

ОБЗОР НЕТРАДИЦИОННЫХ ТИПОВ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Бисенов А. Р., Сатжанов Б.С., Климова Е.В.

*Бұл мақалада дәстүрлі емес кеме қуат қондырғыларына шолу жасалады.
The authors of this clause the no conventional types of ship power installations and
their features application are considered.*

Запасы углеводородов приближаются к реальному концу. То, что природа отложила за миллионы лет, человечество сжигает за два столетия, и это грозит опустошительными последствиями. Проблемы защиты окружающей среды оказывает все возрастающее воздействие на поршневые двигатели. Это привело к необходимости поиска компромиссных решений, направленных на выполнение требований по ограничению токсичности отработавших газов и повышению экономичности топлива.

Существует два стратегических направления комбинированных электрических энергоустановок. Первое такое направление - более далекая перспектива, при этом комбинированные электрические энергоустановки состоят из нескольких источников тока. Роль основного источника выполняют электрохимический генератор “металл – воздух” или топливный элемент “водород – воздух”. Роль буферного источника выполняют аккумуляторная батарея или емкостный накопитель, имеющий малое внутреннее сопротивление, но большую удельную мощность [1].

Второе стратегическое направление - это транспортные средства с комбинированными энергоустановками. Такая установка состоит из электрического привода и накопителя электроэнергии. Транспортные средства на основе электропривода и двигателя внутреннего сгорания по ряду признаков образуют несколько групп: по энергоприводу (параллельная, параллельно-последовательная и последовательная схема); по типу теплового двигателя; по типу топлива. Наиболее важна первая, особенно две крайние схемы гибридного привода - последовательная и параллельная, поскольку третья схема - по существу, их симбиоз [2].

При последовательной схеме двигатель приводит в действие электрогенератор, который питает электродвигатель. Достоинство: двигатель постоянно работает на одном из трех режимов - при максимальном крутящем моменте, минимальном расходе топлива или наименьшей токсичности отработавших газов. Коэффициент полезного действия не высок, поскольку один вид энергии дважды превращается в другой.

При параллельной схеме мощностные требования существенно ниже. Не нужен генератор, потому что его роль выполняет электродвигатель и двигатель необходим небольшой [3].

За рубежом первые анаэробные (воздухонезависимые) вспомогательные энергетические установки для судов появились в 70-80-е годы прошлого века. При создании перспективных анаэробных энергетических установок для судов,

основное внимание должно уделяться выбору высокопотенциального источника теплоты - топлива и высокоэффективного преобразователя прямого цикла. Для выявления и систематизации всего перечня, возможно реализуемых анаэробных энергетических установок различных типов выбран метод морфологического анализа. Он позволяет проводить систематизированное исследование различных комбинаций технических решений при проектировании сложных объектов техники.

С этой целью, выделены наиболее существенные для анаэробных энергетических установок морфологические признаки:

- источник высокотемпературной теплоты;
- преобразователь прямого цикла;
- система утилизации отработанных среды.

Перспективными являются анаэробные установки с двигателями Стирлинга, работающими на сжиженном природном газе и кислороде [4].

Для обеспечения полноты сгорания сжиженный природный газ предлагается подавать в камеру сгорания двигателя Стирлинга избыточный кислород по сравнению с количеством, которое определяется стехиометрическим соотношением. В последующем углекислый газ и вода из отработавших газов вымораживаются или частично возвращаются в топливный цикл вместе с не прогоревшим кислородом (рис.1). Подвод части отработавших газов в камеру сгорания двигателя Стирлинга позволяет снизить температуру горения топлива, что увеличивает надежность работы двигателя.

Все большую популярность приобретает идея создания, так называемого адиабатного двигателя, у которого бы не было непроизводительных потерь тепла в систему охлаждения (рис.2). Интенсивную работу в этом направлении ведет американская фирма "Камминс".

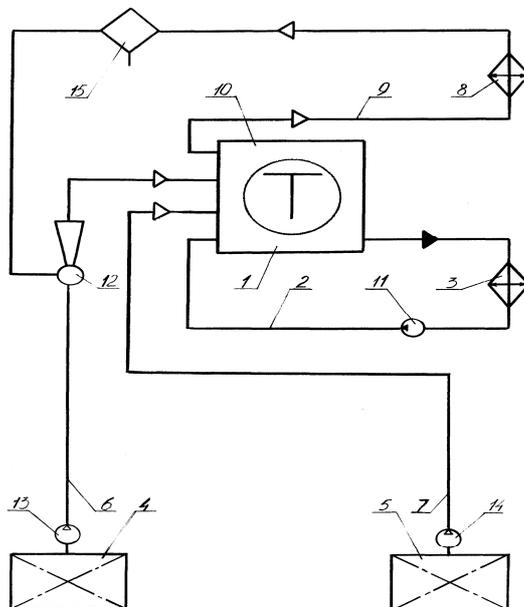


Рис.1. Анаэробная энергетическая установка с подводом части отработавших газов в камеру сгорания двигателя.

