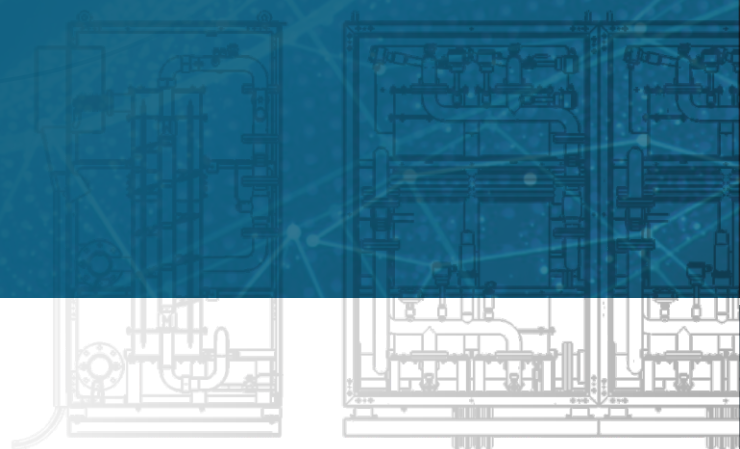


**НЕПРЕВЗОЙДЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
И НАДЕЖНОСТЬ В КАЖДОМ ЭЛЕМЕНТЕ**



**ТОРМОЗНЫЕ, НАГРУЗОЧНЫЕ
И РАЗРЯДНЫЕ РЕЗИСТОРЫ СЕРИИ РБМВ**
(Резистор Большой Мощности Высоковольтный)



ОПИСАНИЕ РБМВ

Представляем Вам линейку высоковольтных водоохлаждаемых тормозных / нагрузочных / разрядных резисторов серии РБМВ. Резисторы серии РБМВ являются, в полной мере статичными устройствами – не имеет в своем составе насосов, вращающихся и трущихся деталей и могут быть использованы в составе аварийной схемы защиты.

За счет использования собственной запатентованной конструкции нам удалось достичь непревзойдённых ранее для водоохлаждаемых резисторов характеристик:



**Рабочее напряжение
до 10 кВ**



**Прочность изоляции между гидравлическим
и электрическим контуром до 35 кВ**



**Постоянная мощность
до 630 кВт на 1 модуль**

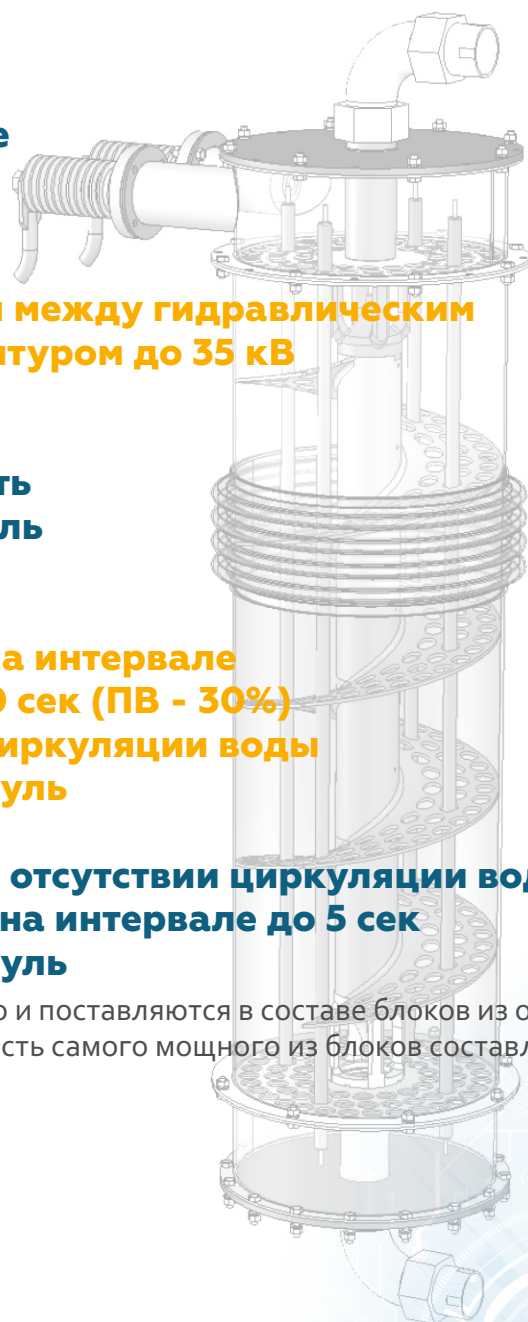


**Пиковая мощность на интервале
до 10 сек с паузой 20 сек (ПВ - 30%)
в штатном режиме циркуляции воды
до 2500 кВт на 1 модуль**



**Пиковая мощность в отсутствии циркуляции воды
(аварийный режим) на интервале до 5 сек
до 2500 кВт на 1 модуль**

Резисторы имеют блочно-модульную конструкцию и поставляются в составе блоков из одного, двух, четырех или шести модулей. Пиковая мощность самого мощного из блоков составляет 15 МВт.



