

Л.И. Бернер

доктор техн. наук, доцент

E-mail: berner@atgs.ru

С.А. Лавров

E-mail: lavrov@atgs.ru

Д.В. Шукин

E-mail: schukin@atgs.ru

(ЗАО «АтлантТрансГазСистема»)

Москва, Российская Федерация

Контролируемые пункты системы телемеханики с питанием от солнечных батарей и ветрогенераторов

При современном уровне автоматизации объектов добычи, транспорта и распределения газа часто возникает потребность механизировать участки магистральных газопроводов, газопроводов-отводов, переходы через железные и автомобильные дороги, газовые скважины, для которых нецелесообразно строительство стационарных линий электропередач. Для подобной цели необходимо эффективное решение по автоматизации в условиях отсутствия подвода постоянного электропитания. «АтлантТрансГазСистема» (АТГС) с 2001 года разрабатывает средства телемеханизации, работающие в подобных условиях. В этих технических решениях используется система телемеханики СТН-3000 производства АТГС, которая зарекомендовала себя высоконадежной системой, способной работать в экстремальных климатических условиях (от -50 до $+70$ °C). СТН-3000 обладает низким энергопотреблением, что является важным при обеспечении работы системы от возобновляемых источников электропитания, при этом, обеспечивая работу по всем возможным каналам связи, подключение любых современных устройств по цифровым интерфейсам, а также удаленную (с пункта управления без выезда на объект) диагностику и конфигурирование оборудования.

Ключевые слова: возобновляемый источник питания; система линейной телемеханики; телеуправление; телеизмерение; телеоперация; теледиагностика; телеуправление; телеизмерение; телеоперация; теледиагностика; телеуправление; телеизмерение; телеоперация; теледиагностика.

L.I. Berner

Doctor of Techn. Sciences, Associate Professor

E-mail: berner@atgs.ru

S.A. Lavrov

E-mail: lavrov@atgs.ru

D.V. Shchukin

E-mail: schukin@atgs.ru

(«AtlanticTransgasSystem» Co. Ltd.)

Moscow, Russian Federation

Controlled Units of Telemetry System with Solar Battery and Wind Generator Sources

At the modern level of automation of gas production, transportation and gas distribution there is a need in the remote control for pipeline sections, pipe-bends, railways, roads, gas wells, etc., which are not appropriate for the construction of stationary power lines. Effective remote control solution that can operate in lack of constant power supply is required for such objective. Since 2001, ATGS is developing a remote control means that can be operating in similar conditions. In these engineering solutions telemetry system STN-3000, developed by ATGS is used. This system has proved to be reliable and capable to operate in severe climatic conditions (from -50 up to $+70$ °C). STN-3000 requires low power consumption which is important when ensuring system's work from renewable sources of power supply, also ensuring functioning of all possible communication channels, connection of any modern devices on digital interfaces, and also remote control (from control unit without departure on object) diagnostics and an equipment configuration.

Keywords: renewable power source; linear remote control system; remote control; remote metering; remote signaling; controlled point; functional composition; solar battery; wind generator.

ведение

Автоматизация распределенных технологических объектов в нефтяной и газовой промышленности до недавнего времени подразумевала оснащение объекта автономным электропитанием. Но в последние годы растущие требования по промышленной безопасности и экономическим

создания систем телемеханики (СТМ), способных работать от источников электропитания, использующих возобновляемые ресурсы (солнечную или ветровую энергию). К этой категории относятся системы телемеханики для кустов газовых скважин (одиночных скважин) газопроводов.

Для использования в СТМ возобновляемых источников энергии необходимо, чтобы она имела широкий

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АСУТП

ного энергопотребления, также необходимо, программное обеспечение СТМ было способно управлять источниками и потребителями энергии оптимальной работы.

Среди возможностей обладает система телемеханики СТН-3000 производства ЗАО «АтлантгазСистема», широко используемая для автоматизированного управления объектами трубопроводного транспорта, добычи, хранения и распределения природного газа, нефти и нефтепродуктов. Существование СТН-3000 зарекомендовало себя как высоконадежной системой, которая может работать в экстремальных климатических условиях (до +70 °С). Система СТН-3000 обеспечивает по всем возможным каналам связи, подключение любых современных приборов по цифровым интерфейсам, а также удаленную (с пункта управления без выезда на объект) диагностику и конфигурирование оборудования. Вместе с тем система телемеханики СТН-3000 обладает низким энергопотреблением, что является важным при обеспечении работы системы от возобновляемых источников питания.

