

УДК 621.436

Л.И.Гречихин, Н.Г.Куць
Минский государственный высший авиационный колледж
Луцкий национальный технический университет
ОТКРЫТЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ

Рассмотрен общий принцип преобразования энергий в открытых энергосистемах. Дано обоснование работы теплового насоса на основе молекулярно-кинетической теории. Показано, что работа вентилятора, компрессора и турбины представляют собой тепловые насосы. Выяснено, в каких условиях электромагнитные системы могут работать как тепловой насос.

Ключевые слова: энергокомплекс, тепловой насос, воздушный тепловой насос, электромагнитный тепловой насос.

Форм 9. Лит 11.

Л.І.Гречихін, Н.Г.Куць
ВІДКРИТІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

Розглядається загальний принцип перетворення енергії у відкритих енергосистемах. Проводиться обґрунтування теплового насоса на основі молекулярно-кінетичної теорії. Показано, що робота вентилятора, компресора і турбіни являють собою теплові насоси. Уточнені умови, в яких електромагнітна система може працювати як тепловий насос.

Ключові слова: енергокомплекси, тепловий насос, повітряний тепловий насос, електромагнітний тепловий насос.

L.Gretchihin, N.Kuts.
OPENED ENERGY SYSTEM ON TRANSPORT

It was considered a general principle of energy conversion in the opened energy systems. Justification is given for work of the heat pump on the basis of the molecular-kinetic theory. It is shown that the fan, compressor and turbine are working as a heat pump. Electromagnetic heat pump can be used on any vehicle. It has quite low weight and small overall performance, and heat exchange with the environment is carried out throughout the area of the vehicle with ram air, that is implemented by a huge collector of the heat pump.

Key words: energy complex, heat pump, air heat pump, electromagnetic heat pump.

Постановка проблемы. Известно, что работающая турбина преобразует тепловую энергию в механическую работу, а затем в электрическую энергию. Такая система представляет собой тепловую машину, которая работает по замкнутому термодинамическому циклу Брайтона. Вентилятор и компрессор также работают по замкнутому термодинамическому циклу Брайтона. Это не вызывает никаких сомнений, так как термодинамическое описание работы тепловой машины исходит из того, что термодинамическая система замкнута. Когда рассматривается работа двигателя внутреннего сгорания, то в этом случае энергетическая система действительно замкнута, а в случае работы двигателей с внешним сгоранием, работа вентилятора, компрессора и турбины происходит существенное взаимодействие с окружающей средой и тогда система не является замкнутой. В этом случае поступают следующим образом. Из общего энергетического комплекса выделяется контролируемая ее часть и рассматривается она, как замкнутая термодинамическая система. Тогда возможно понять, что происходит, когда такая система потребляет или отдает какое-то количество энергии. При этом процессы взаимодействия с окружающей средой полностью исключаются. Однако именно эти процессы в основном обуславливают эффективность работы тепловой машины открытого типа, т.е., определяют коэффициенты взаимного преобразования разных видов энергий.

Если учитывать процессы, обеспечивающие внешнюю энергосвязь, то закон сохранения энергии следует применять, как его определил Ломоносов. Если закон сохранения энергии в формулировке Джоуля применяется для замкнутых и консервативных систем, то закон сохранения энергии в формулировке Ломоносова справедлив не только для замкнутых и консервативных систем, но и для открытых систем. Казалось бы небольшое отличие одной и другой формулировок закона сохранения энергии не является принципиальным отличием. Однако это приводило к неправильному пониманию, как работает тепловая машина открытого типа.

Анализ публикаций. Впервые в общем виде полный анализ работы энергосистем открытого типа был выполнен в работе [1] без конкретного приложения. Конкретно вентилятор, компрессор и турбина являются энергосистемами открытого типа аналогично работе теплового насоса. Тепловой насос - это устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой [2-5]. Такое определение теплового насоса сложилось в результате

первоначального применения его для обогрева помещений разного назначения. Более полное определение теплового насоса – это устройство, которое принудительно осуществляет переход энергии от более низкого, к более высокому энергетическому состоянию не только одного вида, но и с преобразованием разных видов энергий путем создания такой разности энергетических состояний, когда самопроизвольно происходит переход энергии от одной энергосистемы к другой.

