

УДК 629.7

В.П. КВАСНИКОВ<sup>1</sup>, А.П. ЧЕРНЫХ<sup>2</sup>, С.В. УВАРОВ<sup>3</sup><sup>1</sup>Национальный авиационный университет, Киев, Украина<sup>2</sup>НПП «Газэлектронприбор», Москва, Россия<sup>3</sup>ГП УМГ «Донбасстрансгаз», Донецк, Украина

## ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ГРС И ГРП, РАБОТАЮЩИЕ НА ПЕРЕПАДЕ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Рассмотрена проблема энергообеспечения транспортировки газа в сети газопроводов. Предложено комплексное решение задачи энергообеспечения на основе утилизации энергии сжатого газа путем преобразования потенциальной энергии перепада давления и кинетической энергии движения газа в электрическую. Отсутствует необходимость сжигания топлива, обеспечивается полная автономность и высокая экологическая чистота процесса.

**транспортировки газа, энергообеспечение, утилизация энергии, преобразование энергии**

### Введение

В последние годы в связи с освоением новых газовых месторождений и дальнейшей газификацией населенных пунктов происходит активное строительство сети газопроводов. Транспортировка газа от месторождения до потребителя сопряжена с большими энергозатратами, в том числе и затратами электроэнергии. Основные энергозатраты приходятся на перекачку газа электроприводными дожимными компрессорными станциями, на электрохимическую защиту газопроводов, газораспределительных станций (ГРС) и газораспределительных пунктов (ГРП), на обеспечение работы систем автоматики ГРС и ГРП, а также на электроснабжение поселков газодобывающих предприятий. Однако не везде, где прокладываются подземные газопроводы, инфраструктура достаточно развита и имеются линии электропередач (ЛЭП). Строительство новых ЛЭП сопряжено со значительными материальными затратами. В таких случаях более рациональным и экономически обоснованным является применение автономных источников электроэнергии, которыми могут служить электрогенераторы на базе газотурбинных двигателей и двигателей внутреннего сгорания, работающие на транспортируемом газе, ветроэлектрогенераторы и др. К примеру, на юге США с не-

давнего времени применяются солнечные батареи. В соответствии с последними достижениями науки и техники в качестве источника тока используются новые, альтернативные источники энергии.

### Постановка задачи

С целью уменьшения или полного исключения энергопотребления от внешних электросетей следует использовать установки, которые основываются на преобразовании потенциальной энергии перепада давления и кинетическую энергию движения газового потока в электрическую.

### Решение задачи

В настоящее время научно-производственным предприятием «Газэлектронприбор» разработаны и предлагаются к применению автономные источники электроэнергии небольшой мощности от 1 кВт до 30 кВт на всех участках транспорта и потребления газа. Работы ведутся по нескольким направлениям.

Одно из направлений – создание одновалвных турбогенераторных установок с использованием кинетической энергии газа. Подобные работы проводились в США фирмой «Магнетик индастриал». Такие источники электроэнергии отличаются про-

стотой конструкции и достаточной надежностью. По конструкции установка представляет собой турбовентилятор, расположенный на одном валу с генератором постоянного тока. Данные устройства могут найти применение как станции катодной защиты и источники электроэнергии для систем телемеханики и связи на удалённых участках газопроводов, где затруднена прокладка электросетей и требуется защита от повреждения. Их установка возможна непосредственно в транспортной трубе или на крановых развязках. При этом гидравлические потери на транспорт газа могут составлять по давлению не более 0,03 МПа на одну установку.

Вторым направлением работ является применение для преобразования энергии газа ротационных двигателей, связанных муфтой с электрогенераторами. Пример установки представлен на рис. 1.

