ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70556— 2022

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СУДОВЫЕ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Общие технические требования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Центральным научно-исследовательским институтом судовой электротехники и технологии» (ЦНИИ «СЭТ») Федерального государственного унитарного предприятия «Крыловский государственный научный центр» (ФГУП «Крыловский государственный научный центр»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 005 «Судостроение»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 декабря 2022 г. № 1502-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2022

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Общие требования 3
5 Системы распределения электроэнергии 4
6 Размещение электрооборудования 5
7 Структуры судовых электроэнергетических систем на основе топливных элементов 6
8 Требования к стандартизации и унификации 6
9 Требования безопасности 7
10 Основной источник электроэнергии 8
11 Требования к защите электроэнергетической системы на основе топливных элементов 10
Библиография 11

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СУДОВЫЕ НА ОСНОВЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Общие технические требования

Marine electric power systems based on fuel cells. General technical requirements

Дата введения — 2023—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие технические требования к электроэнергетическим системам классов гражданских судов, имеющих в качестве основного источника электроэнергии батареи топливных элементов с твердополимерным электролитом, работающие на чистом водороде, валовой вместимостью не более 500.

Технические требования к судовым электроэнергетическим системам на основе топливных элементов, которые не представлены в настоящем стандарте, должны соответствовать [1] и [2].

В вопросах безопасности эксплуатации электроэнергетических систем на основе топливных элементов, не оговоренных в настоящем стандарте, следует руководствоваться временными руководящими принципами по безопасности судов, использующих энергетические установки на топливных элементах [3].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.010 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования

ГОСТ 12.2.007.12 Система стандартов безопасности труда. Источники тока химические. Требования безопасности

ГОСТ 14254 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 15150 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ IEC 60079-10-1 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение

Издание официальное

рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **батарея топливных элементов:** Сборочная единица, содержащая два или более электрически соединенных мембранно-электродных блоков с конструктивными элементами.

Примечание — Конструктивные элементы обеспечивают:

- прочность и единство сборочной единицы;
- возможность раздельного подвода реагентов к анодам и катодам топливных элементов и отвода отработавших газов;
- токосъем для выдачи суммарной электрической мощности всех входящих в батарею топливных элементов;
- теплообмен для поддержания требуемого распределения температур мембранно-электродных блоков во всем диапазоне эксплуатационных режимов и для выдачи тепловой мощности.

3.1.2 **главный распределительный щит:** Распределительный щит, предназначенный для приема электрической энергии непосредственно от основного источника электрической энергии и распределения ее судовым потребителям.

3.1.3 **единая электроэнергетическая система:** Электроэнергетическая система, в состав которой дополнительно входит электрооборудование, обеспечивающее движение судна.

3.1.4 **модуль топливных элементов:** Модуль, который включает одну или несколько БТЭ, предназначенный для интеграции в судовую электроэнергетическую систему.

Примечание — МТЭ содержит следующие основные компоненты: одну или несколько БТЭ; систему трубопроводов для транспортирования топлива, окислителя и продуктов реакции; электрические соединения для питания, подаваемого БТЭ; средства мониторинга, контроля, управления. Кроме того, МТЭ может содержать: средства для транспортирования дополнительных жидкостей (например, охлаждающих сред, инертного газа); средства для обнаружения и контроля штатных и нештатных условий работы; камеры или сосуды под давлением и вентиляционные системы модулей; необходимую электронику для работы МТЭ и создания условий его работы в штатном режиме.

3.1.5 **меры защиты:** Действия системы управления, основанные на параметрах процесса, предпринятые для предотвращения появления условий, которые могут быть опасными для людей или могут привести к повреждению оборудования энергетической установки, включая батарею топливных элементов.

3.1.6 **опасная зона:** Зона, в которой присутствует или может появиться взрывоопасная газовая среда, которая требует особых мер проектирования установки и предосторожности использования в ней электрооборудования.

Примечание — Классификация опасных зон, содержащих взрывоопасные газовые среды, приведена в ГОСТ IEC 60079-10-1.