Разность энергетических состояний, которая обеспечивает самопроизвольный переход энергий от одной энергосистемы к другой, создается как естественным, так и искусственным путем. В качестве примера на рис. 1. показана принципиальная схема компрессионного теплового насоса, применяемого для обогрева помещения.

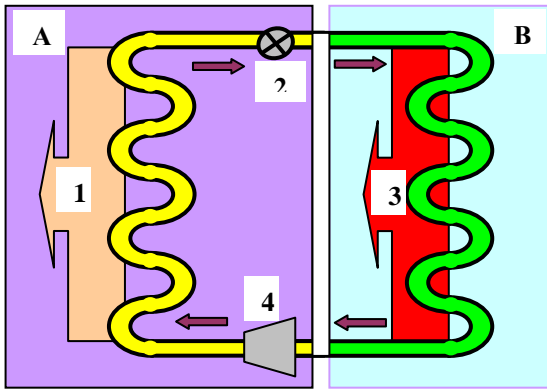


Рис. 1. Схема компрессионного теплового насоса: 1- конденсатор, 2 – дроссель, 3 – испаритель, 4 - компрессор

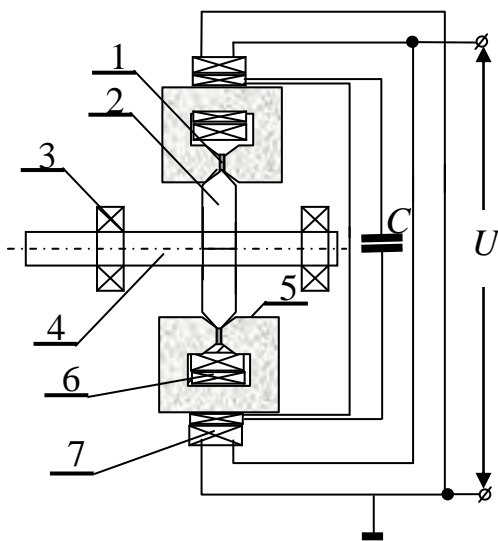


Рис. 2. Принципиальная схема резонансного магнитодинамического генератора переменного тока: 1 – постоянный магнит; 2 – металлический диск ротора; 3 – радиальный шариковый подшипник; 4 – вал ротора; 5 – сердечник магнитной катушки; 6 – катушка индуктивности; 7 – обмотка выходного трансформатора.

В испарителе 3 хладагент испаряется и компрессором 4 пар подается в конденсатор 1, который нагревается и тепло отдает в помещение. Дроссель 2 служит для согласования сжатия – разрежения при работе теплового насоса. Получается, что компрессор 4 осуществляет переход энергий от низкопотенциального В к высокопотенциальному источнику энергий А, а в источнике А создается разность энергетических состояний относительно окружающей среды такая, что позволяет самопроизвольно повышать температуру внутри помещения путем организации теплового потока 1 (рис.1). Принципиальная схема работы теплового насоса, приведенная на рис.1, позволяет понять только принцип работы теплового насоса. Реально тепловые насосы создаются по более сложной схеме.

В настоящее время уже созданы электрические мотор-генераторы магнитодинамического типа, которые преобразуют механическую энергию в электрическую в резонансном режиме, и при этом позволяют получать большие мощности, а также вырабатывать избыточную энергию за счет взаимодействия с окружающей средой [6,7].

Конструкция магнитодинамического генератора резонансного типа изображена на рис.2. Ротор такого преобразователя представляет собой металлический вал 4, на котором крепится металлический диск 2. На диске 2 по внешнему радиусу установлены плоские постоянные магниты 1. Форма и толщина плоского магнита может быть разной. Число постоянных магнитов должно быть четным и определяется механической мощностью, которую необходимо преобразовать в электрическую энергию, когда такое устройство работает как генератор. Металлический диск с постоянными магнитами вращается по часовой или против часовой стрелки, и при этом в индуктивностях L наводится ЭДС индукции. Сердечники индукционных катушек 5 имеют зазор,

почти равный толщине магнитов.