1-двигатель Стирлинга; 2-контур охлаждения двигателя; 3-аккумулятор холода; 4-емкость с жидким кислородом; 5-емкость с газом; 6-магистраль подачи кислорода; 7-магистраль подачи газа; 8-теплообменник-охладитель отработавших газов; линия отработавших газов; 10-камера сгорания; 11-насос контура охлаждения двигателя; 12-эжектор; 13-кислородный криогенный насос; 14-криогенный насос для СПГ; 15-сепаратор.

Работа идет параллельно по двум направлениям:

- увеличению энергии отработавших газов за счет перераспределения теплоотвода от рабочего тела при отсутствии системы охлаждения;
- использованию энергии отработавших газов в силовой турбине низкого давления для получения дополнительной мощности на валу.

Применение силовой турбины позволило повысить мощность, одновременно значительно уменьшился расход топлива и снизилась шумность.

Силовая турбина использует энергию отработавших газов.

Применение алюмосиликата лития для деталей камеры сгорания является наиболее целесообразным [5].

К решению стоящих перед судовой энергетикой проблем, одним из наиболее перспективных путей является, широкое внедрение энергопреобразующих систем на основе газовых регенеративных машин, работающих по прямому и обратному циклу Стирлинга. Преимуществами машин Стирлинга являются, принципиальные свойства, присущих только этим машинам:

- широкая универсальность термодинамического цикла Стирлинга;
- высокая степень экологической чистоты;
- очень высокая энергетическая эффективность.

Кроме более высокого коэффициента полезного действия, малой концентрации вредных веществ в отработавших газах и низкого уровня шума, двигатели Стирлинга могут работать практически на любом виде горючего: бензине, дизельном топливе и природном газе. В 1980-1990гг. были разработаны проекты экологически чистых двигателей с внешним подводом теплоты и анаэробных энергетических установок на основе цикла Стирлинга [6].

Специалисты и ученые пытаются найти компромисс между снижением токсичности отработавших газов и расходом топлива. Наиболее неблагоприятными с позиции токсичности являются, режимы разгона, замедления и холостого хода. Данную проблему можно решить, путем внедрения вертикального расположения коленчатого вала, на нижнем конце которого установлены основной и вспомогательный маховики и ведущий элемент передачи крутящего момента. При остановках дополнительный маховик отсоединяется от двигателя и двигатель глохнет. Впоследствии для запуска двигателя используется кинетическая энергия дополнительного маховика.

Значительное повышение значений коэффициента полезного действия двигателя, возможно, получить при использовании двигателя с отдельными тактами. Суть ее заключается в том, что в рабочих цилиндрах только два такта: рабочий ход и выпуск, а всасывание и сжатие рабочей смеси осуществляет компрессор. Камера сгорания выносится за пределы цилиндров. Момент отключения камеры сгорания можно выбрать такой, что в конце рабочего хода давление в цилиндре уменьшится до атмосферного и двигатель будет работать бесшумно.

Предельное упрощение и сокращение массы и габаритов дизель-генераторов достигается полным исключением всех валов, механических

приводов и передач реализацией свободнопоршневых линейных дизель-генераторов. В свободнопоршневых линейных дизель-генераторах, поршни расположенные в соосных противоположных цилиндрах и жестко связаны через подвижную часть линейного электрического генератора. Рабочие циклы в противоположных камерах сгорания происходят поочередно, создавая возвратно-поступательное движение поршней с индуктором, которое генерирует переменный ток в обмотках статора генератора [7].

Топливный элемент – это гальванический элемент, в котором электрическая энергия получается в результате реакции окисления-восстановления топлива (например, водорода) и окислителя (например, кислорода), непрерывно поступающих из специальных резервуаров к соответствующим электродам, между которыми находится электролит, обеспечивающий пространственное разделение процессов окисления и восстановления [8].

Топливный элемент можно классифицировать следующим образом:

- по агрегатному состоянию топлива (газообразное, жидкое и твердое);
- по типу электролита (щелочной или кислый) или по состоянию электролита (жидкий, твердый);
- по температурному интервалу работы (низкотемпературные, до 100°C; среднетемпературные, до 300°C; высокотемпературные, свыше 300°C).

Кроме того, топливный элемент подразделяются на элементы прямого действия (горючее окисляется непосредственно в элементе) и косвенного действия (горючее используется для получения продуктов, окисляющихся затем в элементе).

Также их можно классифицировать на элементы с расходуемыми и нерасходуемыми электродами, с регенерацией и без регенерации продуктов реакции [9].

Помимо преимуществ топливный элемент имеет недостатки: промышленное получение большого количества водорода и его хранение, а также дороговизна материалов, применяемых при изготовлении.

Электрохимический генератор - химический источник тока, в котором реагенты в ходе электрохимической реакции непрерывно поступают к электродам. Состоит из батарей топливного элемента, а также систем хранения и подачи реагентов, отвода продуктов реакции, контроля и управления.

