



УДК 621.6

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СТАРТЕРА ДЛЯ ЗАПУСКА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

THE USE OF AN ELECTRIC STARTER TO START GAS PUMPING UNITS

Прачев Юрий Николаевич

кандидат педагогических наук,
доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
iprachev@ncfu.ru

Гуныкина Татьяна Александровна

кандидат педагогических наук,
доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
tatiana.stavr@yandex.ru

Шестерень Алёна Олеговна

старший преподаватель
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
ashesteren@ncfu.ru

Дитрих Анастасия Владимировна

старший преподаватель
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
azdorenko@ncfu.ru

Коломийцев Андрей Викторович

ассистент
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и
газовых месторождений института наук о Земле,
Северо-Кавказский федеральный университет
kolomiecev94@mail.ru

Аннотация. В данной научной статье описан способ применения электрического стартера для запуска газоперекачивающих агрегатов. Авторы статьи учли недостатки применяемого на ГПА запуска с помощью турбодетандера.

Ключевые слова: трубопроводный транспорт газа, газоперекачивающий агрегат, электрический стартер.

Prachev Yurii Nikolaevich

Ph.D., Associate Professor,
Department of Oil and Gas Fields
Development and Operating at the
Institute of Earth Sciences,
North-Caucasus Federal University
iprachev@ncfu.ru

Gunkina Tatiana Aleksandrovna

Ph.D., Associate Professor,
Department of Oil and Gas Fields
Development and Operating at the
Institute of Earth Sciences,
North-Caucasus Federal University
tatiana.stavr@yandex.ru

Shesteren Alena Olegovna

Senior lecturer,
Department of Oil and Gas Fields
Development and Operating at the
Institute of Earth Sciences,
North-Caucasus Federal University
ashesteren@ncfu.ru

Dietrich Anastasia Vladimirovna

Senior lecturer,
Department of Oil and Gas Fields
Development and Operating at the
Institute of Earth Sciences,
North-Caucasus Federal University
azdorenko@ncfu.ru

Kolomiytsev Andrei Viktorovich

Assistant,
Department of Development of Oil and
Gas Fields Development and Operating at
the Institute of Earth Sciences,
North Caucasus Federal University
kolomiecev94@mail.ru

Annotation. This scientific article describes a method of using an electric starter to start gas pumping units. The authors of the article took into account the shortcomings of the launch used at the GPU using a turboexpander.

Keywords: pipeline gas transportation, gas compressor unit, electric starter.

3 апуск газотурбинного двигателя является одним из важнейших его эксплуатационных режимов. От процесса раскрутки двигателя зависит не только надежность его запуска, но и ряд других эксплуатационных характеристик.

На рубеже 1990-х–2000-х годов обозначился ряд проблем, связанных с запуском газотурбинных двигателей (ГТД), предназначенных для работы в составе газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и газотурбинных электростанций (ГТЭС).

Широко применяемый на ГПА запуск с помощью турбодетандеров при всей своей простоте обладает существенными недостатками. Во-первых, необеспеченность требований по экологической безопасности, которую необходимо соблюдать в связи с участием России в выполнении условий Киотского протокола (международное соглашение о сокращении выбросов парниковых газов в атмосферу).



Кроме того, при установке газоперекачивающих агрегатов становится актуальным обеспечение большей взрывобезопасности при выбросе природного газа в атмосферу в процессе запуска от турбодетандера. И, наконец, необратимые потери в больших объемах ценного природного газа. По некоторым оценкам на осуществление турбодетандерного запуска двигателя суммарно в год выбрасывается до 3 млн м³ природного газа.

Такие серьезные проблемы заставили разработчиков газотурбинных двигателей искать альтернативные способы их запуска. В поисках решения ПАО «Авиадвигатель», г. Пермь обратилось к ПАО «Электропривод», ранее занимавшемуся разработкой систем электрозапуска авиадвигателей и имеющему большой опыт в разработке электроприводов, с предложением разработать электростартер для запуска ГТД.