3.1.7 **топливный элемент:** Электрохимическое устройство (первичный элемент), в котором электроэнергия постоянного тока и тепловая энергия вырабатываются за счет электрохимических реакций между активными веществами, непрерывно поступающими к электродам извне.

Примечание — Устройство состоит из одного мембранно-электродного блока и системы распределения газов по поверхности электродов и разделения газовых пространств. Топливо и окислитель для этих устройств, как правило, хранятся за пределами ТЭ и поступают в ТЭ по мере их потребления.

3.1.8 **топливный элемент с протонообменной мембраной (твердополимерный топливный элемент):** Топливный элемент, в котором в качестве электролита используют мембрану с протонной проводимостью.

3.1.9 **электротехническое помещение:** Помещение, доступное только для обслуживающего квалифицированного персонала, в котором устанавливают главный распределительный щит и другие распределительные устройства.

3.1.10 **электроэнергетическая система:** Система, включающая в себя источники электроэнергии, а также системы ее передачи и распределения.

3.1.11 **энергоустановка с топливными элементами:** Генерирующая система, в которую входят один или несколько модулей топливных элементов для производства электроэнергии и тепла.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

БТЭ — батарея топливных элементов;

ГРЩ — главный распределительный щит;

ЕЭЭС — единая электроэнергетическая система;

КЗ — короткое замыкание;

КПД — коэффициент полезного действия;

МТЭ — модуль топливных элементов;

ППН — полупроводниковый преобразователь напряжения;

РКО — Российское классификационное общество;

РМРС — Российский морской регистр судоходства;

ТЭ — топливный элемент;

ЭЭС — электроэнергетическая система;

ЭУ с ТЭ — энергоустановка с топливными элементами.

4 Общие требования

4.1 ЭЭС судна, использующая в качестве основного источника электроэнергии БТЭ, предназначена для обеспечения потребителей электроэнергией заданного качества с параметрами, приведенными в настоящем стандарте, и в необходимом количестве при всех режимах эксплуатации судна.

При разработке ЭЭС на основе ТЭ ее технические характеристики должны соответствовать характеристикам, заданным в техническом задании на судно в целом.

4.2 ЭЭС должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- производство электроэнергии, ее преобразование (при необходимости), передача, распределение, бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией надлежащего качества и другие подобные функции;

- защиту входящего в ЭЭС электрооборудования при всех режимах эксплуатации судна, включая аварийные.

4.3 Электрооборудование ЭЭС должно надежно работать в условиях относительной влажности (75 ± 3) % при температуре плюс (45 ± 2) °С или (80 ± 3) % при температуре плюс (40 ± 2) °С, а также при относительной влажности воздуха (95 ± 3) % при температуре плюс (25 ± 2) °С.

4.4 Электрооборудование должно надежно работать при вибрациях с частотами от 2 до 80 Гц, а именно: при частотах от 2 до 13,2 Гц с амплитудой перемещений ±1 мм и при частотах от 13,2 до 80 Гц с ускорением ±0,7 g, а также при ударах с ускорением ±5,0 g и частоте в пределах от 40 до 80 ударов в минуту.

4.5 Электрооборудование должно обладать соответствующей механической прочностью и быть установлено (смонтировано) в местах, где опасность его механического повреждения отсутствует. В противном случае необходимо обеспечить защиту электрооборудования от механических повреждений.

4.6 Основными показателями качества электроэнергии в ЭЭС переменного и постоянного тока являются параметры отклонения напряжения и частоты. Для источников электроэнергии максимальные значения отклонений напряжений и частоты не должны превышать:

- для постоянного тока — отклонение от номинального значения напряжения: длительное и кратковременное — не более ±5 %;

- для переменного тока — отклонение от номинального значения напряжения: длительное — не более ±5 %, кратковременное — не более ±10 %, время восстановления — не более 1,0 с;

- отклонение от номинального значения частоты: длительное — не более ±1 %, кратковременное — не более ±5 %, время восстановления — не более 3 с.

Примечание — В качестве основного источника электроэнергии в ЭЭС на основе ТЭ имеется в виду агрегат, состоящий из МТЭ, включая БТЭ, к выходу которого подключен преобразователь напряжения: для постоянного тока — стабилизатор напряжения, для переменного тока — инвертор необходимой фазности и вида.