Хорошие характеристики системы телемеханики СТН-3000 подтверждены многочисленными внедрениями в газодобывающих и газотранспортных предприятиях ОАО «Газпром», других газодобывающих компаниях и нефтепродуктопроводах.

Основной причиной для большинства внедрений СТН-3000 является внешнее электропитание ~220 В. В этом варианте возможность исполнения обуславливается меняющейся функциональностью: от простейшей автоматизации однониточного газопровода до сложнейших систем автоматизированного управления (САУ) ГРС и насосных станций.

Как уже говорилось выше, есть целый спектр объектов, для которых подведение внешнего электропитания часто является экономически нецелесообразным. Поэтому на практике практически невозможным (например, из-за отсутствия отвода земли).

В телемеханизации таких объектов для системы СТН-3000 в настоящее время разрабатываются решения, позволяющие работать на возобновляемых источниках энергии.

Унификации схем источников питания можно объединить объекты телемеханизации на группы в зависимости от общего энергопотребления:

до 20 Вт;

от 20 до 200 Вт;

более 200 Вт.

Учитывая, что в любом случае собственное энергопотребление СТН-3000 остается крайне малым, основными потребителями являются технологические устройства, такие как средства связи, датчики, электроприводы, краны, задвижки, устройства охранной сигнализации.

Контролируемые пункты с потреблением до 20 Вт. СТМ куста газовых скважин

Наиболее простым по функциональности является вариант контролируемого пункта для СТМ куста газовых скважин, который обеспечивает:

- измерение давления, перепада давления и температуры по каждой скважине;
- вычисление на их основе расхода газа на скважине;
- передачу технологической и служебной информации;
- управление радиомодемом.

В качестве надежного и простого в эксплуатации возобновляемого источника электроэнергии применяется солнечная батарея, работающая вместе с аккумуляторной батареей.

Одним из основных потребителей электроэнергии является контроллер. В данном случае использован контроллер ControlWave Express с собственным потреблением менее 60 мВт. Модель имеет также встроенный модуль для подключения солнечной батареи, что позволило ей отказаться от отдельного контроллера заряда.

Немалую долю электроэнергии потребляют также датчики. В таких системах обычные токовые датчики 4...20 мА не подходят из-за постоянного потребления тока выше 4 мА. Поэтому для измерения аналоговых параметров применяется современный многопараметрический датчик MVT 3808 с цифровым выходом, имеющий энергопотребление всего 2,85 мА.

Но наибольший выигрыш в энергопотреблении удается достичь благодаря оптимизации режима работы радиомодема, передавая информацию по регламенту. В остальное время радиомодем может быть отключен. Это требует согласования по времени программы опроса КП со стороны пункта управления телемеханикой и программы управления питанием радиомодема, обеспечивая, таким образом, работу радиомодема в моменты обращения к нему.

Нет также системы обогрева, т. к. все используемое оборудование работоспособно при низких температурах.

Баланс энергии приведен в таблице 1.

Таблица 1

Расчет баланса энергии

Генератор/потребитель	Мощность, Вт
Генераторы	
Солнечная батарея	+1,00
Итого вырабатывается	+1,00
Потребители	
КП телемеханики	-0,48
Средства связи	-0,45
Датчики	-0,01