В качестве возможных были рассмотрены два варианта исполнения системы электрозапуска: с использованием вентильных электродвигателей и асинхронных электродвигателей (АД) с частотным регулированием. Наиболее предпочтительным оказался вариант исполнения с АД. В каждый момент времени по сигналу устройства задания момента блок управления выдает на электродвигатель напряжение и частоту такого уровня, которые создают рабочий ток и развиваемый двигателем момент, обеспечивающий требуемую траекторию раскрутки газотурбинной установки.

Однако АД общепромышленного исполнения с частотой питающего напряжения 50 Гц при заданной мощности был неприемлем по габаритам из-за конструктивных ограничений при размещении и стыковке с выпускаемым ГТД. Для обеспечения требуемых габаритов было принято решение использовать АД, рассчитанный на частоту питающего напряжения 50–60 Гц. Проведенное макетирование подтвердило возможность значительного, почти десятикратного повышения энергоотдачи такого исполнения электродвигателя.

Для обеспечения запуска ГТД типа НК-16СТ и НК-16-18СТ был разработан электростартер СТЭ-18СТ (рис. 1) мощностью 65 кВт, у которого в одном корпусе с электродвигателем размещен редуктор и сцепная кулачковая муфта. Управление запуском осуществляется от блока БУС-18СТ [1, 2]. Разработанный электростартер устанавливается на место турбодетандера без доработки мест стыковки, по посадочным и присоединительным размерам, что позволяет проводить его монтаж в эксплуатационных условиях.

Блоки управления включают в себя преобразователь частоты, типа «Неуправляемый выпрямитель – транзисторный инвертор» с микропроцессорной системой управления и реализуют векторное управление асинхронным двигателем.



Рисунок 1 – Электростартер СТЭ-18СТ

Блок управления имеет программируемую логику, встроенные средства контроля и интерфейсы RS-232 и RS-485.

В 2007 г. система электрозапуска прошла приемочные испытания в газоперекачивающем агрегате ГПА-Ц-16 на компрессорной станции (КС) «Вязниковская». На основе полученных положительных результатов принято решение по оснащению всех двигателей КС «Вязниковская» системами электрозапуска, а также рекомендовано применение электростартера СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ на других объектах ПАО «Газпром» [3, 4].

Электростартеры обладают характеристиками, которые позволяют применять их в различных климатических условиях и при механических воздействиях. Разработанные на основе высоких технологий изделия имеют малую массу и габариты, обеспечивают высокую надежность и длительный срок службы.



В процессе разработки рассматривались предложения по применению электростартера СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ для запуска других двигателей. В условиях конкуренции с ЗАО «Кросна-Мотор», г. Москва эта система была применена для запуска двигателя НК-36, установленном на газотурбовозе ГТ-1.

Разработанные АО «Электропривод» системы электрозапуска имеют следующие сервисные устройства:

- устройство задания момента (УЗМ), которое обеспечивает плавное увеличение крутящего момента и безударное зацепление кулачковой муфты при включении электростартера;
- встроенные средства защиты по току, напряжению, а также от перегревов блока управления и электростартера.

Основные технические характеристики системы электрозапуска для двигателя НК16-18СТ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики электростартера СТЭ-18СТ

Тип электростартера	СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ
Тип ГТУ	НК-16СТ НК16-18СТ НК-361
Объект применения	ГПА-Ц-16 Газотурбовоз ГТ-1
Мощность электростартера, кВт	65
Напряжение питания трехфазной сети, В	380
Частота напряжения, Гц	50–60
Момент развиваемый электростартером, не менее, Н × м (кг × см)	412 (42)
Частота выходного вала электростартера, об / мин	1380
– на режиме холодной прокрутки	2600
– на режиме горячего запуска	
Время торможения электродвигателя после откл., не более, с	10
Режим работы	повторно-кратковременный
Ток потребляемый электростартером, не более	120 А
Масса электростартера, кг, не более	57
Габариты электростартера, электродвигателя, мм	Ø 210 × 450
Габариты блока управления БУС, мм	1200 × 800 × 500
Масса БУС, кг	250
Срок службы, лет	20

К настоящему времени выпущено:

- более 100 систем электрозапуска СТВД-30Д-11Т с блоком управления БУС-160Т, которые устанавливаются на ГПА во многих газотранспортных предприятиях России;
- более 40 систем электрозапуска СТВД-25Д-9000 с блоком управления БУС-120Т, которые установлены на ГТЭС;
- более 40 систем электрозапуска СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ. Нарботка лидерной системы на КС «Вязниковская» составляет свыше 12000 час.