Постоянные магниты используются на основе ферритов-гранатов, которые расположены по окружности диска 2. На рис.2 показан только один металлический диск с постоянными магнитами. Количество таких дисков определяется механической мощностью, которую необходимо преобразовать в электрическую энергию. Один металлический диск с постоянными магнитами, пересекающий зазор в катушках индуктивности, представляет собой отдельный модуль. На рис.6

показан только один модуль, размещенный на металлическом вале ротора 4. Таких модулей может быть несколько. Между собой они соединены параллельно или последовательно электрической цепью. Мощность преобразования энергии возрастает как в первом, так и во втором случаях. Катушки индуктивности со своей электроемкостью и вращающийся металлический диск представляют собой замкнутую резонансную энергосистему. Мощность, вырабатываемая генератором, снимается с резонансного контура с помощью повышающего трансформатора 7.

Движение транспортных средств совершается со сравнительно большими скоростями. Поэтому взаимодействие с окружающей средой возникает достаточно эффективное. Поэтому транспортное средство, движущееся в атмосфере Земли, является открытой энергосистемой. Окружающая нас среда насыщена тепловой, электрической и электромагнитной энергией достаточно большой величины. Если организовать кругооборот этой энергии с высоким коэффициентом преобразования, то можно получить экологически чистый прирост энергии и использовать этот прирост во всех сферах энергопотребления.

Цель и задачи исследования. Вентилятор, компрессор и турбина являются энергосистемами открытого типа аналогично работе теплового насоса. В этой связи возникает цель: рассмотреть работу тепловых насосов, как открытых энергосистем не с позиций термодинамики, а с применением молекулярно-кинетической теории, которая позволяет описать работу энергосистем как замкнутых, так и открытых.

Поставленная цель может быть достигнута путем решения следующих задач:

- рассмотреть общий принцип преобразования энергий в открытых энергосистемах;
- обосновать работу теплового насоса как открытой энергосистемы с применением молекулярно-кинетической теории;
- выяснить какие элементы в общей конструкции транспортного средства приводят к охлаждению корпуса двигателя;
- определить условия работы сложных бортовых электромагнитных энергокомплексов, когда возникает эффективный теплообмен с окружающей средой и реализуется принцип работы теплового насоса.

Результаты исследования. 1. Общий анализ работы открытой энергосистемы

Открытая энергосистема осуществляет перекачку энергии от одной энергосистемы к другой. Чтобы такая перекачка энергии происходила, необходимо от третьего независимого источника энергии использовать определенную энергию и преодолеть энергию активации. На рис.3 приведена общая структура работы сложной открытой системы. От независимого источника энергии 1 работает устройство 2, которое от источника энергии 4 отбирает энергию и передает ее потребителю 3. Если система замкнутая, то для такой системы применим закон сохранения энергии. Одновременно работают три энергосистемы. Результирующая энергия всех трех систем со временем не изменяется. Тогда закон сохранения энергии представится в виде

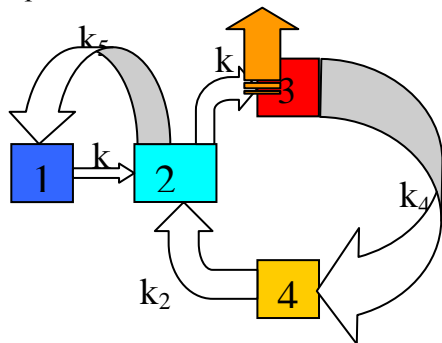


Рис. 3. Общая схема работы теплового насоса: 1 – независимый источник энергии; 2 – согласующее устройство; 3 – потребляющая энергосистема; 4 – питающая энергосистема

$$E_1 + E_3 + E_4 = \text{const.} \quad (1)$$

В равенстве (1) источник энергии 1 отдает часть своей энергии с коэффициентом k_1 в согласующий энергоблок 2 и от источника энергии 4 через энергоблок 2 потребляет энергию с коэффициентом передачи k_5 . Потребитель энергии 3 от согласующего блока 2 получает энергию от источника 4 с коэффициентом передачи k_3 и отдает часть этой энергии в систему 4 с коэффициентом k_4 . Энергосистема 4 через согласующий блок 2 отдает часть своей энергии с коэффициентом передачи k_2 и потребляет от источника 3 энергию с коэффициентом передачи k_4 . В соответствии с представленной схемой рис.3 энергосистема 3 первоначальной энергией не обладала. Поэтому равенство (1) запишется так

$$-k_1 E_1 + k_3 k_2 E_4 + k_3 k_2 E_4 - k_4 k_3 k_2 E_4 = \text{const.} \quad (2)$$