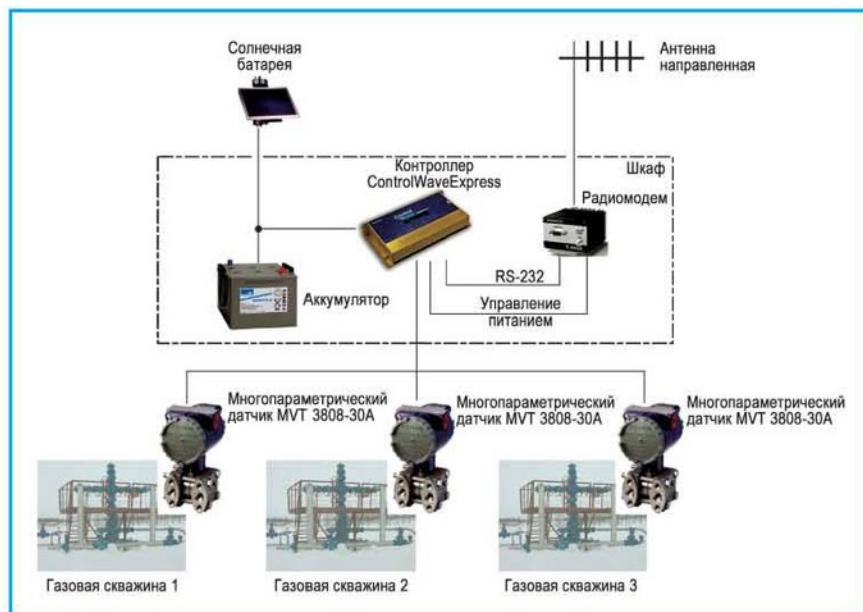


Рис. 1. Структурная схема контролируемого пункта куста газовых скважин



Рис. 2. Контролируемый пункт куста газовых скважин

Данное решение было реализовано в системе телемеханики кустов газовых скважин Западного купола Северо-Уренгойского НГКМ (УКПГ-15) ООО «Газпром добыча Уренгой». Система на базе контролируемых пунктов СТН-3000 с автономными источниками питания включает в свой состав 15 установок измерения дебита скважин, 5 контролируемых пунктов кустов газовых скважин и пункт управления.

Структурная схема одного из КП показана на рисунке 1, а его внешний вид на рисунке 2.

Система успешно эксплуатируется с марта 2008 г. Минимальная температура окружающего воздуха,

зарегистрированная контролируемым пунктом, составляла -52°C . На рисунке 3 представлен совмещенный график напряжения АКБ и температуры за год, позволяющий оценить работоспособность КП в различные периоды, в том числе полярной зимы.

СТМ газопровода

С точки зрения функциональности система линейной телемеханики имеет два серьезных отличия от описанной выше системы телеметрии кустов газовых скважин:

- наличие функции телеуправления линейными кранами;
- непрерывный режим работы системы связи.

Информационная емкость КП линейной телемеханики также оказывается выше.

Указанные обстоятельства требуют использования другого контроллера. Был выбран вариант контроллера ControlWave Micro с платой ЦПУ, работающей на частоте 33 МГц, потребляющей всего 0,1 Вт.

Также применен режим малого тестового тока в модулях дискретного ввода и отключена светодиодная индикация на всех модулях контроллера.

В монтаже находится КП на «0» км газопровода-отвода на предприятии

«Метафракс» (ООО «Газпром трансгаз Чайковский»). Отличительной особенностью является размещение всего оборудования не в блок-боксе, а на специальной металлоконструкции (рис. 4).

В настоящее время на ряде объектов устанавливаются КП СТН-3000 с солнечной батареей, размещаемой внутри крановой площадки.

Так, например, для газопроводов-отводов в Крюковском УМГ ООО «Газпром трансгаз Москва», разместить оборудование КП подобным образом вынудила невозможность отвода земельных участков не только под строительство ЛЭП, но и под