4.7 Потребители электроэнергии ЭЭС на основе ТЭ и другое электрооборудование в сети ЭЭС должны быть работоспособными при изменении параметров напряжения питания и частоты, указанных в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Наименование параметра	Отклонение относительных значений		
	длительное, %	кратковременное	
		%	время, с
Напряжение (переменный ток)	От + 6 до – 10 включительно	± 20	1,5
Частота	± 5	± 10	5
Напряжение (постоянный ток)	± 10	5	Циклические отклонения
		10	Пульсация

4.8 Общие требования по электромагнитной совместимости электрооборудования и оборудования в ЭЭС на основе ТЭ должны соответствовать [1] (часть XI).

4.9 В качестве мер по обеспечению электромагнитной совместимости целесообразно использовать разделение судовой сети питания на гальванически не связанные участки и заземление экранов силовых кабелей.

4.9.1 Заземление экранов силовых кабелей следует выполнять как можно чаще, как минимум на каждом конце.

4.9.2 Следует соблюдать непрерывность экранирования, экраны кабелей не следует использовать в качестве обратного провода.

5 Системы распределения электроэнергии

5.1 В судовых ЭЭС на основе ТЭ допускается применение следующих систем распределения электроэнергии:

а) системы переменного тока напряжением до 700 В:

1) трехфазной, трехпроводной изолированной;

2) дополнительно для напряжений до 400 В включительно:

- трехфазной, четырехпроводной изолированной;
- однофазной, двухпроводной изолированной;
- однофазной, однопроводной с использованием корпуса судна в качестве обратного провода (на судах вместимостью не более 500) для напряжений до 50 В при условии, что любой возможный ток, включая аварийный, не будет проходить непосредственно через любое из взрывоопасных помещений;

б) системы постоянного тока:

1) двухпроводной изолированной;

2) однопроводной с использованием корпуса судна в качестве обратного провода (на судах валовой вместимостью не более 500) для напряжений до 50 В для судов, поднадзорных РМРС, и до 30 В для судов, поднадзорных РКО, при условии, что любой возможный ток, включая аварийный, не будет проходить непосредственно через любое из взрывоопасных помещений.

5.2 Допустимые напряжения на зажимах агрегата основного источника электроэнергии переменного тока частотой 50 и 60 Гц в зависимости от принятой системы распределения электроэнергии приведены в 5.1, перечисление а).

5.3 Допустимые напряжения на зажимах агрегатов основного источника постоянного тока не должны превышать следующих значений:

- 400 В для силовых систем;
- 250 В для систем освещения, обогрева и штепсельных розеток.

5.4 Допустимые напряжения на зажимах потребителей переменного тока не должны превышать значений, указанных в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Наименование потребителя	Допустимое напряжение, В
1 Стационарные силовые потребители, нагревательные, камбузные и отопительные приборы	700
2 Переносные силовые потребители, питаемые от штепсельных розеток, освещение, сигнализация	250
3 Штепсельные розетки, установленные в местах и помещениях с повышенной влажностью	50

5.5 Допустимые напряжения на зажимах потребителей постоянного тока не должны превышать значений, указанных в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Наименование потребителя	Допустимое напряжение, В
1 Стационарные силовые потребители	400
2 Нагревательные приборы, камбузные приборы и т. п.	250
3 Освещение, штепсельные розетки	50

6 Размещение электрооборудования

6.1 При размещении элементов ЭЭС судна следует выполнять требования взрыво- и пожаробезопасности, живучести и надежности ЭС. Должны быть обеспечены безопасность эксплуатации, удобство технического обслуживания и ремонта.

6.2 Электрооборудование следует устанавливать таким образом, чтобы был обеспечен удобный доступ к органам управления и ко всем частям, требующим ухода, осмотра и замены.

6.3 Электрооборудование следует крепить таким образом, чтобы не уменьшалась его механическая прочность и не нарушалась непроницаемость палуб, переборок и обшивки корпуса. Оборудование, при необходимости, следует устанавливать на амортизаторы.

