

# «Электрика» на МОТОЛОДКЕ

**Александр Филиппов, Москва**

Как показывает практика, систему электроснабжения судостроители-любители обычно считают второстепенной и начинают проектировать и монтировать ее только при окончательной сборке лодки, а бывает – и после спуска на воду. При этом зачастую возникают трудности, которые можно было бы избежать, если бы электросистема была продумана еще этапе общего проектирования судна.

**С**истему электроснабжения необходимо планировать, исходя из задач, которые вы собираетесь возложить на судно. Как правило, у прогулочных моторных судов в функции электросистемы входит питание двух основных групп потребителей. В одну входит электрооборудование, требуемое техническими нормами и стандартами: навигационное, общесудовое, аварийное. В другой – функциональное оборудование, обеспечивающее обитаемость и комфорт на борту: отопитель, камбуз, освещение кают и палуб и пр. Возможно, в число

**Состав планируемых нагрузок на электросистему судна (значения приняты условно)**

№пп	Наименование потребителя	Мощность	Режим работы	Примечания
1	Ходовые огни	$4 \times 10 = 40$ Вт	непрерывный	В ночное время на ходу
2	Стояночные огни	10 Вт	непрерывный	В ноч. время на стоянке вне суд. хода
3	Стартер	1500 Вт	3 мин	Запуск двигателя
4	Привод откидки ПМ	500 Вт	0.6 мин	По необходимости
5	Навигационные приборы	100 Вт	непрерывный	На ходу
6	Подсветка	20 Вт	непрерывный	На ходу в ночное время
7	Откачивающая помпа	100 Вт	6 мин	По необходимости
8	Освещение стояночное	20 Вт	20 мин	По необходимости
9	«Музыка»	100 Вт	60 мин	По необходимости



потребителей попадет еще и оборудование моторного отсека; этот случай типичен для «самосборных» стационарных двигательных установок. У более распространенных сейчас подвесных моторов электросистема, как правило, автономна и не требует отдельного рассмотрения. Все прочее должно быть учтено как можно тщательнее.

Требование безотказности оборудования прогулочной лодки на внутренних водных путях обычно не

*Расположение основных электроагрегатов в моторном отсеке крупного катера промышленного изготовления. Слева вверху – главный переключатель источников, левее него – батареи аккумуляторов, справа автономный генератор*

*На лодке польской постройки в качестве источника питания от береговой сети приспособлен стандартный переносной выпрямитель. Он не имеет водозащищенного исполнения (указано IP23 – защита от твердых частиц от 12 мм размером и брызг под углом падения 60°)*

ставится в приоритетные. Однако в некоторых районах плавания – морских побережьях, крупных водоемах с труднопредсказуемыми ветро-волновыми условиями – условие надежности может стать важным. Здесь применяется дублирование критически важных звеньев, в числе которых аккумулятор, отливные помпы, средства связи. Любителям перестраховки стоит иметь в виду, что резервирование более трехкратного фактически уже не увеличивает надежности.

Определение состава и конфигурации электросистемы ведется в следующем порядке:

1. Определяется количество и время работы потребителей с учетом резервного оборудования, схема их включения – напрямую, через промежуточное реле (контактор), с управлением через приемо-передающую аппаратуру по каналам связи, а также мощность источников электроэнергии, которые можно установить на судне: генераторы, аккумуляторные батареи, солнечные батареи и т.д.

2. Исходя из ограничений объемных, массогабаритных, компоновочных и налагаемых нормами безопасности производится согласование мощности источников электроэнергии и потребителей.

3. Определяется прокладка кабельных трасс и коммутационное оборудование. Именно этот момент важно иметь в виду еще до окончательной сборки корпуса. Необходимые для кабель-каналов вырезы в наборе, открытый доступ к борту и палубе в местах монтажа оборудования, выделение отсеков для аккумуляторов, электроприводов и распределительных щитков лучше предусмотреть еще до того, как вы установите в корпус все шпангоуты и переборки, накроете его палубой и положите теплоизоляцию – иначе двойной работы не избежать.



4. Следующим этапом – выбор сечения проводов и кабелей, подбор коммутационного оборудования по токовым нагрузкам. Принимаются принципиальные конструктивные решения, например, при проходе кабелей и проводов через герметичную переборку, палубу, крышу рубки.

