

УДК 621.31

СУДОВАЯ ГИБРИДНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Повалей Н.С., студент гр. СЭ-3, III курс

Виноградов В.Н., студент гр. СЭ-2, II курс

Научный руководитель: Авдеев Б.А., к.т.н., доцент

Керченский государственный морской технологический университет
г. Керчь

В связи со все более жесткими нормами выбросов в судоходной отрасли энергоэффективность судов стала важной частью исследований многих ученых. Международная морская организация (ИМО) разработала четыре показателя энергоэффективности, которыми являются [1]:

- проектный индекс энергоэффективности,
- план управления энергоэффективностью судна,
- операционный показатель энергоэффективности,
- судовой индекс выбросов энергоэффективности.

Кроме того, в последнее время было проведено много исследований по внедрению энергоэффективных судовых гибридных систем как иностранными учёными [2], так и отечественными [3, 4].

В [5] продемонстрировали, что дизель-электрические гибридные системы могут повысить топливную экономичность океанских тихоходных судов. В [6] смоделировали первое в мире пассажирское судно на топливных элементах (FCS Alsterwasser) для гибридного судна на топливных элементах, используя несколько стратегий управления энергопотреблением, и пришли к выводу, что максимальная экономия КПД при сохранении постоянного процента SOC на уровне 8% может сэкономить 16,7% потребления водорода. Было подсчитано, что общая эффективность двигательной установки в этом случае могла бы быть улучшена на 2-10%.

Разработка будущих судов нацелена на нулевой уровень выбросов, поэтому сочетание солнечной, ветровой и других экологически чистых источников энергии и морских гибридных технологий может обеспечить новое мышление. Суда будущего должны отдавать предпочтение возобновляемым источникам энергии в качестве судового топлива [3]. Поскольку отдельная солнечная или ветровая энергия зависит от погодных изменений и нестабильна, сочетание электроэнергии и возобновляемых источников энергии может не только решить серьезную экологическую зависимость от одного нового источника энергии, но и играть роль регулирования общей частоты электросети судна, поддерживая таким образом стабильную работу из общей системы корабля. В настоящее время во всем мире проведено несколько частичных исследований новых энергетических гибридных систем.

На данном этапе, поскольку новая энергетика для судов все еще находится на начальной стадии, многие новые виды энергии не могут быть эффективно

применены к реальным судам. В этом случае можно использовать смесь солнечной энергии и обычной электроэнергии. Поскольку солнечная энергия ограничена плотностью энергии, эффективность ее преобразования относительно низка. Поэтому солнечная энергия обычно используется в качестве вспомогательного источника энергии на больших судах. Солнечная энергия подключается к основной энергосистеме судна через фотоэлектрическую систему выработки электроэнергии. Когда выходная мощность фотоэлектрической энергосистемы нестабильна, аккумулятор может подавать питание в основную сеть судна для поддержания требуемой выходной мощности. Дизельные генераторы могут использоваться для стабилизации колебаний нагрузки в энергосистеме судна, когда выходная мощность как системы выработки электроэнергии, так и системы хранения нестабильна. Самым большим судном с фотоэлектрической станцией является катамаран Tuganor. Длина судна составляет 30 м и ширина - 15 м. Его электростанция состоит из 38 000 солнечных фотоэлементов и в 2011 г. катамаран совершил кругосветное путешествие.

В будущем, когда разработка новых видов энергии будет постепенно совершенствоваться, вероятно, появится сочетание более новых источников энергии для поддержания стабильной судовой электросети и спроса на электроэнергию, таких как солнечная энергия, энергия ветра, волн, приливов и т.д. в сочетании с судовой энергетической системой, работающей на батареях. Поскольку батарея имеет такие проблемы, как большой размер и низкий срок службы, для удовлетворения потребностей судна в электроэнергии в будущем можно скоординировать несколько видов энергии, тем самым сократив использование батарей.

По сравнению с судовыми распределительными сетями переменного тока сети постоянного тока обладают такими преимуществами как надежность, эффективность, компактность и способны ограничивать токи короткого замыкания. Обширный обзор судовых сетей постоянного тока, представляющих различные конфигурации систем и преобразователей мощности, приведен в [7]. С быстрым развитием полупроводниковых преобразователей в систему выработки электроэнергии могут быть интегрированы не только обычные генераторы и топливные элементы, но и возобновляемые источники энергии и системы накопления энергии. Примером такой судовой электроэнергетической системы может служить система, изображенная на рисунке 1.