6.4 МТЭ следует устанавливать в специальных, закрытых электротехнических помещениях и пространствах. Такие помещения следует освещать светильниками, установленными в смежных взрывобезопасных помещениях. Если это невозможно, электрооборудование должно быть такой конструкции и исполнения, чтобы исключить возможность возгорания или взрыва.

При необходимости должны быть приняты меры для исключения электрохимической коррозии.

6.5 Во всех случаях эксплуатации вентиляция специальных, закрытых электротехнических помещений, используемых для размещения БТЭ и оборудования по обеспечению их работы, не должна допускать образования концентрации и скопления взрывоопасных смесей водорода и воздуха. Непрерывный контроль содержания водорода в атмосфере помещений следует осуществлять с помощью датчиков концентрации водорода с обеспечением передачи параметра в систему управления ЭЭС для выдачи принудительного и аварийного сигнала.

Предельно допустимая концентрация водорода в помещениях не должна превышать 2 %.

6.6 Система вентиляции должна быть автономной, не иметь связи с общесудовой вентиляцией, во всех режимах должна обеспечивать вентилирование наружным воздухом и должна быть выполнена во взрывобезопасном исполнении.

6.7 Должны быть предусмотрены основные и резервные вентиляторы, питание которых должно осуществляться от аккумуляторных батарей. Также в системе принудительной вентиляции должны быть предусмотрены, при необходимости, воздухоохладители и фильтры.

6.8 Степень защиты оборудования, размещаемого в специальных электротехнических помещениях, должна быть искробезопасного исполнения Exia или Exib.

Степени защиты и вид исполнения остального электрооборудования — в соответствии с указанными в [1], [2], ГОСТ 14254 и ГОСТ 15150.

7 Структуры судовых электроэнергетических систем на основе топливных элементов

7.1 Структура судовых ЭЭС на основе ТЭ может быть реализована на переменном или постоянном токе.

7.2 Во всех случаях в качестве основного источника электроэнергии должен рассматриваться агрегат, состоящий из БТЭ с оборудованием по ее обслуживанию и ППН: для постоянного тока это преобразователь, стабилизирующий определенное в 5.3 значение напряжения, а для переменного тока это инвертор необходимой фазности и вида.

7.3 В состав ЕЭЭС может входить гребная электроустановка, также получающая питание от БТЭ, как и общесудовая нагрузка.

7.3.1 Структура и состав ЕЭЭС переменного тока:

- общесудовая нагрузка — электрическое оборудование, не относящееся к гребной энергетической установке;
- главные агрегаты, производящие электроэнергию необходимого качества и количества;
- ГРЩ, разделенный на две части межсекционным автоматическим выключателем или разъединителем;
- силовые трансформаторы (при необходимости) для гальванической развязки и/или преобразования напряжения ГРЩ;
- силовые полупроводниковые преобразователи частоты для питания гребного электродвигателя — не менее 2 шт.;
- устройство управления режимами гребной электроустановки — не менее 2 шт.;
- гребной электродвигатель — один или более.

От ГРЩ также должны получать электропитание и общесудовые потребители.

7.3.2 Структура и состав ЕЭЭС постоянного тока:

- главные агрегаты, производящие электроэнергию необходимого качества и количества;
- ГРЩ, разделенный на две части межсекционным автоматическим выключателем;
- ППН с гальванической развязкой или без нее для питания гребного электродвигателя, включая устройство управления гребной электроустановки, — 2 шт.;
- гребной электродвигатель постоянного или переменного тока — один или более.

7.4 Возможно использование БТЭ в качестве источников электроэнергии только для общесудовой и технологической нагрузки, для чего допускается использовать структуры ЭЭС, приведенные в 7.3.

7.5 В структуре ЭЭС постоянного и переменного тока допускается включать в буфер к основному источнику электроэнергии аккумуляторную батарею при необходимости подключения импульсной нагрузки.

7.6 На каждом судне должен быть установлен автономный аварийный источник электроэнергии. В качестве такого источника в ЭЭС на основе ТЭ допускается применять дизель-генератор и/или аккумуляторную батарею.