Рассмотрим вариант расчета параметров системы на примере мотолодки с электрозапуском и приводом откидки двигателя. Потребляемая на ходу мощность складывается из «активных» пунктов приведенной таблицы. Днем пиковая мощность достигает  $P = 100 + 100 + 100 + 1500 + 500 = 2300$  Вт (пп. 5, 7, 9, 3, 4 таблицы). Потребляемая энергия в ватт-часах при времени перехода 1 час  $Q = 100 \times 1.0 + 100 \times 0.1 + 100 \times 1.0 + 1500 \times 0.05 + 500 \times 0.01 \times 10 = 335$  Вт·ч. Мощность генератора подвесника составляет около 100 Вт. Выработанное количество электроэнергии за 1 час составляет 100 Вт·ч. Дефицит энергии – 235 Вт·ч, т.е. аккумуляторная батарея при данном потреблении недоберет (при бортовой сети 12 В потребляемая мощность в 1 Вт соответствует току 0.083 А)  $235 \times 0.083 = 19.5$  А·ч. При емкости аккумулятора 45 А·ч аккумулятор разрядится через  $45 / 19.5 = 2.3$  ч хода. Необходимо поднимать мощность генератора или уменьшать нагрузку. При большой насыщенности потре-

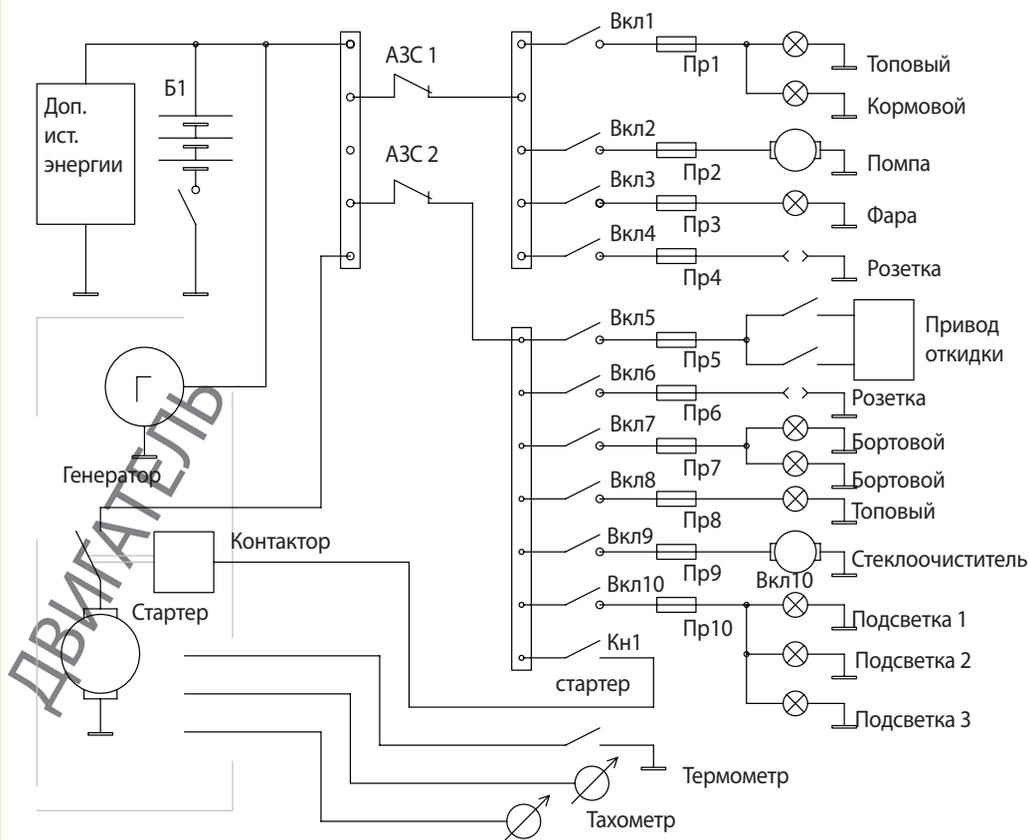
бителями электроэнергии на лодках длиной более 5 м можно рассмотреть установку автономного бензинового генератора с возможностью его использования в береговом лагере. Вес генераторной установки с кожухом не превысит 50 кг.

