертор 4 и управляемый выпрямитель 5 соответственно отдают мощности РСМ и РВЭУ на сборные шины постоянного тока 8. К этим же шинам через контроллер заряда 6 и шунтирующую его цепь разрядки, которая состоит из замыкающих контактов 7 контактора разрядки, подключена аккумуляторная батарея 3. Электроприемники 9 получают электроэнергию от сборных шин на постоянном токе. Конвертор 4 и управляемый выпрямитель 5 необходимы для согласования СМ и ВЭУ с электроприемниками 9 по напряжению, контроллер заряда 6 обеспечивает оптимальный режим зарядки аккумуляторной батареи для увеличения ресурса ее работы, а че-

рез контакты 7 происходит разрядка АБ на нагрузку. Подача напряжения на катушку контактора разрядки (и замыкание контактов 7) производится по команде контроллера заряда 6 после того, как мощность, потребляемая нагрузкой, превысит мощность, поступающую от СМ и ВЭУ. Разрыв цепи разрядки (отключение контактора разрядки от источника питания и размыкание вследствие этого контактов 7) также производится по команде контроллера заряда после снижения напряжения АБ до минимально допустимого уровня.

При наличии на объекте электроприемников переменного тока в состав САЭ должен быть включен инвертор, который на рисунке 1 не показан. Если мощность потребителя составляет 2–5 кВт или отсутствует первичных энергоресурсов (РСМ+РВЭУ = 0) прогнозируется на значительное время, в состав САЭ объекта необходимо вклю-



Фото. СЭС с солнечными модулями ГРС «ГРЭС «Ставропольская»

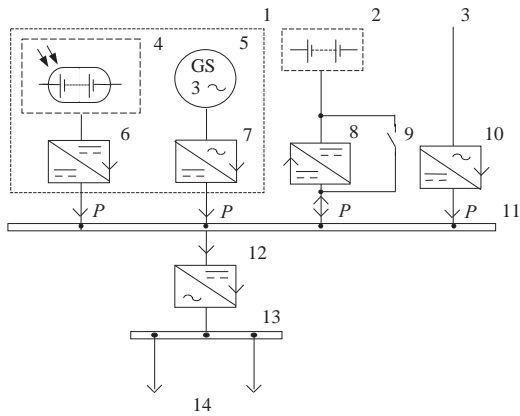


Рис. 3. Функциональная схема СЭС, обеспечивающей требуемое КЭ для вдольтрассового потребителя на МГ

чить аварийный источник питания (АИП) традиционного типа. Для ГИС и ГРС это может быть микротурбинная установка, работающая на газовом топливе, или газопоршневой агрегат, для остальных потребителей – дизель-генератор. При этом в аварийном режиме целесообразно рассмотреть возможность отключения электроприемников второй и третьей категории на время, допускаемое технологическими процессами, которые эти электроприемники обеспечивают.

Функциональная схема САЭ переменного тока для рассмотренной ситуации изображена на рисунке 2.

В качестве основного источника питания 1 используются солнечные модули 4 совместно с ветроэлектрической установкой 5. Контроллер заряда 6 и управляемый выпрямитель 7 совместно с инверторами 8 и 9 должны обеспечивать подачу электроэнергии требуемого качества от ВИЭ на сборные шины переменного тока 11 для питания электроприемников первой категории 14, а также второй и третьей категории 15. При этом секционный выключатель 12 должен быть включен. В качестве РИП в данной САЭ, так же как и в предыдущем варианте, используется аккумуляторная батарея 2, подключенная к секции шин 11 через двунаправленный преобразователь (выпрямитель-инвертор) 10.

Аккумуляторная батарея подключается к питанию электроприемников после того, как окажется недостаточной мощность ($P_{СМ} + P_{ВЭУ}$), поступающая от ВИЭ. При этом возможен вариант отключения электроприемников второй и третьей категории 15 с помощью секционного выключателя 12, чтобы увеличить время питания электроприемников первой категории 14 от АБ.

После того как напряжение АБ в процессе разрядки снизится ниже уставки минимально допустимого значения, должен включиться АИП для обеспечения питания электроприемников 14 и 15 (выключатель 12 при этом должен быть включен) и зарядки АБ через преобразователь 10, работающий в этом случае в режиме зарядного выпрямителя.