ПРЕИМУЩЕСТВА СЕРИИ РБМВ



ГИБКОСТЬ И ИННОВАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЛЮБЫХ ЗАДАЧ

Рабочее напряжение резисторов РБМВ до 10 кВ, что обеспечено использованием инновационных решений по повышению прочности изоляции до 35кВ. За счет уникальной конструкции модуля его сопротивление можно выбрать в диапазоне от 0,4 до 145 Ом. В рамках даже одного модуля возможна реализация до 36 гальванически не связанных резисторов. Как правило, путем последовательно-параллельного соединения внутри одного модуля формируются 1 или 2 резистивные сборки гальванически несвязанные или соединенные в средней точке. Постоянная мощность одного модуля составляет 625 кВт при потоке воды 350 л в минуту. Пиковая же мощность на интервале в 10 секунд с перерывом 20 секунд самого мощного из имеющихся в серии блоков (6 модулей) составляет 15 МВт. Блоки и модули легко коммутируются между собой – таким образом, мощность резистора фактически не ограничена. За счет использования уникальной конструкции и модульного принципа мы можем произвести резистор любых заданных Вами параметров в кратчайшие сроки. Резисторы могут использоваться в качестве нагрузочных, тормозных, разрядных или в качестве балластных устройств.



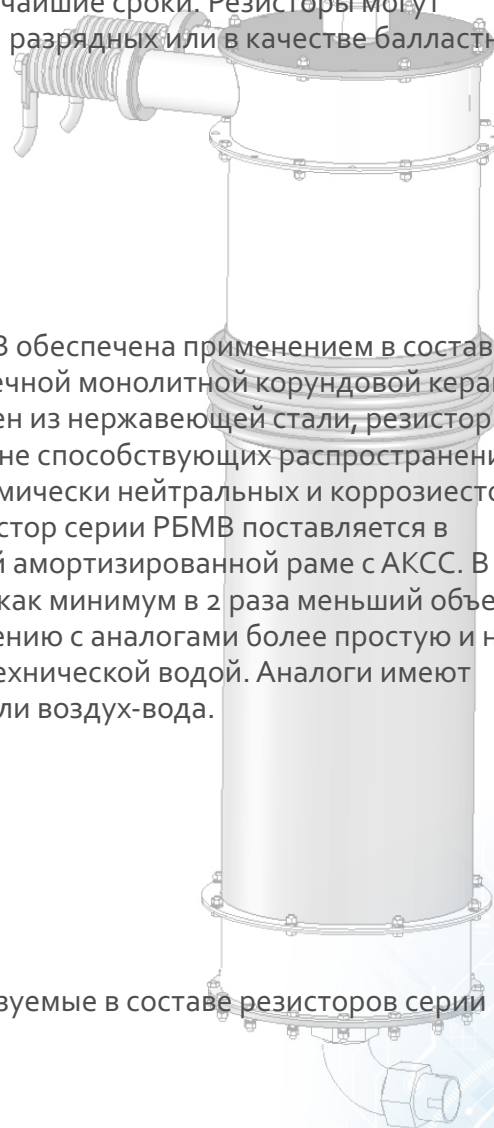
НЕПРЕВЗОЙДЕННАЯ НАДЕЖНОСТЬ

Живучесть и безопасность резисторов серии РБМВ обеспечена применением в составе резистивных элементов с использованием долговечной монокристаллической корундовой керамики, корпус модуля и гидравлический контур изготовлен из нержавеющей стали, резистор в целом изготовлен из негорючих или трудно сгораемых и не способствующих распространению огня конструкционных и изоляционных материалов, химически нейтральных и коррозионностойких материалов, не выделяющих запаха. Каждый резистор серии РБМВ поставляется в металлическом шкафу, смонтированном на единой амортизированной раме с АКСС. В отличие от сопоставимых по мощности аналогов занимает как минимум в 2 раза меньший объем и не менее чем в 3 раза легче по массе. Имеет по сравнению с аналогами более простую и надежную систему жидкостного охлаждения в один контур технической водой. Аналоги имеют двухконтурную систему охлаждения масло-вода или воздух-вода.