7.7 Мощность аварийного источника должна быть достаточной для питания всех потребителей, одновременная работа которых требуется для безопасности плавания в случае аварии. На судах с ЕЭЭС мощность аварийного источника электроэнергии должна быть достаточной для восстановления движения судна (совместно с необходимыми механизмами) в течение 30 мин после обесточивания.

7.8 Требования к размещению аварийных источников электроэнергии должны соответствовать [1] (часть XI).

8 Требования к стандартизации и унификации

Структура ЭЭС на основе ТЭ должна иметь исполнения с использованием унифицированного электротехнического оборудования. Структуру следует проектировать исходя из условия обеспечения электроэнергией всех потребителей, в том числе при возникновении отказов (обрыв, короткое замыкание) в системе распределения с учетом наличия потребителей всех категорий.

В целях обеспечения стандартизации и унификации при проектировании ЭЭС должны быть выполнены следующие требования:

- соблюдение типоразмерных рядов и параметрических требований;
- применение методов агрегатирования и блочно-модульного построения ЭЭС;
- обеспечение условий совместимости элементов ЭЭС и потребителей электроэнергии;
- применение стандартных и унифицированных методов и средств испытаний, контроля, измерений.

9 Требования безопасности

9.1 Требования электробезопасности

9.1.1 Состав требований по электробезопасности должен учитывать конструктивно-технические особенности ЭЭС на основе ТЭ и включать:

- требования электробезопасности обслуживающего персонала от воздействия напряжения, движущихся частей, теплового воздействия высокочастотных полей, включая выбросы плазмы при отключении токов КЗ взрывоопасных смесей газов, вибраций, акустических шумов;
- требования к средствам блокировки и сигнализации;
- требования к защите ЭЭС от повреждений при КЗ и перегрузках.

9.1.2 Электрооборудование должно быть надежно закреплено. Должна быть исключена возможность случайного прикосновения к поверхностям с температурой нагрева выше плюс 50 °С, а также к деталям, находящимся под напряжением.

9.1.3 Для исключения возможности ошибочных включений, которые могут привести к аварийным ситуациям, следует предусмотреть соответствующие блокировки и алгоритмы управления ЭЭС.

9.1.4 Металлические части электрооборудования, которые не находятся под напряжением, но доступны для соприкосновения в эксплуатации, должны быть заземлены на корпус судна. Также в конструкторской документации на ЭЭС должны быть предусмотрены меры и средства обеспечения безопасности эксплуатации электрооборудования бытового назначения.

9.2 Требования взрыво- и пожаробезопасности

9.2.1 В закрытых помещениях и на открытых палубах, в которых размещены ЭЭС и обслуживающие ее трубопроводы, должны быть определены районы возможных утечек взрывоопасных газов и приниматься меры, обеспечивающие взрыво- и пожаробезопасность на основе ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010. Электрооборудование, установленное в опасных зонах, должно также отвечать требованиям ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010.

9.2.2 Единичный отказ оборудования ЭЭС и трубопроводов, ее обслуживающих, не должен приводить к утечке взрывоопасных газов в закрытые помещения. Для этого трубопроводы топлива ЭЭС, проходящие через закрытые помещения, должны быть защищены дополнительной оболочкой. Такой дополнительной оболочкой может быть вентилируемый канал или система трубопроводов с двойными стенками.

9.2.3 Конструкция БТЭ должна быть взрыво- и пожаробезопасной по ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.010 и ГОСТ 12.2.007.12 и не должна являться источником взрыва или пожара. При эксплуатации БТЭ не должна создавать взрывоопасную ситуацию. Проникновение инициаторов пламени и взрыва во внутренний объем БТЭ и попадание водорода в окружающее пространство должны быть исключены. Данные требования распространяются на все виды ТЭ, включая топливный элемент с протонообменной мембраной и твердополимерный топливный элемент.

9.2.4 Конструкция, исполнения оболочек, схемы вентиляции закрытых электротехнических помещений и пространств, способы установки, классы изоляции элементов ЭЭС должны соответствовать значениям напряжений, условиям окружающей среды и требованиям, установленным в настоящем стандарте.