Приведенные результаты позволяют сделать вывод о возможности решения проблем запуска газотурбинных двигателей с помощью систем электрозапуска ПАО «Электропривод».

Отделом маркетинга совместно с руководителями тематических направлений проводятся работы по расширению сферы применения систем электрозапуска на других предприятиях. С этой целью используются маркетинговые исследования, выставки, презентации, деловые контакты, участие в тендерах. В процессе этих мероприятий были оформлены протоколы о намерениях и выполнялись работы по применению систем электрозапуска с предприятиями: ПАО «Невский завод», ЗАО «Уральский турбинный завод», ПАО «КМПО», г. Казань.

АО «Электропривод» располагает многолетним опытом разработки высокотехнологичной продукции, обладает необходимой научно-технической и производственной базой для создания продукции, отвечающей требованиям научно-технической политики ПАО «Газпром» в области газоперекачивающей и другой техники.

Сейчас предприятие серийно выпускает системы электрозапуска для ГПА и ГТЭС, выполненных:

- на базе двигателей НК-16СТ, НК-16-18СТ, НК-36 и НК-37 и их модификаций для самарских и казанских моторостроителей;
- на базе двигателей Д-30ЭУ и ПС-90 и их модификаций для пермских моторостроителей.



Работы по созданию новых систем электрозапуска ведутся с ЗАО «Невский завод» (Санкт-Петербург), ПАО «Моторостроитель» (Самара), ЗАО «Уральский турбинный завод» (Екатеринбург).

В состав каждой системы электрозапуска входят:

- электростартер;
- блок управления электростартером (БУС);
- соединительные кабели.

БУС выполнен на базе преобразователя частоты с микропроцессорным управлением, имеют интерфейс RS-485 и размещены в стандартных шкафах производства RITTAL, массой 200 кг, размещенный на площадке турбины, обеспечивает работу электродвигателя по заданному алгоритму. Электростартер работает полностью в автоматическом режиме по командам с главного пульта управления турбиной.

Системы электрозапуска, производимые ПАО «Электропривод» имеют следующие характерные особенности и преимущества:

– создание асинхронного электродвигателя с повышенной частотой вращения 12 000 об / мин позволило уменьшить габариты и массу электростартеров до размеров, дающих возможность применять их вместо пневмостартеров.

– специальное устройство задания момента блока управления обеспечивает плавное увеличение крутящего момента и безударное зацепление кулачковой муфты при включении электростартера, что позволяет повысить ресурс турбины, а по мере раскрутки ротора уменьшает крутящий момент, снижая тем самым уровень потребляемой электростартером мощности;

– электрозапуск в сравнении с турбодетандерным запуском более экономичен. Так, стоимость одного запуска ГПА с двигателем НК-16-18СТ с помощью электростартера СТЭ-18СТ по затратам энергоресурсов более чем в 170 раз дешевле турбодетандерного запуска.

– электрический запуск ГТД является экологически чистым. При турбодетандерном запуске используется несжигаемый природный газ, который совершает раскрутку осевого компрессора, а затем тысячами кубометров стравливается через свечу в атмосферу. Тем самым улучшается экологическая обстановка на компрессорных станциях;

– взрывозащищенное исполнение с маркировкой 1ExdII BT3 позволяют эксплуатировать электростартеры во взрывоопасной среде;

– встроенные средства защиты по току, напряжению и от перегревов блока управления и электростартера делают эксплуатацию безопасной.

Структурная схема системы электрозапуска ГТД представлена на рисунке 2.

