

деления реальных значений модуля упругости [1]. На рисунке 1 представлены результаты проведенных тестов. Были исследованы провода различных сечений.

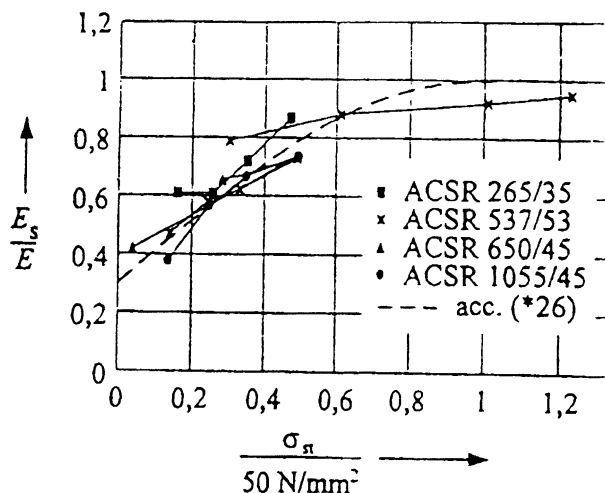


Рисунок 1. Опытные кривые для определения модуля упругости витого провода

Учет рассмотренных факторов позволяет приблизить результаты упрощенного метода расчета к опытным данным. Для дальнейшего повышения достоверности расчетов T_{\max} используются коэффициенты максимальных тяжений K_{T2} и K_{T3} , величины которых определяются вычислительным экспериментом.

Литература

1. The mechanical effects of short-circuit currents open-air substations (rigid or flexible bus-bars). Brochure from CIGRE. SC 23. – Paris, 1996.

УДК 621.316

СТРУЙНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Титова Е.Л., Маркевич Д.В., Сеч В.И.

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Уже давно на практике осуществляется управляемое преобразование и использование природной энергии, например, при эжекторном увеличении реактивной тяги. Поэтому удивительно, что до сих пор атмосфера не стала объектом тщательного научного исследования с целью разработки процессов управляемого преобразования энергии атмосферных газов для её использования в энергетических и транспортных системах. Ведь в эжекторном процессе присоединения дополнительных воздушных масс к активной струе рабочего тела равновесное состояние атмосферы нарушается за счёт управляемого локального воздействия этой активной струи, а при его восстановлении атмосфера совершает механическую работу, которая зависит от величины и способа воздействия, а также параметров эжекторных устройств и сферы их применения.

В эжекторном процессе – параллельного присоединения дополнительных масс к стационарной реактивной струе тяга увеличивается без дополнительных затрат энергии топлива за счёт «неуравновешенной силы внешнего давления на входной раструб (заборник) эжектора, появление которой обусловлено понижением давления на стенках раструба при втекании в него эжектируемого воздуха».

В другом эжекционном процессе – последовательного присоединения (имеющего иную физическую основу, которая не обязательно связана со смешением объединяемых масс) воздействие пульсирующей активной струи создаёт периодическое разрежение в эжекторном насадке, при котором за счёт неуравновешенной силы атмосферного давления, вслед за каждым импульсом активной струи ускоряется воздух. Процесс может происходить практически без смешения объединяемых масс и уменьшения скорости активной струи. Но возможно это лишь в узком диапазоне величин и соотношений его основных параметров: расчётной частоты, формы, длительности и скорости газовой массы импульсов активной струи, скорости набегающего потока, а также конструктивных параметров эжекторного устройства. Только при их определённом значении присоединение происходит за счёт последовательного втекания воздушных масс вслед за газовой массой импульсов, при котором практически отсутствует их выталкивание из эжекторного насадка газовой массой следующего импульса и турбулентное смешение разделённых газовых масс, уменьшающие эффективность процесса преобразования энергии атмосферы. Этот процесс, в отличие от стохастического природного, управляемый, потому что величина присоединяемой воздушной массы и её скорость зависят от параметров, которые можно изменять, и существенно более эффективный, чем процесс параллельного присоединения.