МЫ НЕ ЗАВИСИМ ОТ САНКЦИЙ

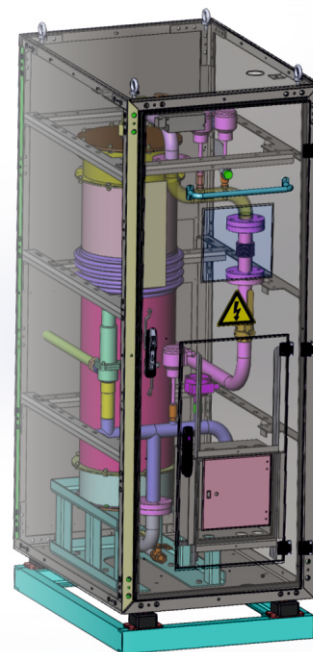
Все материалы и комплектующие изделия, используемые в составе резисторов серии РБМВ только отечественного производства



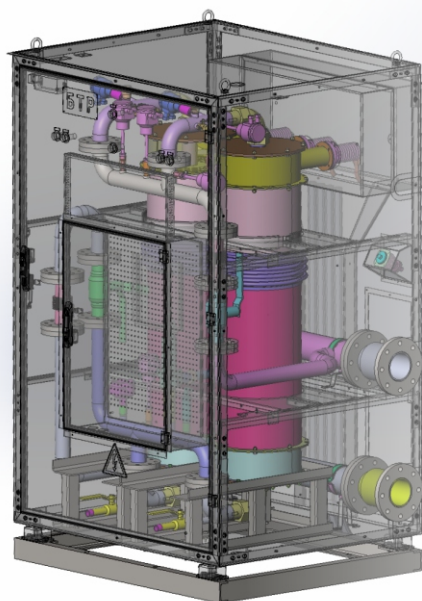
МОДЕЛЬНЫЙ РЯД ВОДООХЛАЖДАЕМЫХ РЕЗИСТОРОВ СЕРИИ РБМВ

РБМВ-1

Изолированный водоохлаждаемый резистор большой мощности корпусе размером 600x1940x800 мм (ШxВxГ). Вес резистора, заполненного водой, составляет всего 730 кг. При столь незначительных габаритах и массе имеет пиковую мощность 2,5 МВт и рабочее напряжение до 10 кВ за счет использования изоляции резистивных элементов из долговечной монолитной керамики и композитных материалов. Младший по мощности резистивный блок в серии состоит из одного водоохлаждаемого модуля с 72 резистивными элементами в металлическом шкафу амортизированном на АКСС, которые возможно соединить в несколько независимых гальванически несвязанных резистивных сборки или соединить последовательно (в том числе со средней точкой).



РБМВ-2

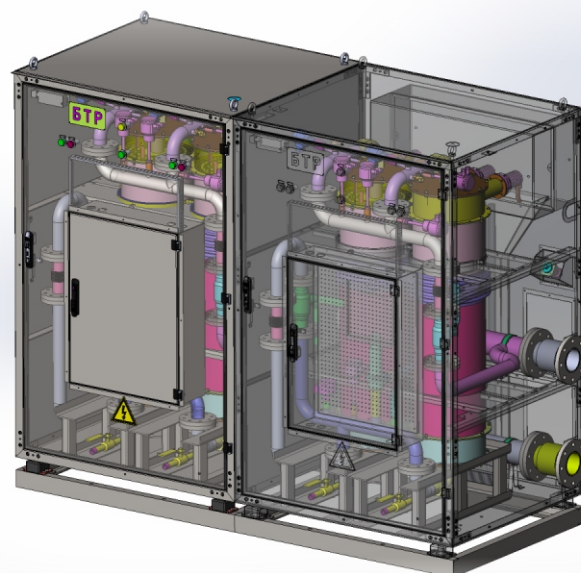


Изолированный водоохлаждаемый резистор в компактном корпусе размером 1200x1940x1180 мм (ШxВxГ). Вес резистора, заполненного водой, составляет 1140 кг. При столь малых габаритах и массе имеет пиковую мощность 5 МВт и рабочее напряжение до 10 кВ за счет использования изоляции резистивных элементов из долговечной монолитной керамики и композитных материалов. Резистивный блок в серии состоит из двух водоохлаждаемых модулей (72 резистивных элемента в каждом) смонтированных в металлическом шкафу на единой раме, амортизированной на АКСС, которые возможно соединить в несколько независимых гальванически несвязанных резистивных сборки или соединить последовательно (в том числе со средней точкой).