Работа АИП должна продолжаться до тех пор, пока полностью не зарядится АБ и ВИЭ не начнут отдавать на шины 11 такую мощность, что окажется справедливым неравенство $P_{СМ} + P_{ВЭУ} > P_{14} + P_{15}$. При этом АИП перейдет в режим холостого хода. Перевод питания электроприемников на АБ после ее зарядки, но до того, как ВИЭ выйдут на указанный режим работы, нецелесообразно по экономическим соображениям. Опытная эксплуатация СЭС с СМ на ГРС «ГРЭС «Ставропольская» (фото) показала, что питание электроприемников непосредственно от АИП требует меньше топлива, чем в варианте предварительного накопления энергии от АИП в АБ и последующей ее отдачи электроприемникам. В этом случае начинают проявляться потери энергии как в АБ, так и в выпрямителе-инверторе 10. Эти потери превышают 35% от энергии, которая поступает от шин 11 на преобразователь 10 в процессе зарядки аккумуляторной батареи.

Пример СЭС, в которой реализовано второе направление обеспечения электроэнергией линейных потребителей, представлен функциональной схемой на рисунке 3.

Требуемое качество электроэнергии на сборных шинах 13, от которых питаются электроприемники переменного тока 14, должен обеспечивать инвертор 12, подключенный по входу

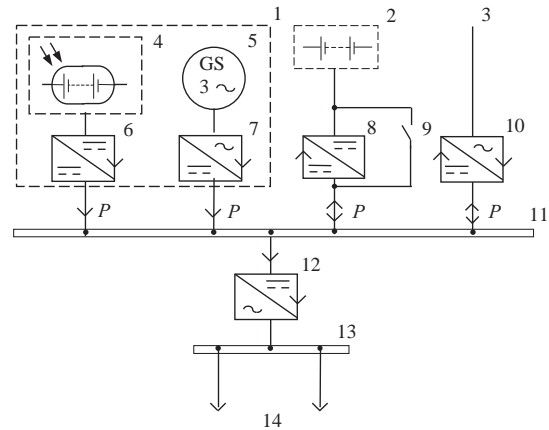


Рис. 4. Функциональная схема СЭС линейных потребителей на МГ при качественной местной сети

к сборным шинам постоянного тока 11. Электроэнергия на шины 11 может поступать:

- от ВИЭ – через конвертор 6 и управляемый выпрямитель 7;
- от АБ – по цепи разрядки после замыкания контактов 9;
- от местной сети 3 через управляемый выпрямитель 10.

Зарядка АБ обеспечивается контроллером заряда 8 от шин 11.

В случае когда СМ и/или ВЭУ развивают достаточную мощность, взаимодействие преобразователей энергии 6, 7, 8, 10 между собой и с аккумуляторной батареей должно осуществляться так, чтобы нагрузка получала питание через инвертор 10 от СМ и/или ВЭУ, аккумуляторная батарея находилась в буферном режиме, а местная сеть по отношению к шинам 11 находилась в режиме холостого хода ($P_{С} = 0$). Тем самым будет обеспечено снижение затрат на оплату электроэнергии от энергосистемы.

При недостаточной мощности СМ и ВЭУ ($P_{СМ} + P_{ВЭУ} < P_{12}$) питание нагрузки и поддержание буферного режима АБ должно обеспечиваться местной сетью. Данный режим должен сохраняться до тех пор, пока вследствие плохого качества электроэнергии в сети напряжение на выходе выпрямителя 10 не снизится до такого уровня, при котором по команде контроллера заряда 8 замкнутся контакты цепи разрядки 9 и АБ перейдет в режим разрядки на электроприемники 14 через инвертор 12. Подобные снижения могут быть эпизодическими. После каждого восстановления напряжения на выходе выпрямителя 10 питание нагрузки должно переводиться на сеть ($P_{С} > 0$), контакты 9 должны размыкаться, а аккумуля-



**Инновационные решения в области
пожарной безопасности
для нефтегазового комплекса**

торная батарея – переходить в режим зарядки от сети через контроллер заряда 8. Если заряд АБ не восстанавливается и в конечном итоге ее напряжение вследствие разрядки достигнет значения уставки по минимальному значению, контроллер заряда должен отключить АБ.

Функциональная схема СЭС линейного потребителя на МГ при наличии качественной местной сети представлена на рисунке 4.

Главной особенностью данной схемы является возможность сбрасывания в местную сеть 3 избытка мощности, генерируемой возобновляемыми источниками электроэнергии 4 и 5, по отношению к той мощности, которую потребляют от сборных шин 11 инвертор 12 и контроллер заряда 8 при зарядке аккумуляторной батареи 2. Контакты 9 цепи разрядки АБ при этом разомкнуты.