В стационарных условиях имеем

$$-k_1 \frac{dE_1}{dt} + k_3 k_2 \frac{dE_4}{dt} + k_3 k_2 \frac{dE_4}{dt} - k_4 k_3 k_2 \frac{dE_4}{dt} = 0. \quad (3)$$

Рассмотрим два предельных случая. Пусть энергосистема 3 не связана с энергосистемой 4 и независимая энергосистема 1 также не связана с энергосистемой 4, а энергоблок 2 всю получаемую энергию отдает потребителю 3. Тогда $k_5 = 0$; $k_4 = 0$ и $k_3 = 1$. В этом случае отношение мощностей, получаемой от энергоблока блока 1, к мощности потребляемой блоком 2 есть максимальный коэффициент преобразования и он равен

$$\eta = \frac{dE_4 / dt}{dE_1 / dt} = \frac{k_2}{k_1}. \quad (4)$$

Если источник энергии 4 является резервуаром тепловой энергии, то энергоблок 1 в энергоблоке 2 обеспечивает такую разность температур относительно резервуара 4, чтобы произошла самопроизвольная перекачка энергии от резервуара 4 к потребителю 3 через блок 2. В этом случае согласующее устройство 2 выполняет роль теплового насоса. В настоящее время коэффициенты преобразования тепловых насосов достигнуты более 10-и, т.е., $k_2 > 10k_1$ и является максимально возможным. При коэффициенте преобразования $\eta > 1$ возможен другой случай, когда часть энергии, перекачиваемой тепловым насосом, передается в энергоблок 1 и при этом коэффициент преобразования запишется так

$$\eta = \frac{k_3 k_2}{k_1 - k_5 k_2}. \quad (5)$$

При $k_1 = k_5 k_2$ коэффициент преобразования стремится к бесконечности. Это значит, что тепловой насос может работать как «перпетуум мобиле». Однако это не так. Если учесть энергию активации, когда тепловой насос будет работать с коэффициентом преобразования больше единицы, то ситуация меняется. При большой энергоемкости системы 4 в каком-то приближении возможно реализовать коэффициент преобразования (5). Но тогда тепловой насос совместно с энергосистемами 1 и 3 будет представлять открытую систему по отношению к энергосистеме 4.

2. Работа теплового насоса как открытой энергосистемы

Реально тепловые насосы создаются по более сложной схеме. Поэтому для анализа работы теплового насоса следует применять молекулярно-кинетическую теорию, которая позволяет оперировать не общими энергетическими параметрами, а как эти параметры формируются с включением разных взаимодействий на атомно-молекулярном и кластерном уровнях.

За определенный промежуток времени из окружающей среды, огромной по размеру, тепловой насос отбирает энергию и вводит ее в систему малого объема со значительно меньшей массой. В таком объеме температура может либо возрасть, либо наоборот уменьшаться в зависимости от соотношения потоков энергии на входе и на выходе, а также теплофизических свойства взаимодействующих энергосистем. Величина роста температуры обусловлена тем, насколько меньший обратный поток энергии из обслуживающей системы в окружающую среду по сравнению с потоком, который вводится в систему. Эффективность теплового насоса определяется отношением разности температур на выходе и на входе к температуре на выходе, т.е., в конечном итоге, определяется насколько меньший поток энергии выходит из обслуживающей энергосистемы. Следовательно, коэффициент теплопроизводительности насоса определяется отношением:

$$K_H = \frac{T_{\text{вых.}} - T_{\text{вх.}}}{T_{\text{вых.}}} \quad (5)$$

Температура на входе теплового насоса по существу является температурой окружающей среды. Тогда из (5) следует, что чем меньше температура окружающей среды, тем больше коэффициент теплопроизводительности. На самом деле все наоборот. По мере уменьшения температуры окружающей среды коэффициент теплопроизводительности падает, а при достаточно низких температурах тепловой насос вообще прекращает работать.

Поэтому коэффициент теплопроизводительности теплового насоса следует определять как отношение полезного тепла, передаваемого потребителю, к энергии, затраченной на работу теплового насоса. Этот коэффициент трансформации отличен от коэффициента, определяемого по (5). Для согласования одного и другого коэффициентов вводят коэффициент степени термодинамического совершенства, который оценивают величиной 0,55.