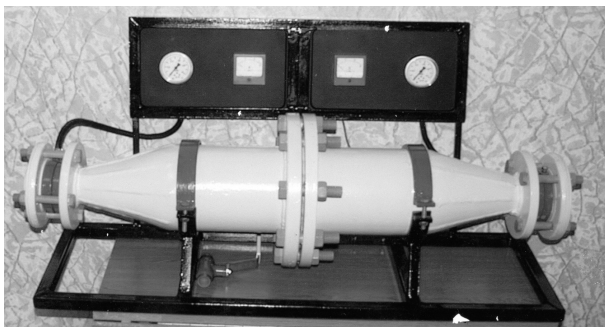


Рис. 1. Одновальная турбогенераторная установка

При стендовых испытаниях этого источника тока была получена мощность 1,2 кВт при напряжении 24 В, давлениях газа на входе и выходе соответственно 0,4 и 0,103 МПа и расходе 90 м<sup>3</sup>/час. Дешевизна данной установки, но в тоже время ограниченный ресурс ротационного привода позволяют наиболее рационально применить её как автономный кратковременный источник электропитания ГРП. Ресурс ротационного привода можно значительно повысить, применив пластины ротора из наноматериалов на основе углерода.

Следующим направлением является применение высокооборотных турбин, имеющих высокие значения КПД и удельной мощности, которые через

редуктор для снижения частоты вращения выходного вала соединяются с ротором электрогенератора. При одинаковом срабатываемом перепаде давления газа по сравнению с безредукторной схемой расход газа в данной установке меньше примерно на 30%. Усложнение конструкции привода электрогенератора добавлением редуктора оправдано при применении установки в системах газоснабжения, где возможно значительное снижение расхода газа потребителем, но в тоже время, недопустимо снижение мощности вырабатываемой электроэнергии.

Наиболее конструктивно проработанным и реализованным направлением деятельности НПП «Газэлектроприбор» является применение активной турбины в качестве привода электрогенератора для автономных резервных источников питания на ГРС и ГРП. Как известно, на ГРС и ГРП всегда понижается давление газа, что позволяет использовать этот перепад в турбогенераторных установках. В зависимости от условий подачи газа на ГРП и ГРС разработанные установки автономного электроснабжения по конструктивному исполнению можно разделить на установки мощностью от 1 кВт до 3 кВт для ГРП и от 2 кВт до 30 кВт для ГРС.

Установки мощностью от 1 кВт до 3 кВт комплектуются генераторами постоянного тока с напряжением от 24 В до 48 В. По конструкции они наиболее просты, имеют пневмомеханическую защиту от превышения оборотов. При необходимости комплектуются блоками преобразования напряжения 220 В частотой 50 Гц для питания измерительных приборов и освещения. Такие установки предназначены для кратковременного включения их при обслуживании ГРП и для постоянной работы.

В установках мощностью 2 – 30 кВт применяются бесконтактные синхронные генераторы переменного тока частотой 50 Гц и линейным напряжением 220 В. Установки комплектуются системой контроля и автоматического управления парциальностью турбины, а также трубной обвязкой с запорно-регулирующей и предохранительной арматурой. Установки такого типа подключаются на

ГРС после штатного регулятора, как показано на схеме рис. 2.