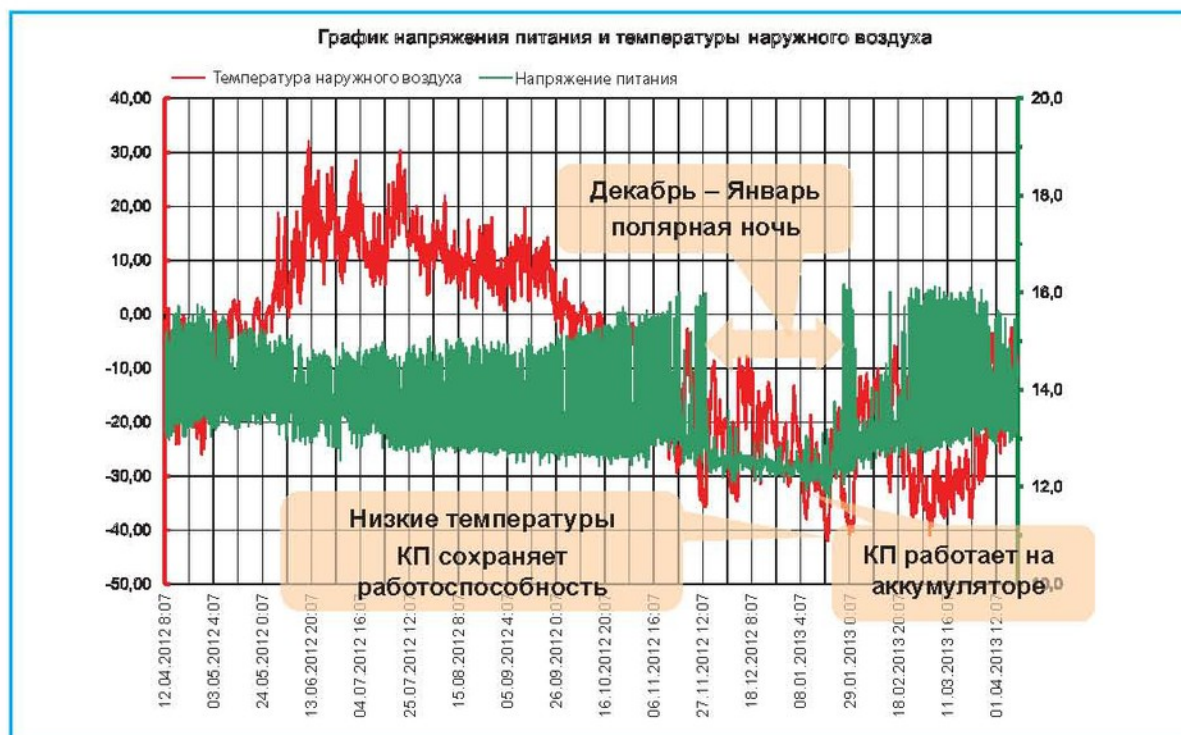


Рис. 3. Графики заряда аккумулятора и температуры воздуха

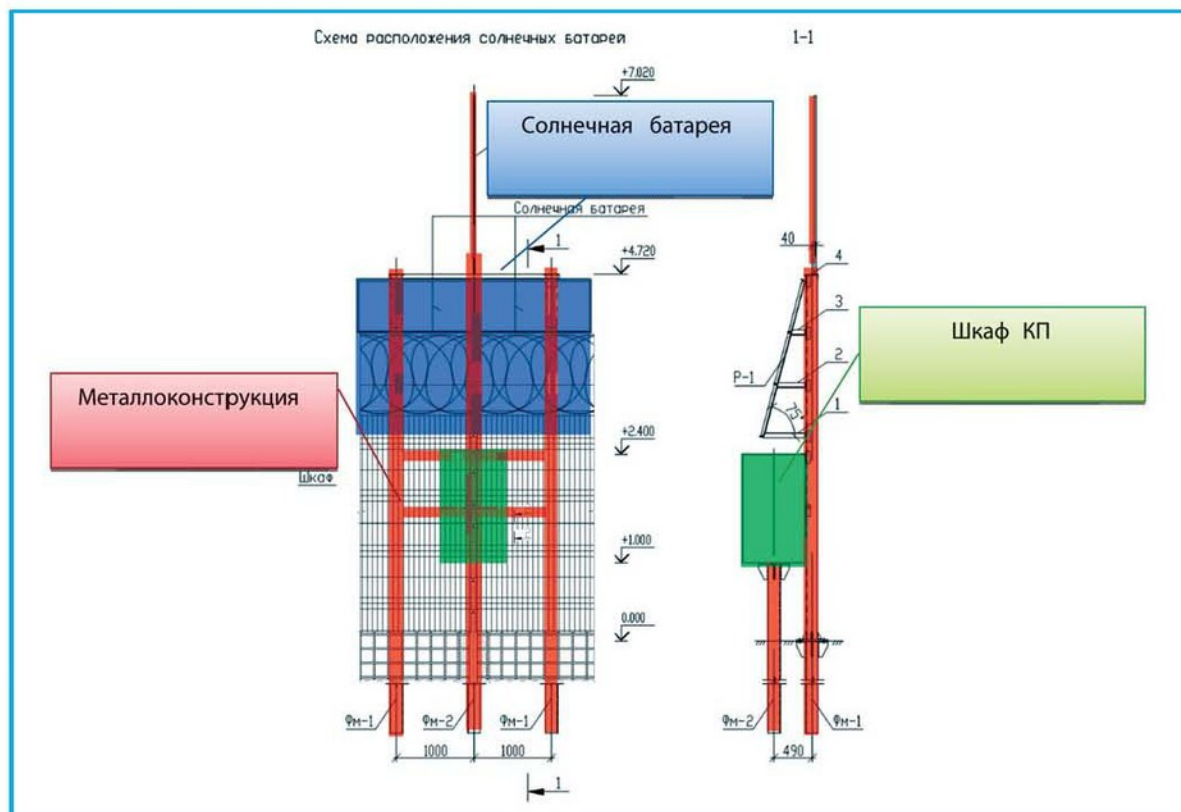


Рис. 4. Размещение КР СТН-3000 на металлоконструкции

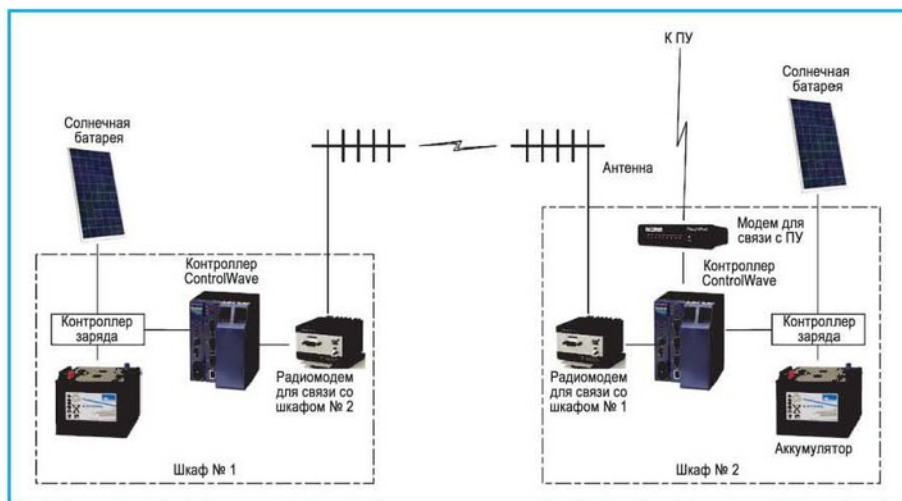


Рис. 5. Структурная схема контролируемого пункта крановой площадки из двух линейных кранов

блок-боксы телемеханики. По этой же причине один из контролируемых пунктов пришлось выполнить в виде двух шкафов: основного и сателлитного, связь между которыми осуществляется по радиоканалу (рис. 5).

Аналогичное КП, но в минимальной комплектации, проходит опытно-промышленную эксплуатацию в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург».

КП обеспечивает:

- телеизмерение давления газа до и после крана, температуры газа после крана;
- телесигнализацию и телеуправление для одного крана;
- передачу информации на пункт управления.

В КП для передачи информации применяются радиомодемы малой мощности, которые интегрируются в существующий на предприятии магистральный канал связи. За счет малого потребления радиомодема, а также за счет уже описанных ранее методов, таких как применение энергоэффективного контроллера ControlWave Express, датчиков с низким энергопотреблением и других, рассчитанная необходимая мощность солнечной батареи составляет всего 50 Вт. Необходимая емкость аккумулятора для бесперебойной работы в течении 15 суток составляет 40 Ач.

Это позволило разместить все оборудование в пыле- влагозащитном шкафу габаритами всего 600×760 мм.

Вся металлоконструкция размещается в пределах крановой площадки с учетом требований по размещению электрооборудования вблизи взрывоопасных зон.

Проведенный экономический расчет показывает, что установка контролируемых пунктов с возобновляемым источником электропитания приводит к снижению затрат за счет уменьшения стоимости поставки материально-технических средств, уменьшения стоимости и сокращения времени монтажа и снижения эксплуатационных затрат.

Контролируемые пункты с потреблением от 20 Вт до 200 Вт