9.3 Требования живучести

9.3.1 Энергетическая установка судна, используемая в качестве главной пропульсивной установки, должна быть разделена на две автономные установки и размещена не менее чем в двух автономных машинных отделениях, разделенных водонепроницаемой переборкой с уровнем огнестойкости А-60. При этом могут быть применены две установки ЭЭС примерно равной мощности либо одна из этих установок может быть ЭЭС, а вторая может быть традиционного типа.

9.3.2 Единичный отказ в ЭЭС, а также вспомогательных механизмов и элементов систем, включая повреждения трубопроводов и электрических кабелей, не должен приводить к остановке судна и потере его управляемости. Для выполнения данного требования в системах должны быть предусмотрены необходимые перемычки и резервирование оборудования (насосов, подогревателей и т. п.). В результате единичного отказа допускается уменьшение мощности главного двигателя, но не более чем на 50 %.

9.3.3 Живучесть ЭЭС должна быть обеспечена:

- наличием резерва мощности основных источников электроэнергии;
- рассредоточением по длине судна основных элементов ЭЭС;
- возможностью передачи электроэнергии из одной секции ГРЩ в другую;
- резервированием питания ответственных потребителей;
- разнесением кабелей по разным бортам судна;
- широким применением средств автоматизации, повышающих оперативность управления ЭЭС, быстроту введения резервных средств и устройств, исключающих влияние возможных ошибок обслуживающего персонала;
- для электрооборудования, работа которого с номинальными характеристиками невозможна без функционирования обеспечивающего оборудования, например устройств и систем вентиляции отсеков с БТЭ, в эксплуатационных документах и алгоритмах работы следует применять облегченные режимы работы.

10 Основной источник электроэнергии

10.1 На каждом судне должен быть предусмотрен основной источник электроэнергии мощностью, достаточной для обеспечения питания всего электрооборудования судна во всех эксплуатационных режимах, включая аварийные.

Такой источник должен состоять из двух независимых частей.

10.2 В состав основного источника электроэнергии для судов с ЭЭС на основе ТЭ входит МТЭ, включая БТЭ необходимой мощности и соединенный с ним электрический преобразователь требуемой фазности и вида (напряжения или тока).

Каждая часть основного источника электроэнергии при выходе из строя одного из них должна обеспечивать:

- электропитание необходимого электрооборудования для обеспечения движения, управления и безопасности судна с учетом обеспечения нормальных условий обитаемости на судне;
- пуски самых мощных потребителей без снижения качества электроэнергии ниже допустимых норм;
- питание всех потребителей пропульсивной установки, для этих целей также может быть использован аварийный источник электроэнергии для судов, поднадзорных РМРС.

10.3 На судах ограниченного района плавания R3, включая пассажирские, с ЭЭС на основе ТЭ в качестве основного источника электроэнергии не допускается применять один агрегат, содержащий один МТЭ с соединенным с ним ППН.

10.4 Алгоритмы управления и регулирования ППН, используемого в качестве выходного каскада основного источника электроэнергии, должны быть адаптированы к внешним характеристикам БТЭ и МТЭ, с тем чтобы в процессе эксплуатации качество электроэнергии в ЭЭС соответствовало требованиям таблицы 4.1.

10.5 Технические требования к батарее топливных элементов с твердополимерным электролитом

10.5.1 БТЭ являются источником электроэнергии постоянного тока и предназначены для комплектования в составе МТЭ или в единичном исполнении ЭУ с ТЭ, входящих в состав судовых ЭЭС.

10.5.2 БТЭ в составе ЭЭС допускается применять на судах всех классов, приведенных в разделе 1.

10.5.3 БТЭ представляет собой сборку параллельно-последовательно соединенных ТЭ для набора напряжения, тока и мощности, оснащенную устройствами подачи топлива и окислителя, отвода продуктов реакции (вода) и теплоты.

10.5.4 Состав БТЭ зависит от типа ТЭ, комплектующих БТЭ, а также от конструктивного исполнения ТЭ.