Такой режим взаимодействия ВИЭ с местной сетью обеспечивается включением на вводе от сети 3 двунаправленного преобразователя электрической энергии 10. При этом местная сеть может использоваться не только в качестве РИП постоянного включения по отношению к электроприемникам и АБ, но и в качестве нагрузки по отношению к ВИЭ. Величина и направление потока мощности P_c зависят от интенсивности работы ВИЭ. Очевидно, что в этих условиях аккумуляторная батарея выполняет роль аварийного источника питания, вступающего в действие при замыкании контактов 9 после снижения мощности ВИЭ и отключения внешнего ввода, когда $PCM+PBЭУ+P_c < P12$.

Выводы

1. Разработка систем электроснабжения (СЭС) линейных потребителей на основе ВИЭ должна производиться

с учетом местоположения объекта, состава и мощности его электроприемников, а также уровня развития энергетической инфраструктуры в регионе.

2. Выбору схемы по рисунку 1 или по рисунку 2 должен предшествовать анализ состава электроприемников по их требованиям к роду входного тока. В случае преобладания электроприемников постоянного тока предпочтение следует отдать первой схеме. Если доминируют электроприемники переменного тока, то выбор должен быть сделан в пользу схемы по рисунку 2.

3. Схема по рисунку 1 может быть использована в качестве составной части схемы по рисунку 2, если сборные шины 8 постоянного тока по рисунку 1 подключить к сборным шинам 11 переменного тока по рисунку 2 через инвертор, как это имеет место в СЭС по рисункам 3 и 4. При этом необходимость в одном из инверторов (8 или 9 – рис. 2) отпадает.

4. СЭС по рисунку 3 позволяет обеспечить работу электроприемников от местной сети с низким качеством электроэнергии и уменьшить величину потребления электроэнергии от этой сети за счет работы ВИЭ: если текущая мощность ВИЭ оказывается больше мощности, которая потребляется электроприемниками объекта, то потребление от сети падает до нуля. Соответственно, уменьшается до нуля и оплата «внешней» электроэнергии.

5. В системе электроснабжения по рисунку 4 обеспечивается возможность использования избыточной мощности, генерируемой ВИЭ, для питания по линии 3 потребителей, подключенных к сборным шинам подстанции (электростанции), от которых получает электроэнергию линия 3.

Литература:

1. Основные научно-технические проблемы развития энергетики в газовой промышленности: Сб. науч. тр. ВНИИГАЗа. – М., 2006. – 214 с.
2. СТО Газпром 2-6.2-149-2007. Категорийность электроприемников промышленных объектов ОАО «ГАЗПРОМ».
3. Рамкулов О.Р., Веркевич В.И., Кротова И.Н. Источник: Промышленный портал 1akz.ru.
4. <http://www.benak.ru/gazpromavtomatizacia/sistemy-telemexaniki/> Информационно-измерительный комплекс «Магистраль-2».

Ключевые слова: вдольтрассовые потребители, система электроснабжения, солнечные модули, ветроэнергетическая установка, аккумуляторная батарея, конвертор, контроллер заряда, инвертор, выпрямитель

Автоматические системы газового пожаротушения (АСГПТ) производства **Группы компаний «Пожтехника»** с применением газового огнетушащего вещества **Novectm1230** (ФК-5-1-12) - это высокоэффективное и безопасное решение для противопожарной защиты объектов любого назначения и степени сложности



на правах рекламы

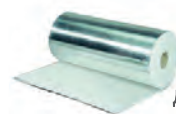
- гарантированно безопасны для человека;
- не воздействуют на структуру защищаемых материалов;
- идеально подходят для защиты любого электротехнического и электронного оборудования – огнетушащее вещество Novectm1230 является диэлектриком;
- по сравнению с аналогами имеют самую низкую стоимость владения – до 30% экономии;
- обладают длительным сроком службы: оборудование – 20 лет; ГОТВ Novectm1230 – 30 лет без регенерации



Термокабель **Protectowire** – линейный тепловой извещатель. Применяется там, где не работают обычные датчики

- экономичен - не требует дополнительного обслуживания, срок службы не менее 25 лет;
- высокая износоустойчивость - устойчивость к влажности, пыли, механическому истиранию;
- не требует дополнительной защиты;
- рекомендован к применению во взрывоопасных зонах;
- прост в монтаже и пусконаладке.

ГК «Пожтехника» - эксклюзивный дистрибьютор Protectowire в России и странах СНГ



3MtmInteramtm - эффективная огнезащита нового поколения для конструкций различного типа

- поглощает тепловую энергию горения, позволяя сохранить целостность и функциональность защищаемых объектов;
- не требует остановки производства на время проведения монтажных работ по огнезащите объектов
- подходит для защиты конструкций любой формы, благодаря гибкости материала и адаптивности к любым конструкциям;
- прост в монтаже и эксплуатации;
- срок службы материала не менее 30 лет;