При наращивании функциональности и информационной емкости КП СТМ, оснащении его дополнительными внешними подсистемами общее энергопотребление возрастает настолько, что недостаточно использовать в качестве возобновляемого источника питания только солнечную батарею. Количество требуемых панелей становится настолько велико, что необходимая

для их размещения металлоконструкция получается слишком сложной и дорогой.

Дополнительным источником электроэнергии большей мощности является ветрогенератор, который достаточно популярен в районах с устойчивыми ветрами. Основным достоинством ветрогенератора по сравнению с солнечными батареями является большая вырабатываемая мощность при сохранении относительно малых размеров (промышленностью выпускаются ветрогенераторы номинальной мощностью от 300 Вт до 100 кВт). В то же время ветрогенератор имеет и свои недостатки:

- выходная мощность нестабильна во времени (сильно зависит от скорости ветра);
- содержит движущиеся части;
- требует периодического обслуживания;
- для обеспечения бесперебойной работы оборудования при малых ветрах требуются аккумуляторные батареи большой емкости.

Анализируя недостатки ветрогенераторов, мы приходим к выводу, что только их совместное использование с солнечными и аккумуляторными батареями способно обеспечить требуемую для систем телемеханики надежность электропитания.

Примером такого подхода служит полнофункциональный контролируемый пункт СТН-3000 для куста газовых скважин. Такой контролируемый пункт обеспечивает:

- телеизмерение 4-х аналоговых параметров;
- телесигнализацию и телеуправление для 2-х кранов и/или задвижек;
- телерегулирование приводом клапана, регулирующего дебит;
- управление системой подачи ингибитора.

КП обеспечивает обмен информации с пунктом управления в постоянном режиме.

Также КП является источником электропитания для всех потребителей: электроприводов кранов, задвижек

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АСУТП

регуляторов, системы подачи ингибитора, ультразвукового расходомера, системы видеонаблюдения.

