



М.Ю. Пустоветов
Технологический институт (филиал)
Донского государственного технического университета в г. Азове

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ СИЛОВОГО АГРЕГАТА КАТЕРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОСТИ РЕСУРСОВ

В статье предложено инженерное решение, касающееся схемы силового агрегата катера, позволяющее реализовать функциональную избыточность при имеющихся ограниченных энергетических и финансовых ресурсах. Эффект достигается за счет совершенствования системы электроснабжения постоянного тока, ее частичной автоматизации простыми средствами. Также требуется выполнение экипажем указаний по эксплуатации катера.

Катер, силовой агрегат, система электроснабжения, функциональная избыточность, аккумуляторная батарея, подруливающее устройство.

Маломерное судно [1, 2], например катер (рис. 1а), в постройке, несмотря на скромные размеры и, как правило, применяемые типовые технические решения, не относящиеся к переднему краю науки и технологии, зачастую является ареной нешуточных противоречий и компромиссов. Причины их сходны: желание получить максимально возможное количество функций изделия при неизменно ограниченных ресурсах, которые могут быть затрачены на постройку, и ограничениях по мощности силового агрегата.

Рассмотрим частный случай. Строится катер с одним силовым агрегатом, представленным главным двигателем (ГД), на котором смонтирован навешенный генератор *G1* и электростартер *M1*. Выработка, распределение и потребление электроэнергии на борту катера происходит на постоянном напряжении 12 В. В составе системы электроснабжения катера, которую в широком смысле слова также можно отнести к со-

ставу силового агрегата, имеются стартерная аккумуляторная батарея (АКБ) *GB1*; сервисная АКБ *GB2* (для питания, например, освещения, помп, эхолота-картплоттера, радиолокационной станции, отопителя и др.); аварийная АКБ *GB3*, предназначенная для питания ответственных потребителей (радиостанция, сигнально-отличительные фонари) в случае выхода из строя основного источника. Основным источником энергии является *G1*. АКБ *GB2* работает в буферном режиме, то есть при недостатке энергии от *G1* на нужды бортовых потребителей его покрывает *GB2*. В пути следования катера заряд всех АКБ происходит от *G1*. Также предусмотрен заряд всех АКБ катера на стоянке от береговой сети однофазного переменного тока или в пути следования от бортового генератора однофазного переменного тока номинальной мощностью 3,5 кВт через трехканальное выпрямительно-зарядное устройство *UZ1*.



а



б

Рис. 1. Катер (а) и его дополнительное подруливающее устройство (б)

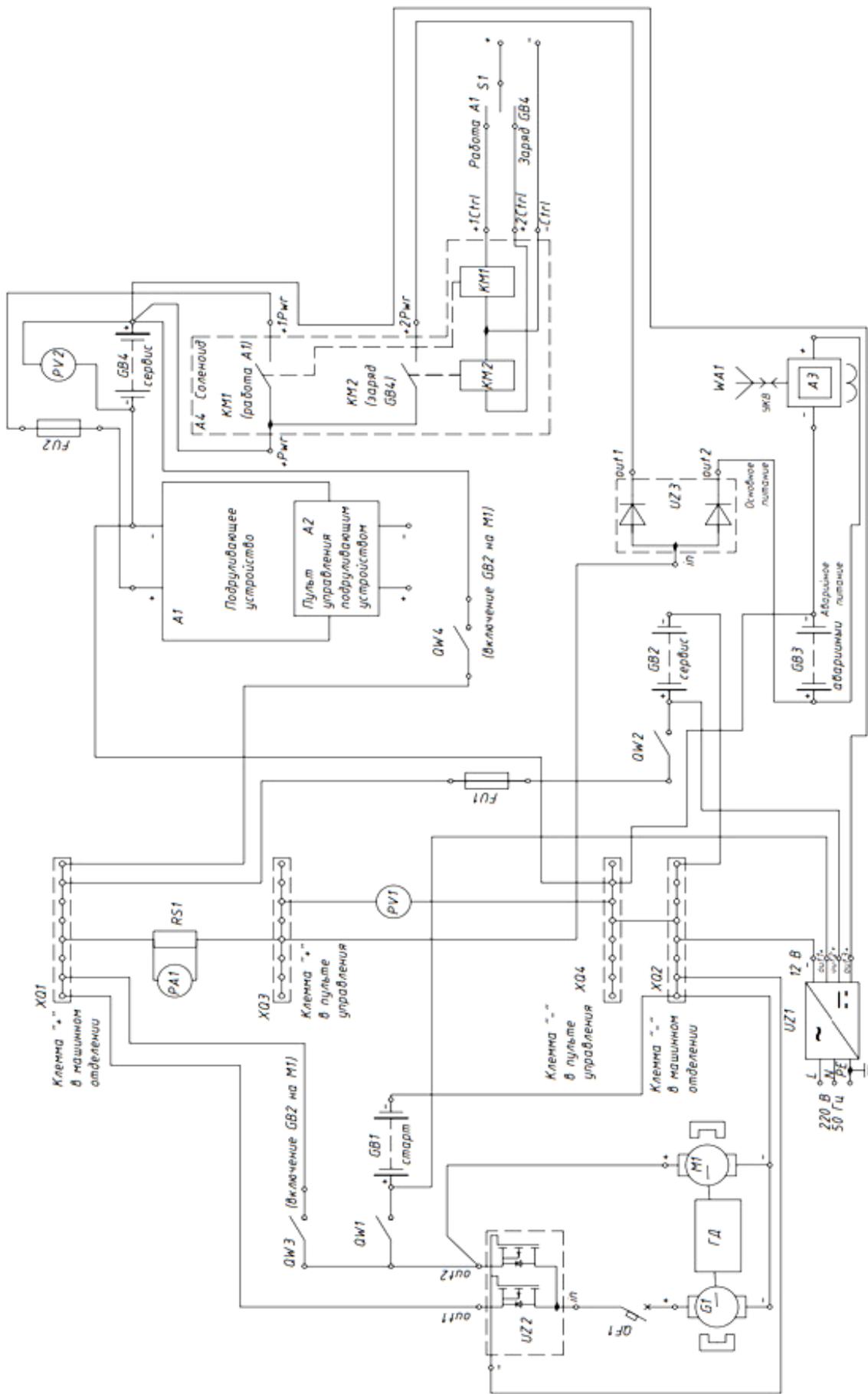


Рис. 2. Фрагмент электрической принципиальной схемы системы электроснабжения катера

Условные обозначения для рисунка 2

№ п.п.	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения
1	<i>XQ1, XQ2</i>	Сборные шины «+» и «-» в машинном отделении
2	<i>XQ3, XQ4</i>	Сборные шины «+» и «-» в пульте управления судном
3	<i>A3</i>	УКВ-радиостанция
4	<i>WA1</i>	Антенна радиостанции УКВ
5	<i>A4</i>	Контактор (соленоид), коммутирующее подруливающее устройство <i>A1</i>
6	<i>KM1</i>	Катушка и контакт в составе <i>A4</i> , подключающие <i>A1</i> к электропитанию, когда <i>A1</i> и <i>GB4</i> отделены от остальной системы электроснабжения катера
7	<i>KM2</i>	Катушка и контакт в составе <i>A4</i> , подключающие АКБ <i>GB4</i> к электропитанию от <i>G1</i> при выключенном <i>A1</i>
8	<i>QW1 – QW4</i>	Выключатели массы (коммутация АКБ)
9	<i>UZ2</i>	Зарядный изолятор транзисторный для исключения уравнильных токов между АКБ и исключения перехода <i>G1</i> в двигательный режим
10	<i>UZ3</i>	Зарядный изолятор диодный для исключения уравнильных токов между АКБ и исключения разряда <i>GB3</i> и <i>GB4</i> на нецелевую нагрузку
11	<i>QF1</i>	Автоматический выключатель защиты <i>G1</i>
12	<i>FU1, FU2</i>	Плавкие предохранители защиты силового кабеля и <i>A1</i>
13	<i>S1</i>	Трехпозиционный переключатель (<i>ON1 – OFF – ON2</i>) для управления режимом работы <i>A1</i> и <i>GB4</i>
14	<i>PA1, RS1</i>	Амперметр с измерительным шунтом
15	<i>PV1</i>	Вольтметр для контроля напряжения на шинах системы электроснабжения катера
16	<i>PV2</i>	Вольтметр для контроля напряжения на АКБ <i>GB4</i>