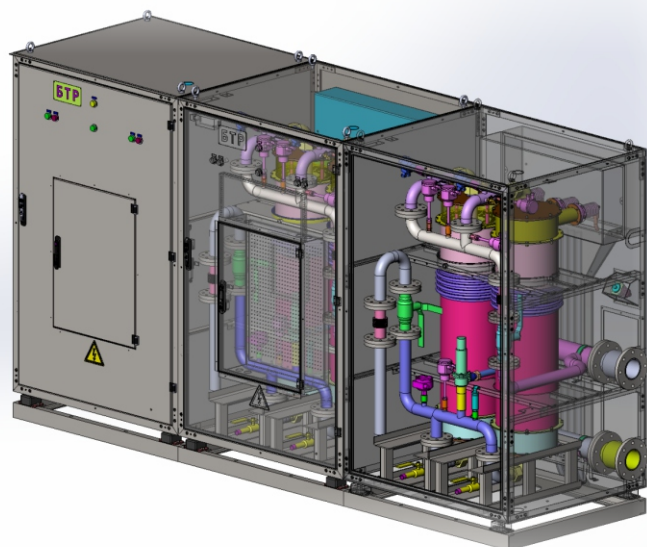
МОДЕЛЬНЫЙ РЯД ВОДООХЛАЖДАЕМЫХ РЕЗИСТОРОВ СЕРИИ РБМВ

РБМВ-4

Изолированный водоохлаждаемый резистор в компактном корпусе размером 2400х1940х1180 мм (ШхВхГ). Вес резистора, заполненного водой, составляет всего 2280 кг. При столь малых габаритах и массе имеет пиковую мощность 10 МВт и рабочее напряжение до 10 кВ за счет использования изоляции резистивных элементов из долговечной монолитной керамики и композитных материалов. Резистивный блок в серии состоит из четырех водоохлаждаемых модулей (72 резистивных элемента в каждом) смонтированных в металлическом шкафу на единой раме, амортизированной на АКСС, которые возможно соединить в несколько независимых гальванически несвязанных резистивных сборки или соединить последовательно (в том числе со средней точкой).



РБМВ-6



Изолированный водоохлаждаемый резистор в компактном корпусе размером 3600х1940х1180 мм (ШхВхГ). Вес резистора, заполненного водой, составляет всего 3420 кг. При столь малых габаритах и массе имеет пиковую мощность 15 МВт и рабочее напряжение до 10 кВ за счет использования изоляции резистивных элементов из долговечной монолитной керамики и композитных материалов. Резистивный блок в серии состоит из шести водоохлаждаемых модулей (72 резистивных элемента в каждом) смонтированных в металлическом шкафу на единой раме, амортизированной на АКСС, которые возможно соединить в несколько независимых гальванически несвязанных резистивных сборки или соединить последовательно (в том числе со средней точкой).

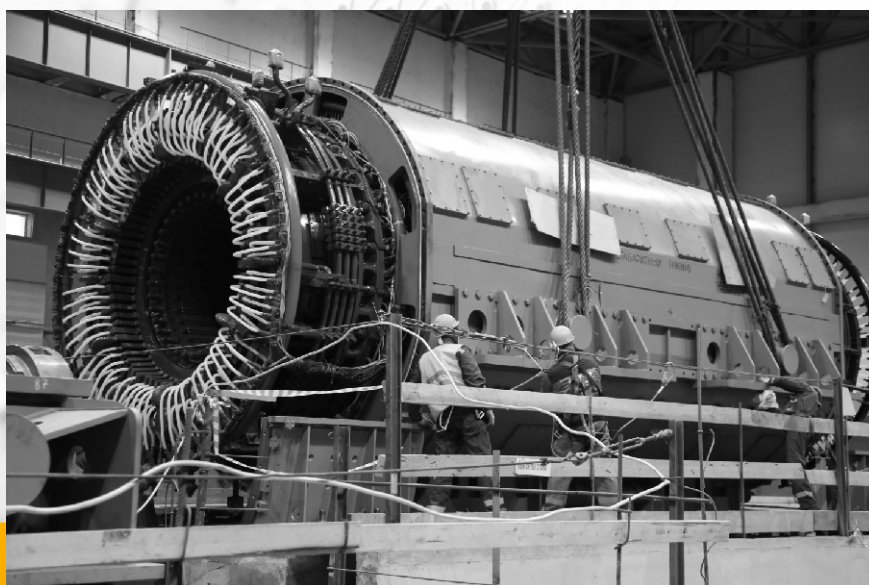
Если Вы не нашли резисторов с необходимыми Вам параметрами и Вам необходимы водоохлаждаемые резисторы большей мощности, мы изготовим его для Вас. Если Вам необходимы водоохлаждаемые резисторы меньшей мощности рекомендуем ознакомиться с каталогом водоохлаждаемых резисторов средней мощности компактных - серии РСМК, производства Лира-С. Если Вы не смогли подобрать необходимые Вам водоохлаждаемые резисторы предлагаем обратиться к нам с запросом на электронную почту info1@lira-s.com – мы постараемся Вам помочь

ГДЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ СЕРИИ РБМВ

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:

- в судостроении в качестве тормозных резисторов в судовых системах электродвижения и в качестве нагрузочных резисторов на генераторных электроустановках турбинного типа;
 - в особо мощных электролокомотивах в качестве тормозного резистора;
 - в промышленных электродвигателях с фазным ротором в качестве балластных резисторов для целей плавного пуска электродвигателей
 - в составе мощных испытательных стендов, включая динамические, в качестве нагрузочных резисторов.
 - в иных сферах хозяйственной деятельности, где требуется высокая резистивная мощность, впечатляющая надежность и ограничено место для размещения резистивного блока.
- Использование возможно в качестве тормозных, нагрузочных, разрядных или балластных резисторов.

Мы готовы обеспечить высочайшие параметры напряжения, мощности и впечатляющую надежность в любой сфере по требованию Заказчика.



СРАВНЕНИЕ С АНАЛОГАМИ

Сравнение резисторов серии РБМВ с керамической изоляцией с прямой передачей тепла на воду с резисторами масляной изоляцией с опосредованной передачей тепла на воду сопоставимой мощности

Масляные резисторы (поглощающие элементы в масле)

Резисторы серии РБМВ (поглощающие элементы с керамической изоляцией в оболочке в воде)

Габаритные размеры

Вследствие активного образования токопроводящих продуктов распада масла (сажа), которые могут привести как к замыканию поглощающих стержней между собой, так и на корпус, требуется обеспечить достаточно большой объем масла чтобы обеспечить приемлемый срок наработки на отказ. По причине низкой теплоемкости масла равной $1,67 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$ (у воды $4,18 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$) для обеспечения общей теплоемкости не менее 20 МДж требуется большой объем масла (не менее 350 литров, при средней плотности масла $0,8 \text{ кг/л}$).

Модульность конструкции позволяет легко адаптировать конструкцию под конкретное применение. Относительно использования масла в качестве теплоносителя у воды в разы большая теплоемкость и теплопроводность. Использование в качестве теплоносителя воды и в качестве композитного изолятора с использованием керамики, позволяют создать достаточно компактную конструкцию. **Габаритные размеры при сопоставимой мощности как минимум в 2 раза меньше.**

Масса

Требуется прочный и тяжелый корпус для масляной ванны, необходимо учесть массу теплообменника и циркуляционного насоса, все оборудование должно быть расположено на массивной и прочной раме. Для работы необходим большой объем и масса масла. Обязательный элемент - теплообменник мощностью не менее 1100 кВт, учитывая дельту температуры и низкую теплопроводность масла будет очень большой. По расчету, разборный пластинчатый теплообменник весит не менее 450 кг; Циркуляционный насос для масла, учитывая низкую теплоемкость масла, типа КМ 100–80–170Е не менее 2 шт., вес 320 кг, $P=22 \text{ кВт}$ каждый. 2.4. Масса одного резистивного блока не менее 3000 кг.

Корпус устойчивый к коррозии может быть изготовлен как из нержавеющей стали или из композитных материалов одобренных РМРС.

2.6. Масса одного резистивного блока модульного (РБМ) не более 600 кг. Сухая масса около 500 кг.

Масса как минимум в 3 раза ниже.

Срок службы

Энергия 20–30 МДж поглощается за короткое время (1-5 сек.) Площадь поглощающих элементов (чугунные стержни) относительно мала, низкая теплопроводность масла равная $0,12 \text{ Вт/м}^\circ\text{K}$ (для сравнения у воды теплопроводность $0,6 \text{ Вт/м}^\circ\text{K}$) не позволяет быстро отвести тепло от поглощающих элементов. Как следствие, поглощающие элементы могут очень сильно разогреваться. От соприкосновения раскаленных поглощающих элементов с маслом неизбежно образуются продукты распада масла (процесс термического крекинга) в том числе сажа, бензин и горючие газы - масло стареет и требует регулярной замены. Обязательным элементом конструкции является циркуляционный насос для масла. Как любой подвижный элемент, насос обладает ресурсом, который ограничивается ресурсом подшипников и уплотнений.

Тепловыделяющие элементы находятся в очень плотной среде керамики с высокой теплопроводностью и электрической прочностью. Корпус поглощающего элемента изготовлен из нержавеющей стали и активно омывается водой (предусмотрены специальные завихрители потока). Относительно большая площадь корпуса единичного поглотителя ($d=20 \text{ мм}$) и относительно высокая теплопроводность воды ($0,6 \text{ Вт/м}^\circ\text{K}$) позволяют эффективно отводить тепло от поглощающего элемента. Отсутствие окислительной среды и относительно низкая рабочая температура поглощающих элементов обеспечивает гораздо более длительный срок службы. Срок службы ограничен сроком службы запорной арматуры и электронных датчиков. Все датчики продублированы. Отсутствуют гальванические пары. Высокая стойкость к коррозии.

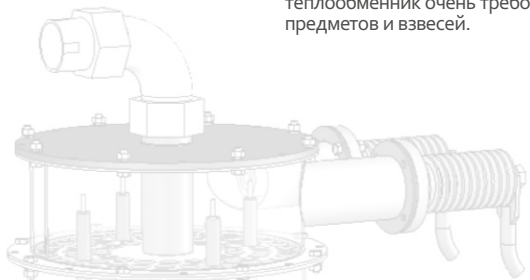
Срок службы и непрерывной работы без необходимости текущего и заводского ремонта и технического обслуживания кратно выше.

СРАВНЕНИЕ С АНАЛОГАМИ

Масляные резисторы (поглощающие элементы в масле)

Эксплуатация

Требуется постоянная ревизия и периодическая замена масла. Необходимо организация масляного хозяйства по месту эксплуатации. Необходимо следить не только за наличием протока охлаждающей воды, но и за исправностью циркуляционного масляного насоса. Следить за герметичностью масляной системы. Обязателен фильтр охлаждающей воды и масла. Пластиначатый теплообменник очень требователен к наличию посторонних предметов и взвесей.



Стоимость

Применяются недорогие материалы для изготовления поглощающих элементов, корпуса и иных элементов конструкции. Однако, их масса и объем как минимум в 2 раза выше. Для работы требуется достаточно крупный пластиначатый теплообменник и производительный циркуляционный масляный насос (по расчету не менее 300 м³/ч в режиме максимальной мощности). Необходимо учесть стоимость расходных материалов и организацию их хранения. Для эксплуатации необходимы фильтры водяные и масляные, уплотнения масляной системы, подшипники масляного циркуляционного насоса.

Безопасность

Масло - пожароопасное и текучее вещество. При эксплуатации неизбежно газообразование, что может являться поражающим фактором в стесненных условиях эксплуатации. Возможны протечки масла; Возможны внутренние короткие замыкания вследствие устаревания масла и образования сажи.

Надежность эксплуатации

Являясь, в целом пассивным устройством имеет в своем составе циркуляционный масляный насос, требующий постоянного электропитания (не менее 22 кВт). Является более технически сложным устройством - надежность любой более сложной системы заведомо ниже

Резисторы серии РБМВ (поглощающие элементы с керамической изоляцией в оболочке в воде)

Конструкция позволяет не допускать перегрева воды выше 65 °С чтобы избежать образование накипи. Даже при образовании накипи в аварийном режиме эксплуатации она незначительно ухудшает характеристики, но не приводит к неисправности и потере работоспособности резистора. Отсутствие условий для образования накипи в штатном режиме работы достигается применением автоматики.

Ремонт осуществляется путем агрегатной замены резистивного модуля силами двух человек без использования подъемно-транспортных механизмов, что обеспечивает удобство и малое время восстановления.

Расходных материалов не требуется. Просветы и интенсивность потока столь велики, что требований по присутствию посторонних частиц в воде нет - фильтр не нужен.

Отсутствуют подвижные части.

Объем работ по регламентному обслуживанию на порядок ниже, длительность непрерывной работы без необходимости ремонтакратно выше.

Применяются цветные сплавы для изготовления корпусных деталей и поглощающих элементов (нержавеющая сталь, нихром, новые материалы).