10.5.5 К основным техническим характеристикам БТЭ относятся:

- выходная номинальная электрическая мощность, кВт;
- напряжение (постоянного тока) на номинальной мощности, В;
- КПД на номинальной мощности, %;
- тип и качество потребляемого топлива и окислителя;
- средний срок службы 20 лет.

10.5.6 Выходная номинальная электрическая мощность единичной БТЭ для использования в составе ЭУ с ТЭ, входящей в судовую ЭЭС, как правило, должна находиться в диапазоне от 1 до 100 кВт. Выбор мощности единичной БТЭ для судовых применений осуществляется разработчиком исходя из требований заказчика, предъявляемых к ЭУ с ТЭ и судовой ЭЭС в целом.

10.5.7 Напряжение постоянного тока на номинальной мощности единичной БТЭ не должно превышать 700 В.

10.5.8 КПД на номинальной мощности зависит от типа ТЭ, комплектующих БТЭ и определяется требованиями заказчика.

10.5.9 Назначенный ресурс определяется требованиями заказчика.

10.5.10 БТЭ должна состоять из соединенных между собой единичных ТЭ. Из БТЭ должны быть сформированы МТЭ энергоустановки на основе ТЭ. Корпус МТЭ должен соответствовать требованиям ГОСТ 14254.

10.5.11 Конструкция БТЭ должна обеспечивать:

- исключение возможности прикосновения к токоведущим частям и частям, нагретым свыше плюс 50 °С;
- исключить выделение водорода из БТЭ в атмосферу помещений при работе и в нерабочем состоянии.

10.6 Технические характеристики преобразователей напряжения

10.6.1 В силовых цепях статических полупроводниковых преобразователей следует применять кремниевые полупроводниковые приборы.

10.6.2 Силовые полупроводниковые устройства должны иметь естественное или принудительное охлаждение.

10.6.3 Для силовых полупроводниковых устройств с принудительным охлаждением должна быть предусмотрена защита, снижающая или отключающая нагрузку в случае неэффективного охлаждения. До срабатывания защиты должна быть предусмотрена звуковая и световая сигнализация о превышении максимально допустимой температуры охлаждающей среды.

10.6.4 Суммарный коэффициент гармонических составляющих кривой напряжения судовой сети, обусловленных работой силовых полупроводниковых устройств, не должен превышать 8 %.

В ЭЭС могут быть применены трехфазные фильтры с индивидуальной защитой каждой фазы, ограничивающие до допустимого уровня искажения синусоидальности напряжения на шинах ГРЩ при любых режимах работы.

Цепи каждого фильтра должны иметь защиту от сверхтоков и токов КЗ.

10.6.5 Коэффициент максимального относительного отклонения напряжения $К_{МО}$ судовой сети от значения его первой гармонической составляющей не должен превышать 30 %.

Коэффициент максимального относительного отклонения $К_{МО}$, %, вычисляют по формуле

$$К_{МО} = \frac{U_m - U_{1m}}{U_{1m}} \cdot 100, \quad (1)$$

где U_m — амплитудное значение напряжения судовой сети, В;

U_{1m} — амплитудное значение первой гармонической составляющей, В.

10.6.6 Силовые полупроводниковые устройства должны иметь световую сигнализацию о включенном и выключенном состоянии силовых цепей и цепей управления.

10.6.7 Силовые электрические цепи должны быть гальванически изолированы от цепей управления.

10.6.8 Для ЭЭС на основе ТЭ должны быть предусмотрены как минимум два полностью независимых, отдельно установленных полупроводниковых преобразователя переменного и постоянного тока, получающих питание от независимых МТЭ.

10.6.9 Каждый статический полупроводниковый преобразователь должен иметь свою систему управления.

10.6.10 ППН совместно с БТЭ должны быть рассчитаны на работу от холостого хода до номинальной нагрузки с учетом 10 % перегрузки. При этом должно быть учтено, чтобы кратковременные перегрузки, вызванные набором или сбросом нагрузки в диапазоне от 0 до 100 % $P_н$ и от 100 % $P_н$ до 0, не приводили к срабатыванию защиты преобразователей, где $P_н$ — номинальная нагрузка БТЭ совместно с преобразователем напряжения.