Иногда дополнительные технические требования к функциональности катера возникают на этапе его постройки, например нужно дооснастить его подруливающим устройством (рис. 16) *A1* с проводным пультом дистанционного управления *A2* [3]. Нужно отметить, что такое устройство является для силового агрегата и системы электроснабжения катера довольно крупным потребителем: номинальные мощности подруливающих устройств начинаются от 1,3...1,5 кВт. Режим работы подруливающего устройства кратковременный (при швартовке) либо повторно-кратковременный (при удержании судна на курсе). Условием является невозможность использования бортового генератора однофазного переменного тока для питания подруливающего устройства. Отметим, что номинальный ток *G1* составляет 70 А, для унификации все АКБ выбраны одинакового типа с емкостью 190 Ач.

Несложно заметить, что включение мощного потребителя *A1* делает систему электроснабжения катера дефицитной: *G1* с заявленными характеристиками не способен выработать необходимое количество энергии. Можно получить энергию дополнительно от АКБ *GB2*, но это, в случае повторно-кратковременного режима работы *A1*, способно довольно скоро вызвать глубокий разряд *GB2*, что снова повысит нагрузку на *G1*. Установить дополнительный навешенный генератор на ГД или же подобрать на замену имеющемуся *G1* генератор большей мощности затруднительно из-за невозможности обеспечения совместимости механической части привода навешенного генератора с ГД, а также ограниченности бюджета постройки катера.

Поэтому возможным компромиссным решением является установка дополнительной сервисной АКБ *GB4*, предназначенной для снабжения электроэнергией только *A1* и *A2*. С целью минимизации нагрузки от *GB4* на *G1* нужно, чтобы при включенном подруливающем устройстве оно само и *GB4* были бы отделены от остальной системы электроснабжения катера. Также требуется, чтобы в режиме нормальной эксплуатации было бы невозможным питание от *GB4* каких-либо иных электроприемников, кроме *A1* и *A2*.

Такое техническое решение показано на рисунке 2, где приняты условные обозначения, расшифровываемые в таблице.

Электрической схемой катера предусмотрено, что при наличии берегового питания либо при включенном генераторе переменного однофазного напряжения ~220 В, 50 Гц стартерная и обе сервисные АКБ автоматически будут заряжаться от зарядного устройства *UZ1*. Аварийная АКБ *GB3* не имеет прямого канала заряда от зарядного устройства, но опосредованно заряжается через диодный разделитель *UZ3* от клеммы «+» *XQ3*, смонтированной в пульте управления судном, к которой через *XQ1* подключены положительные полюса стартерной *GB1* и сервисной АКБ *GB2*. Благодаря наличию диодного разделителя *UZ3* разряд аварийной АКБ *GB3* на другие АКБ либо на нагрузки кроме УКВ-радиостанции и сигнально-осветительных огней невозможен.