Аналогично проводится расчет для ночного перехода и стоянки, откуда вытекает максимальная емкость аккумулятора при условии, что нет ограничения по массе. Предпочтительнее аккумулятор большей емкости – при расходе одинакового количества энергии процессы сульфатации будут менее выражены, тогда как энергия необходимая для зарядки аккумулятора одинакова (лишь бы ее хватало) и пусковой ток на стартер будет выше из-за меньшего внутреннего сопротивления аккумулятора. Отдельный резервный аккумулятор ставится только на запуск двигателя, с приоритетом по зарядке, чтобы исключить возможность незапуска двигателя из-за глубокого разряда.

Из вышеприведенного следует, что среднее потребление за переход в данном случае не должно превышать 80 Вт·ч, иначе аккумулятор будет недозаряжен и быстро выйдет из строя. Поскольку мощность генератора подвесного мотора задана конструктивно и ее нельзя изменить (в отли-

## Некоторые обязательные требования безопасности Технического регламента 2014 года

- Маломерные суда должны быть оборудованы: осветительными приборами, отличительными ходовыми огнями и средствами звуковой сигнализации. Гребные и моторные лодки с подвесными моторами мощностью менее 22,1 кВт (30 л.с.) не подлежат обязательному оборудованию осветительными приборами и отличительными ходовыми огнями. В темное время суток разрешается эксплуатация маломерных судов только при включенных осветительных приборах и отличительных ходовых огнях.
- Электрическое оборудование маломерного судна должно быть надежно защищено от механических повреждений в процессе его эксплуатации, от воздействия внешней среды и быть безопасным в эксплуатации.
- Все электрические цепи должны быть обеспечены защитой от перегрузок и коротких замыканий.
- Для предупреждения аккумуляции газов, выделяемых аккумуляторными батареями, должна быть обеспечена их вентиляция. На маломерном судне аккумуляторные батареи должны быть установлены в безопасном и защищенном от попадания воды месте.
- Запрещается прокладывать электрическую проводку над нагревающимися частями машин.
- На всех маломерных судах, оборудованных средствами связи и навигации, для питания радиооборудования должно быть не менее двух источников электрической энергии: основного и резервного.
- Основной источник электрической энергии должен иметь мощность, достаточную для питания всех устройств и систем маломерного судна в режиме максимальной нагрузки, предусмотренную проектом маломерного судна, и автономный аварийный источник (аккумуляторные батареи).
- Мощность аккумуляторных батарей должна быть достаточной для питания требуемых потребителей в аварийном режиме. В тех случаях, когда аккумуляторная батарея маломерного судна используется одновременно для запуска основных двигателей внутреннего сгорания, ее емкость должна быть достаточной для осуществления не



Примерная схема электросистемы моторной лодки. Важные моменты: потребители разделены по приоритетности на группы, которые питаются от отдельных шин, защищенных предохранителями-автоматами; каждый из потребителей также защищен плавким предохранителем. «Земляной» контакт изображен условно – на самом деле при любом материале корпуса система должна быть двухпроводной с еще одной минусовой шиной (не показана)

чие от стационарного двигателя), необходимо принимать решение или об уменьшении потребляемой мощности, или установке дополнительных источников энергии – дополнительного генератора, солнечной батареи и т.д.

Будем считать, что мы уменьшили мощность нагрузки до 80 Вт, определили емкость аккумулятора и место его установки. Аккумулятор должен устанавливаться отдельно от топливных баков, по возможности ниже и в месте минимальных ударных нагрузок (обычно у кормы со смещением к правому борту для компенсации реактивного момента винта), при этом должна быть предусмотрена вентиляция аккумуляторного отсека. Для уменьшения потерь напряжения длина провода питания стартера должна быть минимальной, а сечение – максимальным.