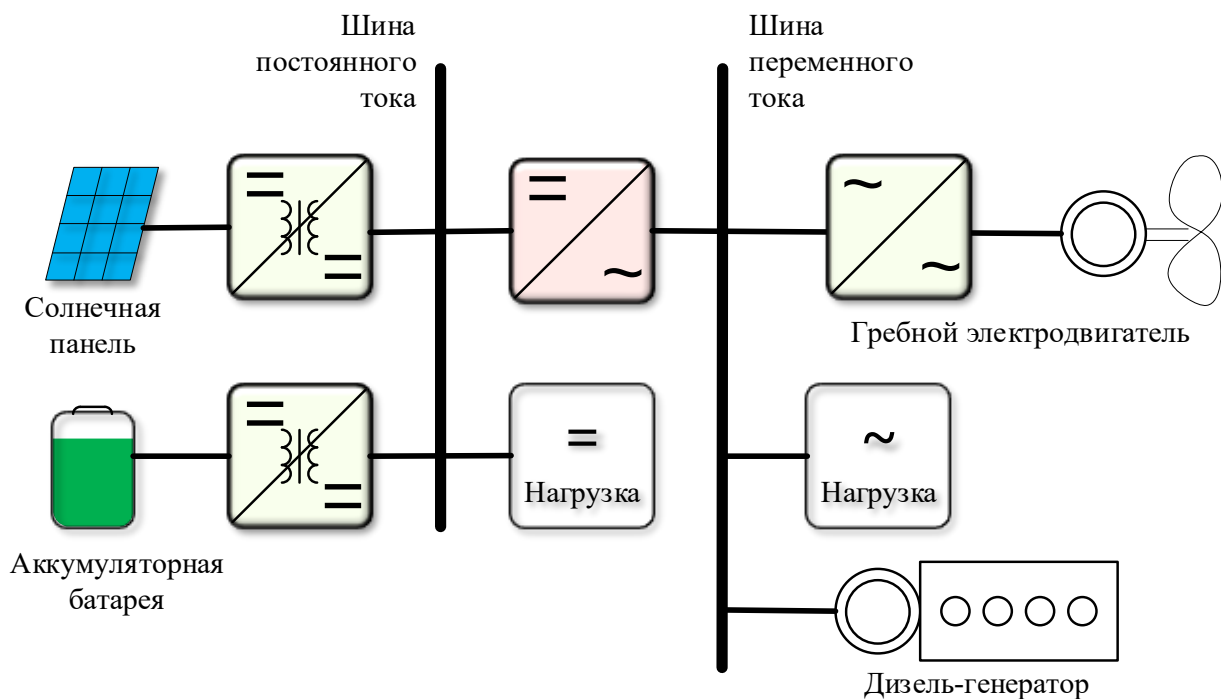


Рисунок 1 – Структура судовой гибридной электроэнергетической системы с накопителями электроэнергии

Гибридная силовая установка сочетает в себе преимущества чисто механических и электрических силовых установок, гарантируя, что судно работает в оптимальном диапазоне КПД. Она эффективно снижает выбросы загрязняющих веществ, повышает эффективность главного двигателя и обеспечивает быструю реакцию. Как продукт переходной стадии разработки, он может обладать хорошими эксплуатационными характеристиками. Гибридная силовая установка может повысить общую эффективность системы. В практическом применении это также может иметь хорошие эксплуатационные характеристики.

Также перспективным устройством для работы как с постоянным, так и с переменным током может служить твердотельный трансформатор, позволяющий интегрировать различные виды токов [8]. Судовые электроэнергетические системы, содержащие гребной электродвигатель с накопителями энергии позволят значительно улучшить качество и гибкость работы судна, поскольку твердотельный трансформатор и применяемые сети пистонного тока не нуждаются в синхронизации судовых дизель-генераторов, дополнительных силовых полупроводниковых преобразователей и трансформаторов низкой частоты. Это также позволяет первичным двигателям генератора работать с переменной скоростью в зависимости от нагрузки, что сократит расход топлива [9].