Расчет энергопотребления для такого контролируемого пункта приведен в таблице 2.

При расчете энергопотребления приняты следующие допущения:

- время работы дросселя не превышает 15 минут в сутки;
- время работы задвижки с электроприводом не превышает 1 минуты в сутки;
- ультразвуковой накладной расходомер газа работает постоянно;

- расходомер метана в составе СРПИ работает постоянно. Клапан регулирующей в составе СРПИ работает не более 15 минут в сутки;
- инвертор 380 В, 50 Гц включается только на момент управления задвижками и клапанами-регуляторами.

Таким образом, среднее потребление электроэнергии составляет $1686 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$.

Для обеспечения требуемой мощности используются:

- 10 солнечных батарей номинальной мощностью 140 Вт каждая;
- один ветрогенератор номинальной мощностью 10 Вт.

Обобщенная структурная схема контролируемого

пункта площадки куста скважин приведена на рисунке 6.

Напряжение питания автономного источника принято 48VDC. Выбор данного номинала обусловлен применением трехфазного инвертора с выходным напряжением 380VAC.

Солнечная батарея и ветрогенератор обеспечивают заряд аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 48 В постоянного тока. Поддержание режима работы солнечной батареи в точке максимальной мощности (МРР) обеспечивает контроллер

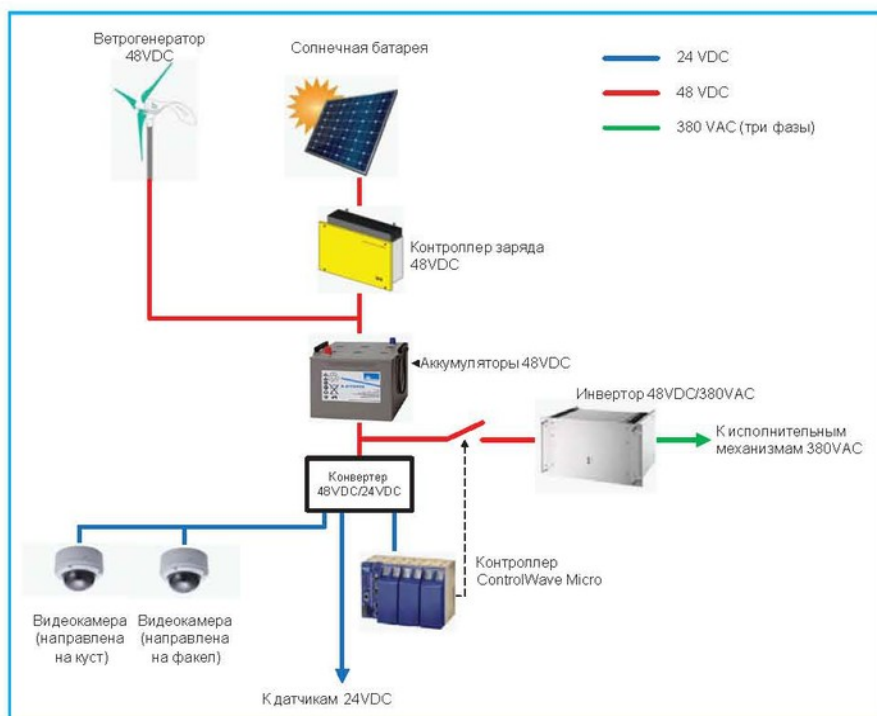


Рис. 6. Обобщенная структурная схема КП площадки куста скважин

Таблица 2

Расчет энергопотребления контролируемого пункта

Наименование	Потребляемая мощность, Вт	Время активности	Средняя мощность, Вт	К-во	Суммарная средняя мощность, Вт
Дроссель регулируемый с эл. приводом	370,00	1,04 %	3,85	1	3,85
Задвижка с электроприводом	370,00	0,07 %	0,26	2	0,51
Ультразвуковой расходомер газа	15,00	100,00 %	15,00	1	15,00
Система регулирования подачи ингибитора (СРПИ)	60,00	1,00 %	0,60	1	0,60
	8,00	100,00 %	8,00	1	8,00
Датчик давления	0,48	100,00 %	0,48	2	0,96
Датчик температуры	0,48	100,00 %	0,48	2	0,96
КП телемеханики	10,00	100,00 %	10,00	1	10,00
Инвертор 380В, 50Гц					0,99
Система передачи данных	6,00	100,00 %	6,00	1	6,00
Видеокамера	11,70	100,00 %	11,70	2	23,40
Итого, Вт					70,28

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АСУТП

да. Регулирование напряжения и управление ветрогенератором обеспечивает устройство управления (контроллер), входящий в комплект поставки ветрогенератора.