Следует отметить, что если процесс присоединения дополнительных масс, в котором происходит существенный прирост кинетической энергии реактивной струи, применяется для увеличения тяги реактивного двигателя, то большая часть дополнительно полученной энергии не может быть использована для выполнения полезной работы и неизбежно рассеивается в атмосфере, создавая при этом иллюзию низкой эффективности и самого процесса присоединения.

Рассмотрим четыре основных способа преобразования низкопотенциальной энергии в струйных двигателях с использованием процесса последовательного присоединения дополнительных масс.

Первый способ. Кинетическую энергию газовой массы для получения мощности на валу можно использовать только в двигателях динамического принципа действия. В данном случае низкопотенциальная энергия преобразуется в струйном ГТД с эжекторным сопловым аппаратом и рабочим телом, получаемым при сгорании топлива в камере периодического сгорания. Процесс последовательного присоединения воздушных масс состоит из повторяющейся с заданной периодичностью пары последовательных, но разных термодинамических циклов – в каждом цикле свой источник энергии и рабочее тело. В первом цикле после сгорания топлива энергия продуктов сгорания, истекающих из реактивного сопла, преобразуется в кинетическую энергию первой части реактивной массы, которая движется в эжекторном насадке как газовый поршень и создаёт вслед за собой разрежение, а при истечении воздействует на лопатки турбины, создавая момент на валу. За счёт полученного в насадке разрежения, источником энергии во втором цикле становится потенциальная и тепловая энергия сжатого силой гравитации атмосферного воздуха, который под действием разности давлений втекает в насадок, расширяясь, охлаждаясь и ускоряясь как в стохастическом природном процессе, но в заданном направлении, образуя при истечении из эжекторного насадка вторую часть реактивной массы с расчётными термодинамическими параметрами, которая тоже воздействует на лопатки. При ускорении присоединяемого воздуха в насадке понижается давление, увеличивая разность потенциалов давлений перед истечением в него газовой массы импульса активной струи следующего периода и, соответственно, кинетическую энергию данной массы. Как следствие ускорения повышается степень разрежения в насадке во втором цикле этого периода и скорость присоединяемого в нём воздуха. В результате преобразования энергии низкопотенциального источника – атмо-

сферы в предыдущем периоде создаются условия для повышения эффективности преобразования энергии высокопотенциального источника в следующем периоде.

Таким образом, в отличие от процесса параллельного присоединения, в котором уменьшается кинетическая энергия эжектирующего потока за счёт перераспределения его первоначальной энергии на большую массу газа, периодическое нарушение равновесного состояния атмосферы в эжекторном насадке воздействием пульсирующей активной струи создаёт в нём с заданной частотой разность потенциалов давлений, обеспечивающую при восстановлении равновесного состояния не только ускорение присоединяемых воздушных масс, но и увеличение кинетической энергии активной струи. А в результате этого дискретного процесса объединённая масса воздействует на лопатки турбины с возросшей кинетической энергией, увеличивая момент на её валу без дополнительных затрат топлива. При этом для получения одинаковой мощности топлива затрачивается меньше, чем в ГТД традиционных схем.

Второй способ. Оптимальное значение продуктов сгорания в процессе присоединения находится в диапазоне скоростей, которые можно получать без дополнительного подогрева сжатого рабочего тела перед его расширением в реактивном сопле. Следовательно, продукты сгорания можно заменить воздухом, сжимаемым в компрессоре, а камеру сгорания пневмоаккумулятором с большим объёмом. При истечении воздуха из пневмоаккумулятора давление перед критическим сечением сопла остаётся постоянным в течение всего цикла. Поэтому «хвостовая» часть газовой массы импульсов активной струи, снижающая эффективность процесса присоединения, отсутствует, что практически исключает смешение последовательно движущихся разделённых воздушных масс и, следовательно, потери на их трение.

Третий способ. Процесс последовательного присоединения можно использовать для получения мощности, высокопотенциальной теплоты и «холода» также и вне атмосферных условий, преобразуя тепловую энергию внешней среды в замкнутом термодинамическом цикле.