В морской отрасли требуется значительная мощность, и для всех прибрежных рейсов, кроме самых коротких, выходная мощность обычно должна поддерживаться в течение нескольких дней. Теоретически литий-воздушная батарея может высвободить 11780 Вт*ч при окислении одного килограмма лития. В отличие от большинства других батарей, которые

содержат необходимый окислитель внутри батареи, литий-воздушная батарея втягивает кислород из атмосферы во время разряда и высвобождает его во время зарядки. На рисунке 2 представлена динамика мирового рынка аккумуляторных батарей [2]. Исходя из тенденции на рынке и перспектив можно судить о том, что эта рынка аккумуляторных батарей будет продолжать активно развиваться, и стоимость батарей будет уменьшаться. Всё это свидетельствует о том, что в скором времени можно будет полноценно создавать экономически выгодный флот судов прибрежного районного плавания на базе аккумуляторных батарей и нулевым выбросом углекислого газа.

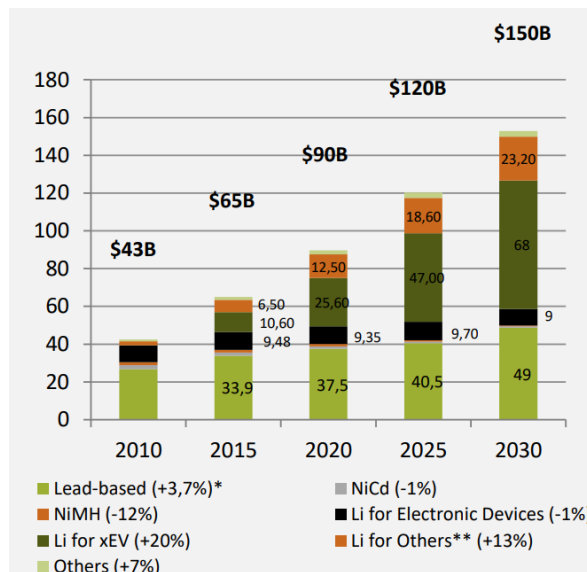


Рисунок 2 - Динамика мирового рынка аккумуляторных батарей

Разработку современных судов можно разделить на два основных этапа. Первый - краткосрочный этап, в котором смесь новых форм энергии и традиционной энергетики может играть переходную роль. Традиционные виды энергии могут способствовать стабильности гибридной энергосистемы. На долгосрочном этапе, после того как новый вид энергии будет хорошо разработан, сочетание нескольких экологически чистых источников энергии также может указать путь дальнейшего развития в области судостроения и судоремонта.

Выводы. Судовая гибридная технология может снизить выбросы и повысить эффективность использования энергии за счет использования координации между несколькими источниками энергии. Сочетание возобновляемой энергии с низким или даже нулевым уровнем выбросов и традиционных форм судовой энергетики может не только снизить расход топлива, но и повысить общую эффективность судовой энергетической системы. Судовая гибридная энергетическая система может стать одним из важных направлений развития судовой двигательной техники будущего.

Список литературы:

1. International Maritime Organization (IMO), 2022 Resolution MEPC, 2022. - Vol. 78.
2. Zahedi B., Norum L.E., Ludvigsen K.B. Optimized efficiency of all-electric ships by dc hybrid power systems // Journal of Power Sources. 2014. Vol. 255. Pp. 341-354.
3. Авдеев Б.А. Интеллектуальные энергоэффективные системы морских судов // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2021. № 4. С. 99-113.
4. Романовский В.В., Малышев В.А., Бежик А.С. Судовые гибридные электроэнергетические системы с распределенной шиной постоянного тока // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2020. Т. 12. № 3. С. 591-605.
5. Dedes, E.K., Hudson, D.A., Turnock, S.R.: Investigation of diesel hybrid systems for fuel oil reduction in slow speed ocean going ships. Energy. J. 114, 2016. - Pp. 444–456.
6. Bassam, A.M., Phillips, A.B., Turnock, S.R.: Development of a multi-scheme energy management strategy for a hybrid fuel cell driven passenger ship. Int. J. Hydrogen Energ. 42, 2017. - pp. 623–635.
7. Романовский В.В., Малышев В.А., Бежик А.С. Анализ схемных решений гребных электрических установок с распределенной шиной постоянного тока // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2019. Т. 11. № 1. С. 169-181.
8. Авдеев Б. А. Комплексные решения интеграции постоянного и переменного токов в адаптивных интеллектуальных распределительных сетях с помощью твердотельного трансформатора // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2022. – № 3. – С. 15–20.
9. Царева П.Е. Авдеев Б.А., Марковкина Н.Н., Епифанцев И.Р., Жиленков А.А. Моделирование работы трехфазного твердотельного трансформатора при изменении нагрузки // Электротехника. - 2022 - №6. - С. 61-64.