Для питания оборудования телемеханики и приборно-КИПиА предусмотрен конвертер 48VDC/24VDC. Для питания приводов задвижек предусмотрен трехфазный инвертор 380VAC мощностью 1,5 кВт для обеспечения пусковых токов приводов задвижек. Оборудование контролируемого пункта площадки скважин размещается в блок-контейнере.

Для обеспечения видеонаблюдения за оборудованием площадки куста скважин предусмотрено две видеокамеры. Одна из видеокамер направлена на оборудование площадки куста скважин, вторая – направлена на факел.

Контроллер заряда в постоянном режиме следит за уровнем заряда аккумуляторов и обеспечивает их работу в четыре фазы:

- максимальной мощности;
- ускоренной зарядки;
- постоянной зарядки;
- поддержания заряда.

Во время первой фазы контроллер заряда использует всю доступную мощность солнечной батареи для обеспечения заряда аккумуляторов. Во время второй фазы зарядный ток снижается. Эта фаза прерывается только в том случае, если напряжение падает ниже 2,08 В на банку во время предшествующей фазы разряда. В противном случае процесс заряда продолжается «фазой постоянной зарядки». Фазы постоянной зарядки и ускоренной зарядки практически идентичны друг другу за исключением того, что в фазе постоянной зарядки напряжение немного меньше. После завершения фазы постоянной зарядки контроллер переходит в фазу поддержания заряда до следующего глубокого разряда аккумуляторов.

Датчик температуры аккумуляторов, подключенный к контроллеру заряда, обеспечивает температурную компенсацию напряжения аккумуляторов ($-4 \text{ мВ/}^{\circ}\text{C}$ на банку).

Ветрогенератор снабжен контроллером управления, который обеспечивает выполнение следующих защитных функций:

- ограничение вырабатываемой мощности. Ветрогенератор снижает выработку электроэнергии, если в течение 15 секунд ветрогенератор вырабатывает мощность более 1800 Вт;
- ограничение зарядного тока. Ветрогенератор прекращает выработку электроэнергии, если напряжение на аккумуляторных батареях превышает 55,2 В;
- защита от перегрева. Ветрогенератор прекращает выработку электроэнергии, если его температура превышает 70°C .

В случае неблагоприятных погодных условий

может привести к полному отключению контролируемого пункта.

Для предотвращения полного отключения контролируемого пункта его энергопотребление может быть снижено за счет отключения вспомогательных функций и уменьшения длительности функций управления технологическим оборудованием.

Значительное количество электроэнергии потребляют видеокамеры. Их отключение позволит снизить до 30 % электроэнергии, пропорционально увеличив продолжительность работы системы.

Запрос на отключение видеокамер формируется контроллером, исходя из уровня заряда аккумуляторов. Отключение видеокамер может быть выполнено по команде оператора или в автоматическом режиме.

Приведенные в примере данные и расчеты показали, что использование ветрогенератора оправдано лишь при достаточной скорости ветра. Данный вариант подходит для использования в северных районах России с открытым ландшафтом, например, для построения систем телемеханики скважин на месторождениях Крайнего Севера.

Это, по мнению авторов, серьезно ограничивает применение ветрогенераторов для систем линейной телемеханики магистральных газопроводов. При проектировании систем с ветрогенераторами следует самым тщательным образом оценивать карту ветровой нагрузки конкретного района, место возможной установки ветрогенератора и выполнять полный расчет баланса энергопотребления.

Контролируемые пункты с потреблением более 200 Вт

Дальнейший рост энергопотребления КП связан с необходимостью обеспечения электроэнергией различных внешних подсистем, напрямую не входящих в систему телемеханики, но устанавливаемых в том же самом месте и требующих дополнительного электропитания. К этим подсистемам, в первую очередь, относятся станции катодной защиты (СКЗ) и комплекс инженерно-технических средств охраны (КИТСО). Оборудование КИТСО помимо собственного энергопотребления часто требует и системы климатобеспечения. Потребление энергии в таких случаях способно составить и несколько киловатт.

Очевидно, что использование возобновляемых источников электроэнергии (солнечных батарей и ветрогенераторов) не может обеспечить такую мощность. Для этого можно использовать источники энергии, работающие от добываемого или транспортируемого природного газа. Например, термоэмиссионные генераторы или микротурбинные установки. Но их стоимость и сложность уже таковы, что их

ение

ание различных вариантов контролируемых и поиск оптимального источника электроэнергии, прежде всего, с функциональным составом технологического и вспомогательного оборудования телемеханизации. Непременным условием систем являются высокие технические характеристики самих средств системы телемеханики.

