

Об опыте творческого решения проблем запуска газотурбинных двигателей

// About experience of creative problem solving with respect to gas turbine engine start //

Туев Ю.Р.,
ОАО «Электропривод», г. Киров

В статье обобщен опыт разработки систем электрозапуска газотурбинных двигателей, применяемых на газоперекачивающих агрегатах и газотурбинных электростанциях. Ключевые слова: система электрозапуска, асинхронный электродвигатель, преобразователь частоты, вентильный электродвигатель, газотурбинный двигатель.

Development experience of gas-turbine engine electric start systems for gas compressor units and gas turbine plants is generalized in the article. Keywords: electric start system, asynchronous motor, brushless electric motor, frequency converter, gas-turbine engine.

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. Кроме того, при установке ГПА и ГТЭС вблизи населенных пунктов 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 двигате-

ля суммарно в год выбрасывается до 3 млн. м³ природного газа [1].

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

Проектные работы по электростартеру для ГТЭС мощностью 2,5 – 6,0 МВт начались в 2003 г. Научно-технический комплекс предприятия успешно выполнил разработку в заданные сроки, несмотря на сложность и новизну поставленных задач.

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.

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 400 Гц. Проведенное макетирование подтвердило возможность значительного, почти десятикратного повышения энергоотдачи такого исполнения электродвигателя.

На основе проведенного анализа был разработан первый электростар-



Рис. 1. Электростартер СТВД-25Д-9000.

тер СТВД-25Д-9000 (рис. 1) мощностью 120 кВт с блоком управления БУС-120Т, опытный образец которого успешно прошел полный объем испытаний на стенде ГТЭС «Янус». По результатам испытаний с 2006 г. начались их серийный выпуск.

Полученный при разработке электростартера СТВД-25Д-9000 опыт в дальнейшем был использован при создании систем электрозапуска для



Рис. 2. Электростартер СТЭ-18СТ.

ряда более мощных газотурбинных установок на 10, 12, 16, 25 МВт, для которых был разработан электростартер СТВД-30Д-11Т мощностью 160 кВт с блоком управления БУС-160Т [2].

Успешная разработка систем электрозапуска стала возможной благодаря тесному сотрудничеству и коопера-

ции с ОАО «Владимирский электромоторный завод» по изготовлению бескорпусного исполнения АД на частоту питающего напряжения 400 Гц и с компанией «Веспер», г. Москва по применению преобразователей частоты со степенью защиты IP54.

В то же время интерес к внедрению систем электрозапуска проявило ЗАО «Эверест-Турбосервис», г. Казань, которое осуществляет техническое обслуживание и ремонт ГТД типа НК-16СТ и НК-16-18СТ. Особенностью при разработке электростартера для запуска этих двигателей было обеспечение более низкой частоты вращения в сравнении с электростартерами пермских ГТД.

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

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 ОАО «Газпром» [1].

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-361, установленном на газотурбовозе ГТ-1.

Разработанные ОАО «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.

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 бо-

Таблица 1. Основные технические характеристики серийно выпускаемых систем электрозапуска.

Тип системы электрозапуска	СТЭ-18СТ с блоком управления БУС-18СТ	СТВД-25Д-9000 с блоком управления БУС-120Т	СТВД-25Д-10Т с блоком управления БУС-140Т	СТВД-30Д-11Т с блоком управления БУС-160Т	СТВД-400-10Т с блоком управления БУС-220Т*)
Мощность электростартера, кВт	65	120	140	160	200
Напряжение питания трехфазной сети частотой 50 Гц, В	380	380	380	380	380
Масса электростартера, кг, не более	57	135,5	136	136	300
Габариты электростартера, электродвигателя, мм	Ø210×450	Ø300×576	Ø300×576	Ø300×576	Ø415×765
Габариты блока управления БУС, мм	1200×800×500	2000×800×400	2000×800×500	2000×800×500	2167×1005×522

*) Разработана рабочая конструкторская и технологическая документация.

лее чем в 500 раз дешевле турбодетандерного запуска.

Электростартеры имеют взрывозащищенное исполнение с маркировкой IExdIIAT3. Конструкция электростартеров защищена патентами на изобретение и промышленный образец [3].

Основные технические характеристики серийно выпускаемых систем электрозапуска приведены в таблице 1.

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 ОАО «Электропривод».

В процессе разработки систем электрозапуска на предприятии сфор-

мировалось новое тематическое направление и коллектив высококвалифицированных специалистов под руководством кандидата технических наук, Заслуженного конструктора РФ Шалагинова В.Ф. и Миронова В.А.

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: ОАО «Невский завод», ЗАО «Уральский турбинный завод», ОАО «КМПО», г. Казань.

Так в результате взаимодействия с ОАО «Невский завод» разработано технико-коммерческое предложение на электростартер СТВД-400-10Т, предназначенный для запуска турбины ГТК-10, обеспечивающий максимальный крутящий момент при старте более 550 Н·м. В стадии оформления находятся договоры с ОАО «Мотор Сич» и ОАО «Кузнецов» на разработку систем электрозапуска по согласованным техническим заданиям.

Литература:

1. Караваев В.И., Греков К.Ю., Обухов С.Б. Экологически чистая система электрозапуска газотурбинных двигателей // Рынок Электротехники, № 3, 2007 – www.marketelectro.ru/magazine/readem0307/26
2. Данилович А.С. Электрозапуск – повышение конкурентоспособности // Пермские газовые турбины, ИБ № 8, 2006 – www.avid.ru/pr/other/ntex/ib8/elektrozapusk/
3. Шалагинов В.Ф., Миронов В.А., Обухов С.Б., Туев Ю.Р. Системы электрозапуска газотурбинных двигателей ГПА и ГТЭС // Газотурбинные технологии – 2009, № 8. – С.32-33.

Туев Юрий Романович – родился в 1938 году. В 1961 году окончил Уральский политехнический институт им. С. М. Кирова по специальности «Инженер-электрик». В области авиационной электротехники 49 лет. В настоящее время работает инженером-маркетологом ОАО «Электропривод». Награжден медалью «За трудовое отличие».

Tuyev Yuriy – was born in 1938. In 1961 he graduated from Ural Polytechnic Institute named after S.M. Kirov, speciality is «Electrical Engineer». He works in the sphere of aviation electrical engineering for 49 years. At present he is working as Engineer – Specialist in marketing methodology in JSC «Electroprivod». He is awarded with a medal «Work distinction».