Получается, что термодинамический подход с анализом работы замкнутого термодинамического цикла для описания работы теплового насоса не достаточно правомерен

Общая схема работы теплообменника в воздушном коллекторе приведена на рис.4. Корпус транспортного средства (ТС) как теплообменник взаимодействует с воздухом окружающей неподвижной среды. На внешней поверхности ТС адсорбируются молекулы кислорода. Адсорбционный слой молекул кислорода обладает температурой основы, т.е., корпуса ТС T_2 . Под воздействием потока воздуха вследствие упругого удара о корпус ТС адсорбированные молекулы кислорода приобретают дополнительную энергию.

При наличии разности температур корпус ТС приобретает энергию вследствие конвективного теплообмена. Поток энергии, воспринимаемый корпусом ТС, составит

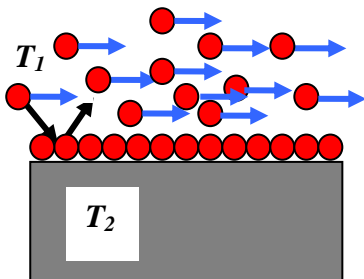


Рис 4. Схема теплообмена корпуса ТС с окружающим воздухом

$$\dot{Q} = \frac{1}{4} \frac{P_0}{T_1} \theta \left(1 + \frac{v_c}{v_T} \right) v_T \frac{3}{2} (T_1 - T_2) \quad (6)$$

где P_0 – давление воздуха в окружающей среде, θ – коэффициент передачи энергии при столкновении молекул воздуха с кластерами материала корпуса ТС; v_c – скорость движения ТС в неподвижной среде и $v_T = \sqrt{8k_B T_1 / \pi m_a}$ – средне хаотическая скорость движения молекул воздуха, T_1 – температура окружающей среды и T_2 – температура корпуса ТС.

3. Охлаждение корпуса транспортного средства

Когда работает вентилятор, компрессор или турбина, то за тыльной стороной лопастей формируется срывное течение. В области срывного течения возникает разрежение, которое заполняется воздухом со скоростью звука. В процессе столкновения с поверхностью ТС, совершающего движение в неподвижной атмосфере, молекулы воздуха при столкновении передают часть своей энергии и воздух охлаждается за тыльной стороной вращающихся лопастей. В этом случае равновесное состояние реализуется в динамике и при этом создается определенная разность температур. Так как происходит отсос энергии из окружающей среды, то возникают условия для работы теплового насоса.

Пусть для вращения турбин применены мотор-генераторы мощностью 4 кВт. Такие мотор-генераторы обеспечат преодоление энергии активации турбиной со следующими параметрами лопастей: длина лопасти 0,22 м, ширина между лопастями на оси вращения 0,12 м, длина хорды лопасти 0,1 м с радиусом скругления на вершине лопасти 9 см. Потребляемая мощность для преодоления энергии активации составит 3890 Вт. Преодоление такой энергии активации произойдет при частоте вращения турбины 940 об/мин. На частоте вращения турбины 4000 об/мин с указанными лопастями она начнет вырабатывать мощность 117 кВт (или ~ 157 Л.С.), работая как тепловой насос. Такой мощности достаточно для энергообеспечения легкового автомобиля.

Тепловые насосы совместно с электрическими и тепловыми двигателями представляют собой сложную энергосистему. На транспорте такие системы получили название гибридных. В процессе взаимодействия ТС с воздухом окружающей среды можно максимально использовать принцип возврата энергии из окружающей среды применяя тепловой насос. В этом случае бортовые тепловые двигатели могут вообще не использоваться. Достаточно иметь на борту только аккумуляторы электрической энергии, которые в импульсном режиме должны преодолевать энергию активации. Если на борту ТС отказаться от тепловых двигателей и перейти полностью на электротягу, то применяя электромагнитные динамические системы, можно осуществить отсос энергии из окружающей среды необходимой мощности.