Средства телемеханики, предназначенные для от возобновляемых источников энергии, должны быть в экстремальных климатических условиях без перегрева, т. е. не требовать дополнительную для обеспечения своей работы. Они должны иметь различные варианты комплектации и опции для собственного энергопотребления. Программное обеспечение таких систем должно управлять потоками энергии для снижения общей нагрузки.

литературы

Бернер Л.И., Лавров С.А., Сушков С.И. Новые разработки в системе телемеханики СТН-3000 // *Автоматизация, телемеханика и связь в нефтяной промышленности*. № 1.

Бернер Л.И., Лавров С.А. Новые решения СТН-3000: контролируемый пункт телемеханики с автономным источником электропитания // *Автоматизация & IT в нефтегазовой области*. 2012, № 2.

Бернер Л.И., Лавров С.А., Ковалев А.А. *Автоматизация технологических объектов линейной части магистральных газопроводов на основе применения СЛТМ СТН-3000*. Материалы конференции «Проблемы развития автоматизации и механизации процессов добычи, переработки и транспорта газа и газового конденсата». Краснодар: «НПО «Промавтоматика». 2008.

Бернер Л.И., Шукин Д.В. *Новые проектные решения и эксплуатация системы телемеханики СТН-3000* // Материалы Отраслевого совещания ОАО «Газпром» по

вопросам надёжности средств и систем автоматизации технологических объектов. Нижний Новгород: 3 октября 2013 года.

References

1. Iyushin S.A., Lavrov S.A., Sushkov S.I. Novye razrabotki v sisteme telemekhaniki STN-3000 [New developments in the system of the remote control system STN-3000]. *Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz v neftyanoy promyshlennosti* [Automation and remote control of communications in the oil industry]. 2013, no. 1.
2. Iyushin S.A., Lavrov S.A. Novye resheniya STN-3000: kontroliruemyy punkt telemekhaniki s avtonomnym istochnikom elektropitaniya []. *Avtomatizatsiya & IT v neftegazovoy oblasti*. 2012, no. 2.
3. Berner L.I., Lavrov S.A., Kovalev A.A. *Avtomatizatsiya energeticheskikh obektov lineynoy chasti magistralnykh gazoprovodov na osnove primeneniya SLTM STN-3000. Materialy konferentsii «Problemy razvitiya avtomatizatsii i mekhanizatsii protsessov dobychi, pererabotki i transporta gaza i gazovogo kondensata»* [Automation of power facilities of the linear part of main gas pipelines through the application SLTM STN-3000. Proceedings of the conference «Problems of development of automation and mechanization of production, processing and transportation of gas and gas condensate»]. Krasnodar: OAO «NPO «Promavtomatika» [Krasnodar: Open Joint Stock Company «Scientific-Production» Promavtomatika]. 2008.
4. Berner L.I., Shchukin D.V. *Novye projektnye resheniya i opyt ekspluatatsii sistemy telemekhaniki STN-3000 v ramkakh Otrazlevogo soveshchaniya OAO «Gazprom» po voprosam nadezhnosti sredstv i sistem avtomatizatsii tekhnologicheskikh obektov* [New designs and operating experience of the remote control system STN-3000 «in the sectoral meetings open joint stock company» Gazprom «on the reliability of automation equipment and systems of technological objects»]. Nizhniy Novgorod: 3 oktyabrya 2013 goda [Nizhny Novgorod: October 3, 2013].

Информация об авторах

Леонид Исаакович, доктор техн. наук, доцент
E-mail: berner@atgs.ru
Сергей Анатольевич, заведующий отделом АСУТП
E-mail: lavrov@atgs.ru
Дмитрий Владимирович, заведующий отделом Раз-
реализации комплексных проектов
E-mail: schukin@atgs.ru
Акционерное общество «АтлантГТрансГазСистема»
Москва, Российская Федерация, ул. Полбина, д. 11

Information about the authors

Berner Leonid Isaakovich, Doctor of Techn. Sciences, Associate Professor
E-mail: berner@atgs.ru
Lavrov Sergey Anatolevich, Head of Department APCS
E-mail: lavrov@atgs.ru
Shchukin Dmitry Vladimirovich, Head of the Department of Development and implementation of integrated projects
E-mail: schukin@atgs.ru
Closed Joint Stock Company «AtlanticTransgasSystem»
109388, Moscow, Russian Federation, Str. Polbina, 11