10.6.11 Конструкция шкафов полупроводниковых преобразователей должна предусматривать возможность быстрой замены силовых элементов встроенного оборудования. Это может быть достигнуто применением модульной конструкции силовой части схемы, ее элементов, блоков управления, защиты и отображения информации.

10.6.12 Если преобразователи оборудованы принудительной системой охлаждения, то должен быть предусмотрен контроль ее состояния. В случае выхода из строя системы охлаждения должны быть предусмотрены меры, предотвращающие перегрев и выход из строя преобразователя.

10.6.13 Для систем охлаждения должна быть предусмотрена система аварийно-предупредительной сигнализации.

11 Требования к защите электроэнергетической системы на основе топливных элементов

11.1 Защита ЭЭС на основе ТЭ должна соответствовать требованиям и рекомендациям, изложенным в [1] (часть XI).

11.2 Система управления и защиты должна обеспечивать условия, чтобы во всех эксплуатационных и наиболее тяжелых условиях номинальный ток полупроводниковых элементов не был превышен.

Защиту БТЭ осуществляют защитой, установленной в преобразователях напряжения.

11.3 Силовая схема и элементы преобразователя должны быть защищены от повреждений и отказов, вызванных КЗ на выводах преобразователя и перегрузкой в питаемой сети.

В целях повышения быстродействия релейных защит при КЗ на шинах ГРЩ рекомендуется использовать устройства защиты, реагирующие на скорость нарастания аварийного тока.

11.4 Силовые полупроводниковые преобразователи должны иметь защиту от внутренних и внешних перенапряжений.

Эксплуатационные перенапряжения в системе питания преобразователей должны быть ограничены соответствующими устройствами-ограничителями, защищающими от повреждений элементы силовой схемы.

11.5 При проектировании ЭЭС на основе ТЭ:

- необходимо учитывать возможность возникновения КЗ на зажимах автоматических выключателей, шинах главных и распределительных щитов;
- значения токов КЗ следует определять при условии учета всех возможных источников тока, включая и кратковременные режимы, например режимы перевода нагрузки;
- шинодержатели, изоляторы и другие элементы конструкций щитов должны выдерживать усилия, возникающие при протекании максимальных токов КЗ;
- необходимо предусматривать возможность автоматического отключения основного источника электроэнергии с выключением резервных вентиляторов в случае срабатывания защиты при любой аварии в составе МТЭ или БТЭ, также следует предусматривать организацию оперативного дистанционного отключения аварийного электротехнического помещения, в котором располагаются ТЭ.

11.6 Все элементы ЭЭС должны обладать динамической и термической стойкостью к токам КЗ.

11.7 В электротехнических помещениях, служащих для размещения МТЭ, разрешается устанавливать только то электрооборудование, которое по условиям функционального назначения не может быть вынесено из этих помещений, например датчики сигнализации, светильники. Электрооборудование в этих помещениях должно быть взрывозащищенного исполнения. Допускается использовать электрооборудование с герметичными защитными оболочками.

Резервуары с водородом, при их наличии, требуется размещать в отдельных помещениях, оборудованных средствами вентиляции и сигнализации о возможности образования взрывоопасной смеси.

11.8 Кабели, присоединяемые к электрооборудованию, установленному в закрытых электротехнических помещениях, следует прокладывать в стальных газонепроницаемых трубах.

11.9 Выключатели электрооборудования, устанавливаемого в электротехнических помещениях, следует размещать вне этих помещений.

Библиография

[1] НД 02-020101-152 Правила классификации и постройки морских судов. Часть XI. Электрическое оборудование: Российский морской регистр судоходства, 2022

[2] Правила классификации и постройки судов ПКПС). Часть VI. Электрическое оборудование. Российский речной регистр судоходства, 2019

[3] Международный кодекс по безопасности для судов, использующих газы или иные виды топлива с низкой температурой вспышки (Кодекс МГТ), 2022

УДК [629.5:684.41]:006.354 ОКС 47.020.99

Ключевые слова: системы электроэнергетические судовые, топливные элементы, общие технические требования

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 19.12.2022. Подписано в печать 27.12.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч-изд. л. 1,64.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru