

Инновационные направления развития «электрических» газотурбинных двигателей

// Innovative directions of development of «electrical» gas-turbine engines //

Тувев Ю.Р., Волокитина Е.В., к.т.н., Журавлева А.И.,
ОАО «Электропривод», г. Киров

В статье представлены разработки и научно-исследовательские работы по электроприводам для газотурбинных двигателей.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, электромеханизм, вентильный электродвигатель, векторное управление, система электрозапуска, стартер-генератор, газотурбовоз

Developments and research engineering with respect to electric drives are presented in the article.

Keywords: gas-turbine engine, electro-mechanism, brushless electric motor, vectorial control, electric start system, starter-generator, gas-turbine locomotive

В тесной взаимосвязи с реализацией программы самолета с «полностью электрифицированным оборудованием» (СПЭО) находится идея создания «электрического» газотурбинного двигателя (ГТД). Реализация этой концепции предполагает существенное изменение облика силовой установки вследствие ликвидации отбора воздуха для системы кондиционирования и противообледенительной системы, устранения привода гидросистемы, интеграции источника электрической энергии с авиационным двигателем, широкого применения электроприводов в системах управления ГТД, а также в системах топливо- и маслопитания [1].

В существующих системах управления топливной системы ГТД находят применение агрегаты на основе электроприводов, такие как приводы пожарного крана и топливных насосов.

Специалистами ОАО «Электропривод» разработаны электромеханизмы типов ЭПВ-150МТ, ЭПВ-250Т, МПК-37 (рис. 1), МПК-14МТВ-1 2 серия, которые широко применяются на различных типах ГТД. Например,

электромеханизмы ЭПВ-150МТ разных модификаций применены в составе кранов на авиадвигателях типов Д-30, ВК-1500, НК-8, НК-16, ТВ3-117 и других. Особенности условий работы электромеханизмов на ГТД являются: температура окружающей среды до +150°С и механические воздействия с ускорением до 10 g. В этих крановых электромеханизмах применяются коллекторные электродвигатели постоянного тока с электромагнитной муфтой торможения.

Кроме электромеханизмов, устанавливаемых непосредственно на ГТД, применяется большое количество электромеханизмов в системах управления отбором воздуха для кондиционирования на топлив-

ных и гидравлических магистралях.

Применение электроприводов в системах перспективных ГТД связано с использованием вентильных электродвигателей (ВД), в том числе интегрированной конструкции, обеспечивающих значительное увеличение срока службы и устойчивости к механическим воздействиям благодаря отсутствию щеточно-коллекторного узла. Применение ВД также дает возможность снизить интенсивность износа электромагнитной муфты за счет использования ее в режиме удержания и для создания тормозного момента при частоте вращения, близкой к нулевой. Снижение частоты вращения ВД до включения электромагнитной муфты достигается торможением с помощью протитовключения ВД.

Реализация этого направления на основе технических решений, полученных при разработке электромеха-



Рис. 1. Электромеханизм МПК-37.

низма МРС-1, предназначенного для регулирования катапультных кресел, предусмотрена планом научно-исследовательских работ ОАО «Электропривод» на 2011 г.

Другим направлением применения электроприводов на ГТД являются электроприводы для топливных насосов.

По этой тематике выполнен эскизно-технический проект «Электропривод для насоса топливопитания газогенератора ЭПН-1». В составе электропривода применен вентильный электродвигатель постоянного тока ДБ100-2200-8 мощностью 2,6 кВт с высококоэрцитивными постоянными магнитами и аналоговой системой управления. Напряжение питания – 27 В постоянного тока, частотой вращения 8900 об/мин.



Рис. 2. Электродвигатель ДБ100-3700-8.

Продолжением работ в этом направлении стала разработка опытного образца электропривода топливного насоса для топливной системы ГТД. Электропривод, обеспечивающий регулируемую подачу топлива, выполнен на основе вентильного электродвигателя постоянного тока ДБ100-3700-8 (рис. 2) и блока управления. В блоке управления, реализованном на базе цифрового микроконтроллера, проработаны технические решения по улучшению массогабаритных показателей. Выходная мощность электропривода – 3 кВт. Напряжение питания электродвигателя – 270 В постоянного тока. Электропривод обеспечивает регулирование частоты враще-

ния в диапазоне 12000 – 500 об/мин.

В 2004-2008 гг. в ФГУП ЦИАМ им. П. И. Баранова проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на создание ГТД для «электрического» самолета. Электроприводы топливного насоса и входного направляющего аппарата успешно использовались в испытаниях электроприводных систем на двигателе АИ-25ТЛ.

Совершенствование электроприводов для систем топливопитания авиадвигателей, а также других назначений в ОАО «Электропривод» направлено на внедрение систем векторного управления ВД с возбуждением от постоянных магнитов. Векторное управление позволяет существенно увеличить диапазон и точность регулирования, повысить быстродействие.

По результатам испытаний макетного образца, разработанного в ОАО «Электропривод», обеспечены кратность регулирования частоты вращения более 2000 и КПД электродвигателя 93 %.

В системах запуска и генерирования электрической энергии «электрического» ГТД предполагается совмещение функций стартера и генератора в одной

электрической машине, а в перспективе применение встроенного стартер-генератора, а также существенное увеличение мощности как источников электрической энергии, так и системы электроснабжения в целом.

В 2009-2010 гг. ОАО «Электропривод» провело экспериментально-теоретические исследования по созданию научно-технического задела по разработке электрических систем генерирования и запуска маршевых двигателей СПЭО. Объектом исследования была система электроснабжения трехфазного переменного тока напряжением 230/400 В переменной частоты 360–800 Гц, реализуемая на базе синхронного генератора с вра-

щающимися выпрямителями с обеспечением стартерного режима. Параметры стартер-генератора в стартерном режиме: 100 кВт при частоте вращения 4000 об/мин, максимальная частота вращения в стартерном режиме – 9550 об/мин; номинальная мощность в генераторном режиме 240 кВА, частота вращения – не менее 16000 об/мин. Найденное техническое решение по реализации стартер-генераторного режима подтверждено экспериментально на базе серийного генератора ГТ40ПЧ8.

Специалистами предприятия разработаны электроприводы: ЭПА-1М, предназначенные для перемещения исполнительного устройства направляющего аппарата газотурбинных установок ГТУ-12П и ее модификаций; ЭПУ-1-Э, ЭПУ-2-Э – для газотурбинного привода ГТП-30-300, а также волновые шаговые двигатели типа ДВШ100-1,6, предназначенные для работы в качестве исполнительных механизмов систем автоматического управления ГТУ. Разрабатывается электропривод ЭПА-2 для двигателя НК-38СТ, обладающий радикально улучшенными техническими и массогабаритными характеристиками по сравнению с электроприводом ЭПА-1М.

Кроме того, наше предприятие разработало и серийно выпускает ряд систем электрозапуска ГТД на газоперекачивающих агрегатах, созданных на основе авиадвигателей. Технический уровень систем электрозапуска подтвержден патентами на изобретение и промышленный образец, сертификатами соответствия и разрешениями на применение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Диапазон мощностей электростартеров от 65 до 160 кВт. Разработано технико-коммерческое предложение на электростартер СТВД-400-10Т, создающий момент вращения более 550 Н·м для обеспечения страгивания ротора газотурбинной установки. Также разработаны блоки БАЗ-30 и ПСГ-30 для управления запуском ГТП-30-300.

Для привода насоса криогенного топлива в составе энергетической установки ГТЭ 8,3/НК на газотурбовозе ГТ-1 разработан электропривод



Рис. 3. Электродвигатель ДАТВ200-18Т-18.

ЭПН-361 на основе высокоскоростного асинхронного частотно-регулируемого электродвигателя ДАТВ200-18Т-18 (рис. 3) мощностью 21 кВт с масляной системой охлаждения и частотой вращения 21000 об/мин.

Для выполнения инновационных разработок в ОАО «Электропривод» ежегодно на основе анализа перспективных направлений развития авиационного электрооборудования составляется план научно-исследовательских работ и предусматривается их финансирование. Объем финансирования НИР в 2010 г. составил 1,2 % от общего объема работ, в 2011 г. планируется израсходовать на эти цели 2,3 %.

Развиваемые на ОАО «Электропривод» инновационные направления в разработке электроприводов для ГТД, большой опыт по разработке блоков автоматического запуска и коммутации ГТД, бортовых систем генерирования и запуска, а

также электромагнитных устройств, представляют современную высокотехнологичную основу для создания перспективного электротехнического оборудования для новых поколений газотурбинных двигателей СПЭО.

Литература:

1. Информационное издание ВИНТИ «Самолеты с полностью электрифицированным оборудованием», Д.Э. Брускин, С.И. Зубакин.

Тувев 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».

Волокитина Елена Владимировна – в 1981 году окончила Кировский политехнический институт по специальности «Электромеханика». В 2006 году защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Исследование и разработка быстродействующего вентильного электропривода органов управления новых самолетов». Доцент кафедры «Электрические машины и аппараты» Вятского государственного университета. Опыт работы в области вентильных электродвигателей – 25 лет, авиационного электропривода – 15 лет. В настоящее время работает ведущим конструктором, руководителем проекта ОАО «Электропривод». Автор 57 научных трудов. Награждена Дипломом ла-

уреата Всероссийского конкурса «Инженер года-2011» по версии «Профессиональные инженеры».

Журавлева Анна Иллариевна – родилась в 1962 году. В 1984 году окончила Кировский политехнический институт по специальности «Инженер-системотехник». В области авиационной электротехники 24 года. В настоящее время работает руководителем тематического направления ОАО «Электропривод».

Тувев 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».

Volokinina Elena – in 1981 she graduated from Kirov Polytechnic Institute, specialization is «Electromechanics». In 2006 she defended a candidate thesis, the theme is: «Research and development of quick-operating valve electric drive of new plains controllers». She is an associate professor of «Electric machines and equipment» department in Vyatskiy State University. Her job experience in the sphere of valve electric drivers is 25 years, aviation electric drivers – 15 years. At present she is working as a leading designer, project manager in JSC «Electroprivod». She is the author of 57 scientific works. She is awarded to the laureate diploma of All-Russian competition «Engineer of the year 2011» according to the version «Professional Engineers».

Zhuravleva Anna – was born in 1962. In 1984 she graduated from Kirov Polytechnic Institute, speciality is «Systems Engineer». She works in the sphere of aviation electrical engineering for 24 years. At present he is working as the head of the Subject Direction in JSC «Electroprivod».