

УДК 621.3

## АВИАЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Кисляк Д.В.

Научный руководитель — к.т.н., доцент Константинова С.В.

Сегодня реактивные двигатели полностью обеспечивают энергетические потребности самолетов. Их принцип действия основан на сжигании топлива и образовании выхлопных газов, которые и создают силу тяги, что наносит ущерб экологии. Альтернатива реактивному двигателю — электрический. Удельная мощность современных электродвигателей для авиации не превышает 5 кВт/кг, в то время как реактивные обладают мощностью до 8 кВт/кг. Замена двигателя повлечет за собой снижение грузоподъемности самолета, что в настоящее время экономически нецелесообразно.

Применение сверхпроводниковых материалов способно увеличить удельную мощность электродвигателей. Что бы такой переход был эффективен с точки зрения экономики, необходимо не просто сравнить удельную мощность электрических двигателей с турбинными, а значительно увеличить. Это можно осуществить, перейдя на охлаждение сверхпроводниковых двигателей жидким водородом ( $-253^{\circ}\text{C}$ ). Данная степень охлаждения сверхпроводников способна повысить удельную мощность двигателя до 30 кВт/кг. Но на данный момент проблема применения жидкого водорода заключается в том, что он взрывоопасен, дорого стоит и требует немало энергии для производства.

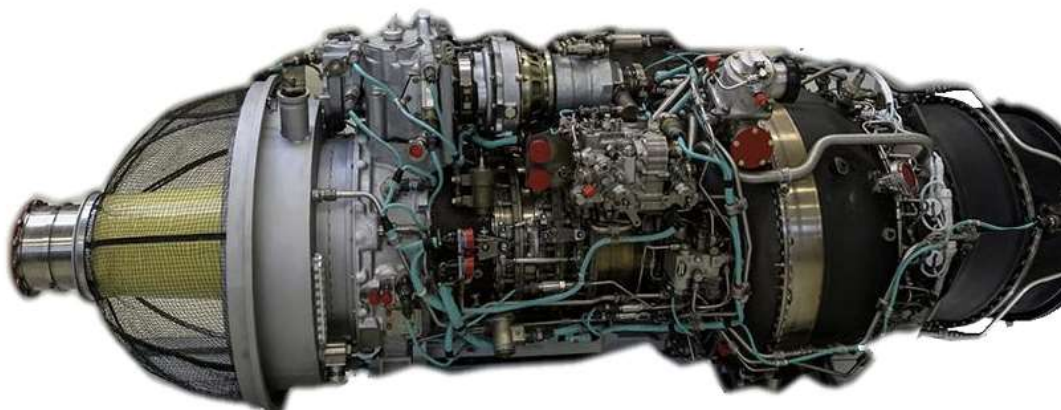


Рисунок 1. Электрический авиадвигатель

### Авиационные электродвигатели переменного тока

Эти двигатели конструктивно проще двигателей постоянного тока, более надежны в работе, но обладают несколько худшими пусковыми и регулировочными характеристиками.

В авиационных электроприводах наибольшее распространение получили трехфазные и двухфазные асинхронные электродвигатели переменного тока. Гистерезисные и шаговые, или импульсные, двигатели имеют ограниченное применение в следящих системах, индикаторных и коммутационных устройствах.

**Трехфазные асинхронные двигатели.** Магнитная система двигателя состоит из неподвижного статора и ротора. В пазах статора смонтирована трехфазная обмотка. При подключении ее к источнику трехфазного переменного тока возникает вращающееся магнитное поле  $\Phi$ , частота которого пропорциональна частоте  $f$  тока и количеству пар полюсов  $2p$ . Ротор представляет собой «беличью клетку».

**Двухфазные асинхронные двигатели.** Конструкция этих двигателей представляет собой асинхронную электрическую машину с короткозамкнутым (полым) ротором и двумя обмотками возбуждения. Сетевая и управляющая обмотки размещены под углом  $90^\circ$  друг к другу. Чтобы напряжения в этих обмотках были бы сдвинутыми на  $90^\circ$ , последовательно с обмоткой включен конденсатор. При таком пространственном положении обмоток и сдвиге фаз напряжений образуется вращающееся магнитное поле, частота которого пропорциональна частоте тока питания двигателя.

### Перспективы в будущем

Осенью 2020 в России запланированы лётные испытания гибридного авиационного двигателя. Агрегат будет установлен на летающую лабораторию, которая создаётся на базе пассажирского самолёта Як-40. Предполагается, что гибридный двигатель позволит значительно уменьшить расход топлива и снизить стоимость перевозок. Мощность изделия составляет 500 кВт, но учёные планируют увеличить этот показатель.



Рисунок 2. Як 40

Мощность электрического двигателя, который будет крутить воздушный винт, составляет 500 кВт. Для его питания использованы генераторы (400 кВт) и аккумуляторы (100 кВт).