4. Электромагнитные энергокомплексы в режиме теплового насоса

В резонансных условиях ($\omega \cong \omega_0$) электрический ток во внешней цепи равен нулю. Следовательно, параллельный RLC-контур для приложенного переменного напряжения с частотой, равной частоте собственных колебаний контура, представляет собой бесконечное сопротивление. Это означает, что в условиях резонанса параллельный RLC-контур является замкнутой энергосистемой по отношению к внешнему источнику переменного напряжения. Запишем применительно к такой системе, в соответствии с законом превращения энергии, первое начало термодинамики, а именно:

$$dU_T + dA = 0, \quad (7)$$

Получается, что в резонансных условиях энергия, запасенная в колебательном контуре, расходуется на все виды работ за счет внутренней энергии. Если нет притока энергии извне, то переменные потери на активном сопротивлении компенсируются запасенной электрической энергией в контуре, а постоянные потери в сердечнике, за счет гистерезиса зависимости магнитной индукции от напряженности внешнего магнитного поля, т.е., компенсируются за счет тепловой энергии, запасенной в магнитном сердечнике. Поэтому в резонансных условиях электрический параллельный колебательный контур является замкнутой системой по отношению к приложенному внешнему переменному напряжению и открытой системой по отношению к теплообмену с окружающей средой, и при этом выполняет роль теплового насоса. Кроме этого, такой резонансный контур является активной магнитной антенной, воспринимающей магнитные и электромагнитные волны из окружающей среды.

Если не учитывать поступление энергии магнитных и электромагнитных волн в систему RLC-контра и рассматривать только тепловую составляющую, то тогда разность температур, которая обеспечит потери за счет внутренней энергии сердечников катушек индуктивностей вследствие конвективного теплообмена, составит:

$$\Delta\bar{T} = \frac{P_{\infty} m_a v_T^3 (\theta_{\phi} S_{\phi} + \theta_{Al} S_{Al})}{8k_B T (c_{\phi} m_{\phi} + c_{Al} m_{Al}) f} = 1,73. \quad (8)$$

Здесь P_{∞} – давление воздуха при нормальных условиях, v_T – среднехаотическая скорость движения молекул воздуха при температуре T , c_{ϕ} и m_{ϕ} – удельная теплоемкость и масса ферритового сердечника и c_{Al} и m_{Al} – удельная теплоемкость и масса дюралевого диска.

Получается, что конвективный теплообмен мотор-генератора с воздухом при температуре $T = 298$ К вполне обеспечивает нормальную работу такого устройства как теплового насоса, которое позволяет непосредственно преобразовывать тепловую энергию окружающей среды в электрическую энергию при разности температур 1,7 К и получать на выходе высокую выходную мощность. При длительной работе такого теплового насоса непрерывно должна понижаться температура окружающей среды. Экспериментально в работе [6] при диаметре диска 1 м получали избыточную энергию ~ 70 кВт, а температура окружающей среды уменьшалась на 6-8 К, что согласуется с разработанной моделью работы такого магнитодинамического мотор-генератора.

Таким образом, магнитодинамический мотор-генератор является типичным тепловым насосом, который преобразует низкопотенциальное тепло окружающей атмосферы в электрическую энергию с коэффициентом преобразования больше единицы. Так в аналогичном двигателе Минато [7] на вход статора подавалось напряжение 1,8 В, при этом ток потребления составлял 150 мА, а на выходе напряжение было 9,144 В с током потребления 192 мА [7]. В результате коэффициент преобразования тепловой энергии в электрическую составил 3,25, а более мощный магнитный двигатель давал коэффициент преобразования 12-19 [7].

Кроме этого такое устройство является магнитной антенной, которая аккумулирует переменную энергию магнитного поля и электромагнитного поля окружающей среды. Например, в работе [6] были обнаружены зоны повышенной напряженности магнитного поля со значением магнитной индукции 0,05 Тл, что соответствует напряженности магнитного поля 39,8 кА/м. Наличие таких мощных переменных магнитных полей вблизи работающего магнитодинамического мотор-генератора вызывает переменное электрическое поле напряженностью

$$E = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} H = 1,5 \cdot 10^7 \text{ В/м}. \quad (9)$$

Электрический пробой воздуха происходит при напряженности поля $3 \cdot 10^6$ В/м [8]. Поэтому вокруг работающего магнитодинамического мотор-генератора возникает коронный разряд, в котором возбуждаются однократные ионы молекул азота со свечением воздуха в виде фиолетово-голубого ореола. Такое свечение наблюдалось многими исследователями [6,7], начиная с Н. Тесла.

Почему происходит аккумуляция магнитной энергии у работающего магнитодинамического мотор-генератора пытаются объяснить поляризацией неоднородного физического вакуума [7,9]. Если такой механизм в природе существует, то предстоит его экспериментально исследовать.