Изолирующий материал обладает одновременно высокой электрической прочностью и теплопроводностью, что обеспечено применением ряда ноу-хау и специальная керамика. Отсутствуют теплообменник и насос.

Несмотря на применение инновационных и дорогостоящих материалов стоимость резисторов сопоставимой мощности ниже. Если же рассчитать стоимость полного жизненного цикла резистора серии РБМВ, включая расходы на эксплуатацию и ремонт, то стоимость будет как минимум в 2 раза ниже по сравнению с аналогами.

Все материалы негорючие. Нет образования горючих газов, паров высокого давления.

Электробезопасность обеспечивается соблюдением правил эксплуатации энергоустановок ПУЭ, РМРС и РРР.

Уровень безопасности эксплуатациикратно выше.

Практически полная энергонезависимость и собственная теплоемкость не менее 28 МДж позволяют применять резисторы серии РБМВ в том числе и в аварийном режиме.

Обеспечен непревзойденный уровень надежности.

ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ

В 2018 г. в инициативном порядке нами была проведена НИР "БТР".

Работу возглавил технический директор Лиры-С Журба Андрей Геннадьевич. Работа была посвящена поиску решения задачи залпового поглощения электрической энергии в сумме около 20-30 МДж длительностью до 5 сек. с последующим преобразованием в какой-либо иной вид энергии или рассеиванием в окружающую среду. Целью работы было создание тормозного резистора для применения в составе систем электродвижения атомных ледоколов проекта 10510 Лидер и проекта 22220 Арктика. При этом было установлено требование - устройство должно было быть максимально компактное, легкое, простое в обслуживании, не требовать расходных материалов, иметь длительный срок службы - не менее 30 лет, быть взрыво-пожаробезопасным, не иметь прочих поражающих факторов.

Были изучены различные методы преобразования электрической энергии, такие как: индукционный, электростатический, резистивный, плазменный, механический. В результате проработки нескольких моделей и большого количества сопутствующих расчетов выбор был сделан в пользу прямого резистивного преобразования электроэнергии в тепло с рассеиванием в воду, разработаны передовые решения по изоляции между электрическим и гидравлическим контуром. Разработана технология изготовления резисторов серии РБМВ. Основой разработанных технологических решений стало использование в отдельных элементах термостойкой монолитной анизотропной керамики с максимально высокой электрической прочностью и теплопроводностью.

Разработчиком предлагаемых нами резисторов серии РБМВ является ООО "НПП "ИТЭС" который входит в консорциум с ООО "Лиры-С" по направлению производства судового комплектующего оборудования. Резистор серии РБМВ был разработан и реализован в рамках ОКР «СЭД БМ» в качестве соисполнителя Крыловского государственного научного центра в 2020 г. Поставленный резистор по настоящий момент успешно функционирует в составе испытательного стенда СЭД БМ Крыловского государственного научного центра. По результатам эксплуатации в составе стенда был получен положительный отзыв

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Крыловский государственный научный центр»

(ФГУП «Крыловский государственный научный центр»)
Филиал «Центральный научно-исследовательский институт судовой электротехники и технологии»

(Филиал «ЦНИИ СЭТ»)
Благodatная улица, д.6, Санкт-Петербург, 196128

тел: +7(812)369-92-45 факс: +7(812)369-01-37
e-mail: set@kscrc.ru www.krylov-centre.ru

ИНН 7810213747 ОГРН 07535359 ОГРН 1027804905303

25.11.2019 № 5300/26308-2019

На № _____ от _____

Генеральному директору
ООО «НПП «ИТЭС»
Шулякову Ю. А.

194156, Санкт-Петербург,
пр-т Энгельса, д. 27, литера Ц,
помещение 7-Н, оф. 6.

тел: (812) 456-71-06

факс (812) 309-22-46

e-mail: office@npp-ites.ru



Крыловский
государственный научный центр

Уважаемый Юрий Анатольевич!

Наше предприятие занимается разработкой и поставкой высоковольтных мощных преобразователей частоты (ПЧ) для систем электродвижения судов. Одной из задач электропривода, в состав которого входит ПЧ, является осуществление электрического торможения гребного двигателя влияющего на динамические свойства судна. Для реализации режима торможения двигатель переводится в генераторный режим и становится источником энергии, которая поглощается т. н. тормозными резисторами. Основным недостатком тормозных резисторов, предлагаемых на рынке, является использование масла в качестве изолирующей и охлаждающей жидкости, что противоречит правилам Российского морского регистра судоходства и значительно усложняет эксплуатацию на борту судна.