Современные газотурбинные двигатели отличаются большой «прожорливостью» во время взлёта, набора высоты и посадки. В экономичном режиме проходит только крейсерский полёт. Специалисты ЦИАМ (Центрального института авиационного моторостроения имени П.И. Баранова) предлагают накапливать электроэнергию в период максимальной работы керосинового двигателя, а потом использовать её в режиме крейсерского полёта. Особенность двигателя, который разрабатывает ЦИАМ, заключается в

применении в качестве обмоток высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) второго поколения. Это первый в России производитель электроэнергии авиационного назначения мощностью более 150 кВт. КПД агрегата достигает 96%. «КПД электрических двигателей на ВТСП составляет 98%. При мощностях более 500—1000 кВт удельная масса подобных электрических машин будет существенно ниже, чем у традиционных», — уточняется в материалах ЦИАМ. Выигрыш от гибридизации может оказаться большим из-за продолжительного крейсерского полёта.

На сегодняшний день важным вопросом является уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и экономичности установок, что привлекает внимание к использованию гибридных силовых установок в летательных аппаратах.



Рисунок 3. ЛА Siemens Extra 330LE

По словам экспертов, «на текущем этапе появление электродвигателей способно стать стимулом для развития малой авиации, а в перспективе технологии электродвижения будут применяться на узко-фюзеляжных самолётах». Перспективы электроавиации зависят от научно-технических разработок в области электротехники. Вспомогательные электромоторы на планеры ставили еще несколько десятилетий назад. Самолет Extra 330LE (рисунок 3), впервые поднялся в воздух в 2016 году, и ставит рекорды скорости. Его блок из 14 мощных литий-ионных батарей и электродвигатель от Siemens позволяют этому крохе брать на борт лишь двух человек, включая пилота, и находиться в воздухе не дольше 20 минут. Намного выигрышней выглядит ситуация с топливными элементами, в которых химическая энергия топлива превращается в электрическую непосредственно, минуя процесс горения. Наиболее перспективным топливом для такого источника питания считается водород. Эксперименты с топливными элементами в качестве источника питания для электросамолета ведутся в разных странах мира. Из летавших и пилотируемых концептов можно вспомнить европейский демонстратор ENFICA-FC Rapid 200FC — в нем использовались одновременно как

электробатарей, так и топливные элементы. Эта технология нуждается еще в значительной доработке и дополнительных исследованиях.



Рисунок 4. Двухместный электрический самолет E-Fan

Переход на электродвигатели, и на гибридные схемы в авиации открывает много перспектив. Celineg- концепт полностью электрического самолета, разработанный немецким исследовательским институтом Bauhaus Luftfahrt. Авторы полагают, что прогресс в области создания электробатарей позволит концепту пролетать до 1300 км на одной зарядке уже к 2030 году, а к 2040-му— до 3000 км. С помощью генератора ГТД сможет вырабатывать энергию для непосредственного питания электродвигателей, а также для создания запаса заряда в аккумуляторах. Помощь аккумуляторов особенно необходима на взлете. В отличие от авиадвигателя ГТД, гибридный электро-самолет более надежным, экологичным, проще по конструкции, дешевле и, будет обладать большим ресурсом. Сегодня классическая схема компоновки лайнера предполагает две точки приложения тяги, то есть два или четыре, мощных двигателя, висящих на пилонах под крылом. В электро-самолетах рассматривается схема размещения большого числа электродвигателей вдоль крыла, а также на его концах. На взлете, при малой скорости набегающего потока летательному аппарату, для создания подъемной силы необходимо крыло большой площади. На крейсерской скорости широкое крыло мешает, создавая избыточную подъемную силу. Проблема решается за счет сложной механизации— выдвигаемых закрылков и предкрылков. Самолеты меньшего размера, взлетающие с небольших аэродромов и имеющие для этого большие крылья, вынуждены идти на крейсерском участке с неоптимальным углом атаки, что приводит к дополнительному расходу топлива. Если на взлете множество электромоторов, соединенных с винтами, будут дополнительно

обдуть крыло, его размер можно уменьшить. Самолет взлетит с коротким разбегом, а на крейсерском участке узкое крыло не создаст проблем. Машину будут тянуть вперед винты, вращаемые маршевыми электродвигателями, а пропеллеры вдоль крыла на этом этапе будут сложены или убраны до посадки.

Перспективой является создание «интеллектуальные лайнеров» самостоятельно прокладывающих маршруты исходя из параметров экологичности и топливной эффективности на основе анализа данных о погоде и состоянии атмосферы.



Рисунок 5. SUGAR Volt «subsonic ultra-green aircraft research» – «исследование по созданию дозвукового весьма экологичного самолёта»

Новые силовые установки и аэродинамика лайнеров позволят им взлетать по максимально возможной крутой траектории, чтобы уменьшить шум в районе аэропортов. Самолеты будущего смогут заходить на посадку в планирующем режиме, что сэкономит топливо, снизит посадочную скорость и позволит сократить длину взлетно-посадочных полос. Для руления лайнеры планируется оснастить электрическими мотор-колесами.

#### Литература

1. [Электронный ресурс] URL: <https://naukatehnika.com/era-elektrosamoletov-elektrodvagatelej.html>
2. [Электронный ресурс] URL: <https://russian.rt.com/russia/article/663740-aviatsiya-gibrid-elektrodivigatel-ciam-maks>