Рассмотрим примерную схему

электроснабжения моторной лодки с минимальным количеством электрооборудования (см. схему). Аккумулятор оборудуется отключателем массы, расположенным в доступном месте и рассчитанным на ток стартера, и шиной-разветвителем, к которой подключается провод стартера и провода автоматов защиты бортовой сети (АЗС) – не менее двух для разделения нагрузок и обеспечения движения, в том числе в темное время суток, при отключении одного из них. Следом за АЗС устанавливаются разветвители под провода с кабельными наконечниками под винт (шпильку) для подключения нагрузок с предохранителями. Разветвители обычно располагают под панелью управления. После определения количества выключателей и предохранителей выбираются размеры и типы проводов и кабелей. Сечение кабелей

определяется по таблицам и методикам, представленным в ПУЭ и другой литературе.

Приближенно можно считать, что каждый ватт мощности при напряжении бортовой сети 12 В требует тока силой 0.083А, и поскольку проводка обладает внутренним сопротивлением, при длине провода не более 10 м допустима плотность тока 6 А на квадратный миллиметр сечения медного провода. Провода предпочтительно использовать многожильные и луженые с тщательной заделкой концов без надрыва жил, желательно пайкой и герметизацией лаком и (или) термоусадочной трубкой, что особенно важно для морской воды, т.к. жилы кабеля подобны капиллярам. По опыту, не рекомендуется применять провода сечением менее 1 мм<sup>2</sup> из-за их низкой механической прочности. Предпочтительны провода типа МГШВ (сечением 1.0–1.5 мм<sup>2</sup>) и БПВЛ (1–10 мм<sup>2</sup> и выше) с медной луженой жилой и комбинированной оплеткой.

Провода необходимо прокладывать так, чтобы они не перетирались и не перегибались при воздействии ви-

браций и ударных перегрузок, по возможности имели защиту от УФ-излучения, попадания топлива и масла, а также имелась возможность замены проводки на новую без дополнительных трудоемких работ.

Состав коммутационной аппаратуры (распределительные щиты, автоматы защиты, кнопки, выключатели, индикаторы и т.д.) связан с возможностями исполнителя, но исходя из места установки, должно соответствовать определенным требованиям. В электротехнике это требования IP (степень защиты от проникновения влаги и твердых частиц). Обычно используют коммутационную аппаратуру судового исполнения по каталогам, авиационную, автомобильную и радиотехническую, влагозащищенную, подходящую по условиям эксплуатации и коммутационным токам. По возможности ее надо защищать от воздействия воды отражательными козырьками, дополнительными чехлами, устанавливать под крышками внутри отсеков.

Стоит предусмотреть достаточное количество разъемов типа «автомобильный прикуриватель» для

менее 10 пусков основных двигателей внутреннего сгорания.

- Номинальные напряжения на выводах источников электрической энергии для питания судовой сети не должны превышать следующих значений:

а) при переменном однофазном токе с частотой 50 Гц – 230 В;

б) при постоянном токе – 24 В.

- Установка на маломерном судне источников постоянного тока с напряжением более 24 В допускается при условии установки устройства непрерывного автоматического контроля сопротивления изоляции. Помещение, где располагаются источники тока с напряжением более 24 В, не должно быть смежным с емкостями, содержащими воспламеняющиеся жидкости.

- Электрическое оборудование не должно являться источником вредных излучений и выделений токсичных веществ.

- Конструктивное исполнение питающей системы распределения электрической энергии должно быть таким, чтобы в случае короткого замыкания в электрической сети исключать возникновение опасного напряжения.

- Для обеспечения питания судовой сети от внешнего источника электроэнергии на маломерном судне должен быть установлен щит питания, на котором предусматривается: наличие соответствующих клемм для подключения гибкого кабеля и заземления нейтрального провода от внешнего источника, вольтметр или иная сигнализация наличия напряжения на клеммах и табличка, указывающая напряжение, род и частоту тока.

- Кабели, сигнально-отличительные фонари, светильники, штепсельные разъемы и выключатели, расположенные на палубе (внутри корпуса на беспалубных маломерных судах), должны иметь водозащищенное исполнение.

- На маломерных судах должны применяться негорючие и не распространяющие горение кабели с медными жилами, соответствующие нагрузке. В местах прокладки, где возможны механические повреждения или воздействие нефтепродуктов (электролита), применяются кабели с соответствующей защитой.

- Кабельные проходы не должны нарушать водонепроницаемость переборок.



На финском катере Yatagin вся «электрика» скрыта под зашивками. В трюме доступен только щиток с главным выключателем и предохранителями основных групп