Учитывая многолетнее сотрудничество с Вами в области электротехники, основываясь на Ваших предложениях о поставке тормозных



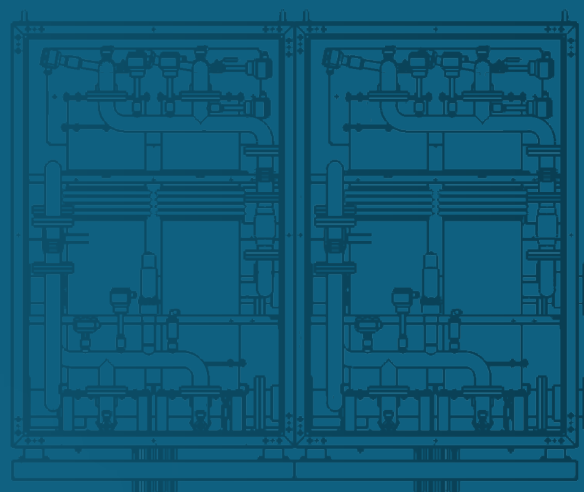
Крыловский
государственный научный центр

ЛИРА

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРМОЗНЫХ РЕЗИСТОРОВ СЕРИИ РБМВ

№	Характеристика	Модель			
		РБМВ-1	РБМВ-2	РБМВ-4	РБМВ-6
1	Количество резистивных модулей в блоке, шт.	1	2	4	6
2	Количество гальванически не связанных резисторов в блоке (сопротивление каждого, Ом), шт	1 (от 0,1 до 140) 2 (0,2-70) возможна реализация до 36 независимых резисторов	2 (от 0,1 до 140) 4 (0,2-70) возможна реализация до 72 независимых резисторов	4 (от 0,1 до 140) 8 (0,2-70) возможна реализация до 144 независимых резисторов	6 (от 0,1 до 140) 12 (0,2-70) возможна реализация до 216 независимых резисторов
3	Номинальное напряжение (DC), В	до 10 000			
4	Ток каждого резистивного модуля, А - длительный режим, ПВ 100% - повторно-кратковременный, не более 5 с (пауза не менее 30 с.)	от 65 до 1250 от 140 до 2500			
5	Мощность, кВт - номинальная, ПВ 100% - максимальная, не более 10 с (пауза не менее 30 с.)	625 2500	1250 5000	2500 10 000	3 750 15 000
6	Рекомендуемый расход охлаждающей воды при номинальной мощности, м³/ч (при номинальном перегреве воды на 30С, но не более чем 65С на выходе во избежание образования накипи)	15	30	60	90
7	Собственная теплоемкость, МДж	28	56	112	168
8	Напряжение источника питания собственных нужд, В	220, 50 Гц			
9	Потребляемая мощность собственных нужд, Вт	120	140	160	200
10	Уровень изоляции на корпус (постоянный ток, 1 мин), кВ	до 35,0			
11	Подключение	подвод в секцию снизу			
12	Клеммы для подключения	шинный пункт подключения под болт			
13	Подключение охлаждающей воды	фланец Ду50	фланец Ду100	фланец Ду100	фланец Ду100
14	Охлаждение	жидкостное, пресная вода			
15	Материал гидравлического контура	нерж. сталь, композитные материалы			
16	Температура охлаждающей жидкости на входе, °С	от +5 до +40			
17	Температура окружающего воздуха, С	от 0 до +65			
18	Вероятность безотказной работы в течение времени непрерывного использования 8000 ч	0,98			
19	Назначенный срок службы, лет	30			
20	Назначенный ресурс до заводского ремонта, ч	80000			
21	Назначенный ресурс до списания, ч	240 000			
22	Климатическое исполнение и категория размещения	ОМ4			
23	Габариты корпуса (с цоколем), ШхВхГ	600х1940х800	1200х1940х1180	2400х1940х1180	3600х1940х1180
24	Масса, кг сухого заполненного водой	640 730	960 1140	1850 2280	2760 3420
25	Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP44			
26	Сигналы системы контроля и защиты. Возможна передача во внешнюю АСУ как в виде сухих контактов так и в виде последовательный интерфейсов CAN, RS485 по выбору.	- температура и давление воды на входе; - температура и давление воды на выходе; - заполнение водой каждого резистора; - наличие протока воды			
27	Подогреватель противоконденсатный	по запросу			
28	Воздухоотводчик	есть у каждого модуля			

КАК С НАМИ СВЯЗАТЬСЯ



+7 (495) 266-65-28

info1@lira-s.com **www.lira-s.com**