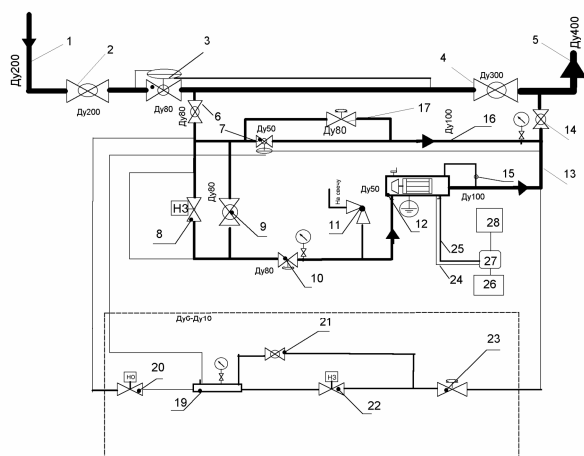


Рис. 2. Пневмогидравлическая схема обвязки ИРЭС5-ГРС: 1 – входной коллектор; 2, 4 – краны ГРС; 3 – регуляторы давления газа ГРС; 5 – коллектор на выходе; 6, 9, 14, 21 – шаровые краны; 7 – регулятор перепада давления газа; 8 – электроклапан остановки турбогенератора; 10, 17, 23 – запоры, регулирующие краны; 11 – предохранительный клапан; 12 – турбогенератор; 13 – труба на выходе Ду100; 15 – патрубок сброса конденсата; 16 – труба перепуска газа; 19 – буферная емкость; 20 – клапан НЗ с электромагнитным приводом; 22 – клапан НО с электромагнитным приводом; 24 – кабель КИП ПВ3×6 01,5×4; 25 – кабель силовой ПВ3×6 05,2×4; 26 – нагрузка; 27 – пульт управления; 28 – балластная нагрузка

Компоновка трубной обвязки турбогенератора показана на рис. 3, которая выполнена таким образом, что оператор может без затруднений регулировать режим работы турбогенератора. Система контроля и автоматического управления удерживает частоту тока в пределах  $50 \text{ Гц} \pm 1\%$ , контролирует режим потребления электроэнергии, сохраняя на постоянном уровне загрузку генератора. Если возникает аварийная ситуация, система контроля и автоматического управления останавливает агрегат, предполагая дальнейший автоматический запуск.

При необходимости в процессе регулирования частоты тока (оборотов генератора), система контроля и автоматического управления перераспределяет потоки газа между турбоустановкой и байпасной линией (рис. 3). Перераспределение потоков осуществляется таким образом, чтобы не изменять объемы газа, поступающие на потребителя.

В ГРП для штатной работы регуляторов давления, отсечных и сбросных клапанов, контрольно-измерительных приборов предусмотрен подогрев помещения в зимнее время года.

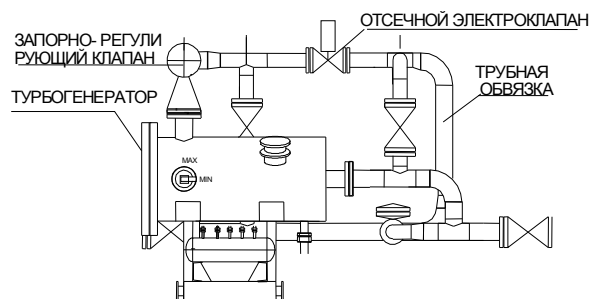


Рис. 3. Компоновка трубной обвязки турбогенератора

Для этого к ГРП пристраивается топочная с установленным в ней водяным газовым котлом, к которому предусмотрен подвод отдельной линии редуцирования газа. Научно-производственным предприятием “Газэлектроприбор” разработана установка, преобразующая потенциальную энергию избыточного давления газа непосредственно в тепловой. Установка представляет собой гидродинамический нагреватель, использующий явление кавитации. Для нагрева жидкости используется энергия её движения, которая передаётся от турбины к насосу а от насоса к жидкости и превращается в тепловую за счёт создания кавитации. Именно энергия схлопывания кавитационных пузырьков, создавая давление в несколько десятков атмосфер, нагревает воду. Далее нагретая вода попадает в обычную систему водяного отопления (рис. 4).

В данном случае комплексно и экологически чисто решается задача утилизации “бросовой” энергии перепада давления газа и обеспечения пожаробезопасности.

Основным элементом предлагаемых установок является осевая активная турбина.

В процессе проведения работ удалось разработать методику расчёта и графического построения с использованием компьютерного обеспечения профилей рабочего колеса турбины и соплового аппарата в зависимости от параметров протекающего газа.