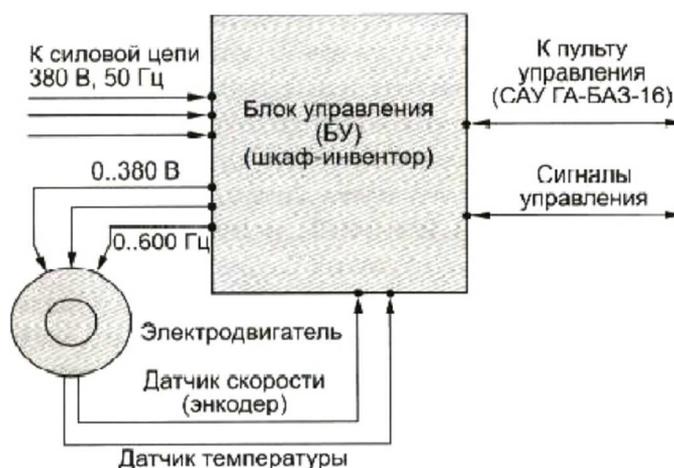


Рисунок 2 – Структурная схема системы электрозапуска ГТД

На рисунке 2 видно, из каких функциональных элементов состоит система электрозапуска: электродвигатель и шкаф управления, в котором находятся силовые полупроводниковые вентили и «электронная начинка», формирующая сигналы управления вентилями и ответственная за связь с САУ ГПА, а так же наделенная собственным «интеллектом», позволяющим в некоторых рамках адаптироваться к меняющимся (например температура окружающей среды) параметрам ГТД.

На плечи электроники ложится и обеспечение необходимых защит при работе электростартера. Список защит довольно обширен и включает в себя все типы современных защит силовых полупроводников:

- по перегрузке;
- по короткому замыканию;



- по превышению максимальной частоты вращения;
- защиту от падения входного напряжения;
- по перегреву.

Для этого в системе предусмотрены датчики температуры, заложенные в обмотки электродвигателя и датчик скорости.

Обычное время пуска 72 ... 78 с, система обеспечивает так же режимы продувки и технологической промывки газотурбинного двигателя. Выбор режима работы производится с пульта управления, дальнейшая работа системы – автоматическая по заданным циклограммам.

Перечислим ряд основных причин, которые обуславливают необходимость замены воздушных стартеров на электрические:

1. При работе воздушного стартера происходит выброс в атмосферу относительно дорогого природного газа. Время пуска, а особенно время технологических операций, связанных с промывкой и холодной прокруткой, может составлять от десятков минут до нескольких часов, количество выбрасываемого газа может достигать до тысячи кубометров.

2. Электродвигатель электростартера – обратимая электрическая машина, которая может при необходимости после пуска ГТУ работать в режиме генератора, вырабатывая десятки и сотни киловатт электроэнергии, полностью обеспечивая собственные нужды станции. И эта «опция» достается практически бесплатно! Но для этого необходимо дополнительное оборудование по энергетике.

3. Переход двигателей НК-16-18СТ в эксплуатации на систему электрозапуска с электростартером СТЭ-18СТ устраняет систему подготовки пускового газа из состава КС.

В конце хотелось бы затронуть один очень важный вопрос, встающий перед проектировщиками – откуда брать электропитание для электростартера? Конечно, если система расположена в населенном пункте или на крупной газоперекачивающей станции, то необходимый силовой ввод мощностью 100 ... 200 кВт, скорее всего, найдется. А если нет? Поскольку система может быть спроектирована на различное напряжение питания (в т.ч. и на постоянное), появляется возможность использовать в качестве источника электропитания современные гелевые стартерные аккумуляторные батареи (АКБ). Расчеты показывают, что для обеспечения одного пуска установки, аналогичной НК-16СТ, потребуется всего около 5 таких батарей общей стоимостью около 50 тыс. руб. Подзарядка батарей будет идти от электростартера, работающего в режиме генератора при запущенной турбине.

Литература:

1. Руководство по технической эксплуатации. Двигатель НК-16СТ.
2. Краткое описание и технические данные двигателя НК-16-18СТ.
3. Техническое описание блока управления БУС-18СТ АО «Электропривод».
4. Техническое описание Электростартера СТЭ-18СТ АО «Электропривод».

References:

1. Manual for technical operation. Engine NK-16ST.
2. Brief description and technical data of the NK-16-18ST engine.
3. Technical description of the control unit BUS-18ST of Electroprivod JSC.
4. Technical description of the STE-18ST electric starter of Elektroprivod JSC.