Имеется выключатель массы *QW3* в машинном отделении (нормально отключен), перевод которого во включенное состояние позволяет осуществить разряд сервисной АКБ *GB2*, расположенной в машинном отделении, на стартер *M1* ГД. Благодаря наличию выключателя массы *QW4* (нормально отключен) в пульте управления судном, возможно соединение АКБ *GB4* с электрической сетью катера (= 12 В) напрямую, в обход диодного разделителя *UZ3*. Перевод выключателя массы *QW4* во включенное положение обеспечивает возможность разряда *GB4* на *M1* ГД или иные электроприемники на борту катера.

Благодаря наличию выключателя массы *QW4* (нормально отключен) в пульте управления судном, возможно соединение АКБ *GB4* с электрической сетью катера (= 12 В) напрямую, в обход диодного разделителя *UZ3*. Перевод выключателя массы *QW4* во включенное положение обеспечивает возможность разряда *GB4* на *M1* ГД или иные электроприемники на борту катера.

Благодаря наличию выключателя массы *QW4* (нормально отключен) в пульте управления судном, возможно соединение АКБ *GB4* с электрической сетью катера (= 12 В) напрямую, в обход диодного разделителя *UZ3*. Перевод выключателя массы *QW4* во включенное положение обеспечивает возможность разряда *GB4* на *M1* ГД или иные электроприемники на борту катера.

Трехпозиционный переключатель *S1* режимов работы системы подруливающего устройства реализует: 1) в положении «*ON1*» получают питание от *GB4* подруливающее устройство *A1* и его проводной пульт управления *A2*. При этом *GB4* отделена от остальной электрической сети катера, то есть не нагружает навешенный генератор *G1*; 2) в среднем положении «*OFF*» *A1* и *A2* получают питание, а *GB4* отделена от остальной электрической сети катера, то есть не нагружает *G1*; 3) в положении «*ON2*» *GB4* подключена к электрической сети катера (= 12 В) через *UZ3*, имея при этом возможность заряжаться от *G1*, но разряд *GB4* на какие-либо потребители или другие АКБ невозможен.

Во избежание перегрузки и отказа *G1* в инструкцию по эксплуатации катера следует внести следующие запреты:

- перевода и нахождения во включенном положении одновременно двух выключателей массы – *QW2* и *QW4*;
- перевода в положение «*ON2*» трехпозиционного переключателя *S1* режимов работы системы подруливающего устройства, если выключатель массы *QW2* не переведен в выключенное положение.

Таким образом, в результате целенаправленной инженерной работы обеспечиваем функциональную избыточность силового агрегата катера: интеграция подруливающего устройства и несколько способов пуска *M1* в условиях ограниченности ресурсов (энергетических и финансовых).

Литература

1. Сыропятова, С. Б. Исследование рынка маломерных судов в России и за рубежом / С. Б. Сыропятова, Д. С. Колесников // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики : материалы XII Международной научно-практической конференции: в 4-х томах. Том 3. – Тольятти : Волжский университет имени В. Н. Татищева, 2015. – С. 195–201.
2. Филиппов, А. В. Опыт работы судостроительного предприятия малого бизнеса в условиях современного рынка маломерных плавсредств / А. В. Филиппов // Судостроение. – 2010. – № 1 (788). – С. 36–38.
3. Вережкин, В. Ф. Применение подруливающих устройств на судах / В. Ф. Вережкин, П. А. Сидельников // Вологодские чтения. – 2001. – № 20. – С. 57–58.

M. Yu. Pustovetov

Technological Institute (Branch) of Don State Technical University in the City of Azov

IMPROVING THE DESIGN OF THE POWER UNIT OF THE BOAT TO ENSURE FUNCTIONAL REDUNDANCY IN CONDITIONS OF LIMITED RESOURCES

The article proposes an engineering solution concerning the scheme of the power unit of the boat, which allows implementation of functional redundancy with the available limited energy and financial resources. The effect is achieved by improving the DC power supply system and its partial automation by simple means. It is also required that the crew follow the instructions for operating the boat.

Boat, power unit, power supply system, functional redundancy, battery, thruster.