Получается, что за счет магнитного гистерезиса в ферро- и ферритмагнитных материалах происходит охлаждение сердечников в применяемых индуктивностях. Чем больше коэрцитивная

сила, тем заметнее будет охлаждение сердечников индуктивностей. Для получения магнитного насыщения следует увеличивать амплитуду тока, пропускаемого через индуктивности. В результате возрастет тепловыделение в обмотке индуктивности, а это для теплового насоса нежелательное явление. Поэтому в работе [10] было предложено в качестве сердечников применяемых индуктивностей использовать ферриты с продольным магнитным резонансом в оптимальных условиях работы магнитодинамического мотор-генератора в качестве теплового насоса заданной мощности. Тепловой насос на продольном ферритмагнитном резонансе аккумулирует энергию переменного магнитного поля.

Приведем оценки, выполненные применительно к земному магнетизму в [11]. Переменная составляющая магнитного поля Земли составляет 1% от ее постоянного значения ($\sim 0,5$ Эрстед). Например, относительная магнитная проницаемость феррита MgOFe_2O_3 $\mu_r = 8,33 \cdot 10^3$, относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon_r = 21,13$. Тогда для феррита диаметром 1 см и длиной 10 см получаем $\Delta T = 0,8$ К. Если учесть, что вследствие магнитного гистерезиса также происходит падение температуры ферритового сердечника, то тогда $\Delta T = 2,5$ К. Получается, что в продольном резонансе охлаждение феррита происходит более интенсивно. Такое устройство представляет собой вихревой тепловой насос.

Электромагнитный тепловой насос можно использовать на любом виде транспорта. Он обладает достаточно малыми массо-габаритными характеристиками, а теплообмен с окружающей средой осуществляется всей площадью транспортного средства с набегающим потоком воздуха, т.е., реализуется огромный коллектор теплового насоса.

Выводы. Проведенный краткий анализ воздушных и электромагнитных тепловых насосов свидетельствует о том, что в ближайшем будущем на транспорте появятся новые энергокомплексы преобразования разных источников энергий с целью полного отказа от углеводородного топлива. Человечество находится на пороге смены цивилизаций от углеводородной к водородно-водяной, а в конечном итоге сформируется цивилизация с бестопливной энергетикой, которая была реализована Николой Тесла. Вся энергетика в такой цивилизации будет основана на применении тепловых насосов. Транспорт в настоящее время является локомотивом наметившегося прогресса техники и ее научного обоснования.

1. Гречихин Л. И. Общие основы формирования и превращения энергетических полей разной природы / Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. «Энергетика», 2006, № 3, с. 32-39.
2. Амерханов Р. А. Тепловые насосы. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 160 с.
3. Мазуров О. К., Кузнецов Н. В., Квакин С. Д. Тепловые насосы и их эффективность для целей теплоснабжения и улучшения экологической обстановки. / Изв. Рост. гос. строит. у-та. 2006. № 10. С. 266-273.
4. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. – М.: «Красная звезда», 2006. – 220 с.
5. Володин В. И. Влияние внутренних и внешних факторов на эффективность тепловых насосов. Препринт ИПЭ-22. – Мн.: ИПЭ АНБ, 1996. – 24 с.
6. Рошин В. В., Годин С. М. Экспериментальное исследование физических эффектов в динамической магнитной системе. // Международный конгресс – 2000. «Фундаментальные проблемы естествознания и техники». С.-Петербург, 2000, Т.1, №1, с.202-205.
7. Хмельник С. И. Автономный бестопливный электромагнитный генератор. Интернет: site "Spasebloom.net". 2007.
8. Гречихин Л. И. Физика. Электричество и магнетизм. Современная электродинамика. – Мн.: Право и экономика, 2008. – 302 с.
9. Дятлов В.Л. Поляризация модель неоднородного физического вакуума. – Новосибирск: Изд. Ин-та математики, 1998.
10. Бигель А. С., Гречихин Л. И., Рогожинский Ю. А., Шумский И. П. Электромагнитный тепловой насос /Аграрная энергетика в XXI-м веке: Материалы Международной научно-технической конференции. (Минск, 25-26 сентября 2001 г.). Под ред. В. С. Котова. – Мн.: УП «Технопринт», 2001.
11. Гречихин Л. И., Куць Н. Г. Энергетические комплексы на транспорте. – Мн.: Право и экономика, 2013. – 253 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2014