Четвёртый способ. Процесс подготовки рабочего тела без предварительного механического сжатия – при ускорении в результате нагрева перед расширением за счёт теплоты различных источников энергии. Например, низкопотенциальным теплом внешней среды в пневмоаккумуляторе. Необходимое давление в замкнутом объёме может быть получено только при расчётной разности температур (перед нагревом) между источником теплоты и нагреваемым рабочим телом. При нагреве низкопотенциальным теплом такую разность можно получать, понижая температуру рабочего тела. Для этого пневмоаккумулятор перед нагревом нужно заполнять отработавшей в предыдущих периодах газовой массой, температура которой зависит от многократности её использования в процессе присоединения и может быть на сотни градусов ниже температуры внешнего источника теплоты.

В заключение, необходимо отметить, что не вся теплота внешних источников преобразуется в работу, часть её в разной степени, но во всех способах рассеивается во внешней среде в процессах преобразования энергии. Кроме того реактивная тяга и кинетическая энергия объединённой массы, получаемые в результате процесса последовательного присоединения, могут быть значительно больше тяги и кинетической энергии активной струи. Управляемые и бестопливные способы преобразования низкопотенциальной энергии внешней среды отличаются лишь организацией теплообмена с этой средой, различными вариантами подготовки рабочего тела для образования активной струи и её ускорения, а также сферами применения. Они принципиально отличны от традиционных способов, но для их реализации не требуются какие-либо новые, ранее не освоенные производственные технологии. Принцип увеличения кинетической энергии одинаков во всех способах: прирост происходит при восстановлении газовыми

массами низкопотенциального рабочего тела равновесного состояния, нарушаемого газовой массой импульсов активной струи в эжекторном насадке. Величина прироста кинетической энергии зависит от соотношений основных параметров процесса последовательного присоединения, а также соотношения конструктивных параметров и пропорций эжекторного устройства.

Таким образом, использование процесса последовательного присоединения дополнительных масс в энергетических системах позволяет без ущерба для экологии преобразовывать неисчерпаемую, даровую природную энергию в любом месте и независимо от условий внешней среды в необходимый вид энергии, доступный для потребления непосредственно в местах выработки. Используя в качестве источника тепловой энергии воду, лёд, атмосферу, можно изменять их термодинамические параметры и управлять агрегатным состоянием, а при масштабном применении струйных бестопливных технологий – влиять на климатические условия и не допустить глобального потепления климата.

Бестопливные струйные двигатели могут иметь широкий диапазон мощностей и сферы применения. В зависимости от используемых циклов и назначения, они способны работать в любых условиях внешней среды: в атмосфере, космосе, под водой. Их производство проще, эффективнее аналогичных традиционных и возможно на большинстве машиностроительных предприятий.

Литература

1. Абрамович, Г.Н. Прикладная газовая динамика. – М.: Наука, 1969.
2. Кондратов, Б.М. Способы преобразования низкопотенциальной энергии // Прикладная физика. – 2003. – № 3.
3. Кондрашов, Б.М. Струйные энергетические технологии // Экология и промышленность России. – 2004. – № 9.

УДК 621.315/316.351

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОКОВ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГИБКИХ ШИН ПО УСЛОВИЮ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОГО СБЛИЖЕНИЯ ФАЗ

Андрукевич А.П.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СЕРГЕЙ И.И.

Вычислительный эксперимент проводился с помощью компьютерной программы BusEf. Максимальное сближение соседних фаз гибких шин наблюдается при двухфазном КЗ, когда они сближаются после отключения КЗ в результате колебаний проводов. Поэтому за расчетное в программе было принято двухфазное КЗ. За максимально допустимый ток электродинамической стойкости гибких шин принималось значение тока КЗ, соответствующее минимально допустимому расстоянию между проводниками соседних фаз при их сближении после отключения КЗ.

Анализ траекторий движения проводов после отключения КЗ показывает, что в зависимости от длины пролета и стрелы провеса провода, могут быть две траектории движения, при которых возможно недопустимое сближение фаз. Первая характерна для средних значений токов КЗ, когда провод, после того как поднялся на определенную высоту, начинает свое падение под некоторым углом к своему первоначальному положению. Вторая обусловлена действием больших токов КЗ, когда импульса электродина-