Отдельные системы электрохимического генератора взаимосвязаны. В зависимости от типа и назначения его схема может изменяться. Однако любой электрохимический генератор должен иметь системы, обеспечивающие подвод реагентов, вывод продуктов реакции и регулирование температуры. Каждая из этих систем, может быть достаточно сложной, так как необходимо поддерживать в определенных пределах расход топлива и окислителя, скорость вывода продуктов реакции, температуру и давление в батарее. Системы электрохимического генератора должны выполнять свою роль не только при стационарном режиме работы, но и при переменных нагрузках [10].

Электрохимический генератор в свою очередь входит в состав, которая включает систему хранения топлива и окислителя, устройство для преобразования и регулирования тока и напряжения или в общую систему терморегулирования и автоматики.

Разрабатываются гибридные двигатели, при применении, которых помимо традиционного двигателя, на транспорте размещается и компактный электромотор. Основным тяговым двигателем и источником подзарядки аккумуляторов служит бензиновый агрегат, при разгоне ему помогает электромотор. Однако при торможении электродвигатель переходит в режим генератора, подзаряжая аккумуляторные батареи [11].

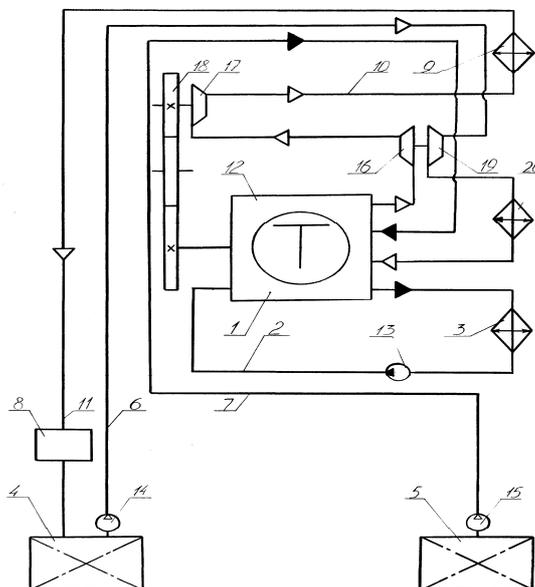


Рис.2. Анаэробная энергетическая установка на основе турбокомпаундного двигателя с вымораживанием продуктов сгорания.

1-двигатель; 2-контур охлаждения двигателя; 3-аккумулятор холода; 4-емкость с жидким кислородом; 5-емкость с топливом; 6-магистраль подачи кислорода; 7-магистраль подачи топлива; 8-адсорбер; 9-теплообменник-охладитель отработавших газов; 10-линия отработавших газов; 11-линия слива сжиженного кислорода; 12-камера сгорания; 13-насос; 14-кислородный криогенный насос; 15-криогенный насос для топлива; 16-турбина; 17-силовая турбина низкого давления; 18-редуктор; 19-компрессор; 20-охладитель наддувочного воздуха.

Двигатель, который работает на воде, высокоэффективен и экологически безопасен. В цилиндры под высоким, более 400атм, давлением впрыскивается нагретая вода. При резком падении давления и резком охлаждении она распадается на составляющие - водород и кислород, из-за чего происходит взрыв. В качестве поршней в двигателе работает та же вода, которая во время взрыва перетекает из одного цилиндра в другой и производит механическую работу - вращает вал. Во время взрыва газовая смесь превращается обратно в воду и снова становится поршнем. Получается замкнутый цикл. Расход воды при этом минимален. Только для запуска требуется небольшое количество топлива, в качестве которого используется газ, например, пропан. Дальше двигатель работает только на воде [12].

Литература:

1. Балабаева И. Из воды и воздуха. - Автомобильный транспорт, 2001, №1, с.36.
2. Чайнов Н.Д. Проблемы и перспективы поршневого двигателестроения в России. – Двигателестроение, 2001, №4, с. 46-47.

3. Эйдинов А.А., Каменев В.Ф., Лежнев Л.Ю. Электромобили и автомобили с КЭУ. - Автомобильная промышленность, 2002, №11, с.9-12.
4. Кириллов Н.Г., Амирханов Е.И. Анаэробные установки для подводных лодок на основе двигателей Стирлинга и сжиженного природного газа. - Судостроение, 2002, №4, с.47-50.
5. Михайлов Л.И. На пути к созданию адиабатного двигателя. - Двигателестроение, 1982, №5, с. 52.
6. Кириллов Н.Г. Перспективы развития судовой энергетики на основе машин Стирлинга. - Морской флот, 2002, №2, с.30–32.
7. Тезисы докладов научно-технической конференции «Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса». - М.:МАДИ (ГТУ), 2003. - 186 с.
8. Новый политехнический словарь. Гл. ред. А. Ю. Ишлинский. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. – 671 с.
9. Анисимов В. М. Топливные элементы и перспективы применения их на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1971.
10. Коровин Н. В. Электрохимические генераторы. М., Энергия, 1974.
11. Егоров – Тисменко Н. Ю. Энергосберегающие инновации в автомобилестроении. - Энергия: экономика, техника, экология, 2002, №5, с. 20-26.
12. Баршев В., Богданов В. Вода сгорает и взрывается. - Автомобильный транспорт, 2003, №1, с. 62-64.