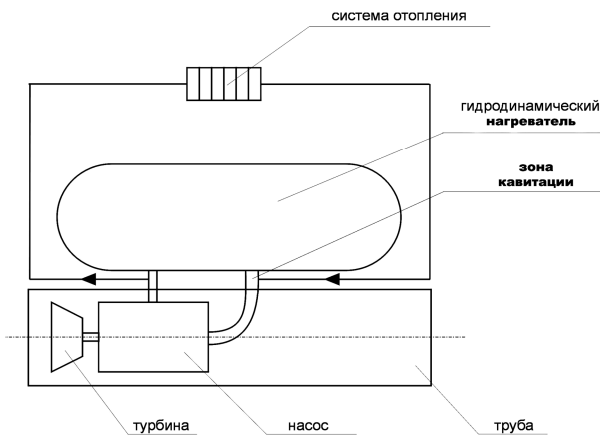


Рис. 4. Установка, преобразующая потенциальную энергию избыточного давления газа непосредственно в тепло

На рис. 5 показан пример результатов расчёта турбинной ступени.

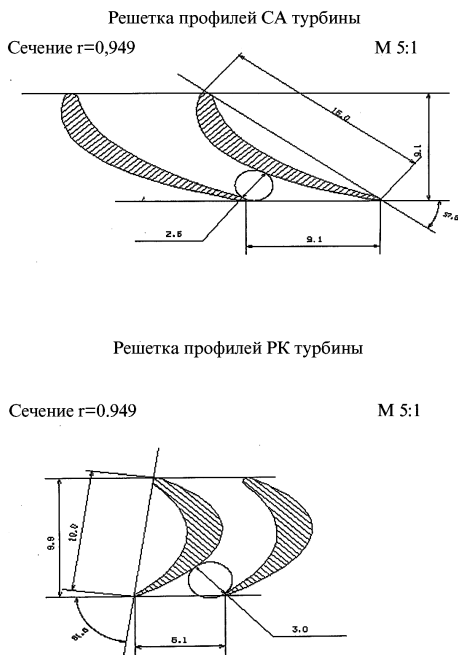


Рис. 5. Пример результатов расчёта турбинной ступени

Если подобная турбина изготавливается впервые, она обязательно подвергается испытаниям путем продувки воздухом на газодинамическом стенде. В результате продувок получают номограммы зависимости мощности и частоты вращения рабочего колеса турбины от расхода, степени парциальности, перепада давления и температуры воздуха. Полученные экспериментальные данные для воздуха пересчитываются на случай природного газа для

оптимизации параметров газового потока, в который будет помещена турбина.

Предлагаемые научно-производственным предприятием «Газэлектроприбор» энергоустановки защищены патентом на изобретение № 48996 и разрешены к серийному производству согласно сертификата соответствия № РОСС UA.AЮ64.A08704. На изделия разработаны технические условия ТУ У 31.1-25178963-002-2003.

В настоящее время 34 установки энергоснабжения успешно работают в газотранспортных системах СНГ. Прорабатывается вопрос использования данной энергосберегающей техники в газовых отраслях дальнего зарубежья.

## Выводы

В предлагаемых устройствах комплексно решены задачи утилизации энергии сжатого газа, полной автономности и экологически чистого процесса, не требующего сжигания топлива. Однако нашей конечной целью является создание изделия, объединяющего функции регулятора давления, источника энергии и счётчика расхода газа, поскольку для этого всего достаточно одного инструмента – турбины.

## Литература

1. Михальцев В.Е., Панков О.М., Юношев В.Д. Регулирование и вспомогательные системы газотурбинных и комбинированных установок. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
2. Котляр И.В. Частичные и переходные режимы работы судовых газотурбинных установок. – Л.: Судостроение, 1966. – 290 с.
3. Котляр И.В. Переменный режим работы газотурбинных установок. – М.: Машгиз, 1961. – 230 с.

Поступила в редакцию 23.05.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.В. Конин, Национальный авиационный университет, Киев.