

УДК 62-515; 62-523.3

Малышев Юрий Сергеевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,
e-mail: elektrikasp@mail.ru

Бурмакин Олег Анатольевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,
e-mail: boa_71@mail.ru

Попов Сергей Васильевич¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры электротехники и электрооборудования объектов водного транспорта,
e-mail: popovsev3@yandex.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РУЛЕВЫМИ МАШИНАМИ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены существующие системы управления рулевым электрогидравлическим приводом отечественного и зарубежного производства для судов с полным водоизмещением до 100 тонн. Проведен сравнительный анализ работы рассмотренных систем. Предложены структурные схемы реализации систем управления простого и следящего действия с целью устранения выявленных при анализе недостатков.

Ключевые слова: судовое рулевое устройство, система управления рулевой машиной, рулевой электропривод насоса гидравлической системы.

Основным средством управления судном является рулевое устройство, приводимое в действие рулевой машиной (РМ). На российских судах с малым водоизмещением наибольшее распространение получили электрогидравлические РМ, построенные на базе гидроцилиндров. Такие суда снабжаются компактными РМ с объемом гидробака до 50 дм³ и имеют простой или следящий тип управления. Следящие системы управления (ССУ) в настоящее время, в основном, имеют зарубежное происхождение и производятся фирмами Kobelt, Fluidmecnica, Navis и др [1-3].

Структурная схема электрогидравлической РМ с простой системой управления (см. рисунок 1) содержит электродвигатель ЭД насоса, который получает питание от шкафа управления ШУ. Насос, установленный в гидравлическом баке ГБ, создает давление рабочей жидкости в трубопроводах, уходящих в рулевую рубку судна. Поворот штурвала Ш открывает соответствующие гидроклапаны ГК, и жидкость по трубопроводам поступает в полости гидроцилиндров ГЦ в зависимости от заданного направления. Происходит перекладка руля. При возврате штурвала в нейтральное состояние положение руля сохраняется и контролируется по аксиометру. Такая система управления РМ довольно проста, однако, возникают сложности при монтаже трубопроводов гидросистемы по всему корпусу судна от гидростанции до штурвала. Эксплуатация и ремонт таких систем управления крайне затруднены из-за скрытого расположения трубопроводов.

При электрическом управлении гидравлической РМ протяженность трубопроводов высокого давления значительно сокращается, так как электрические гидроклапаны (ЭГК)

располагаются в машинном или румпельном отделении. При этом сигналы управления ЭГК поступают из рубки по электрическому кабелю.

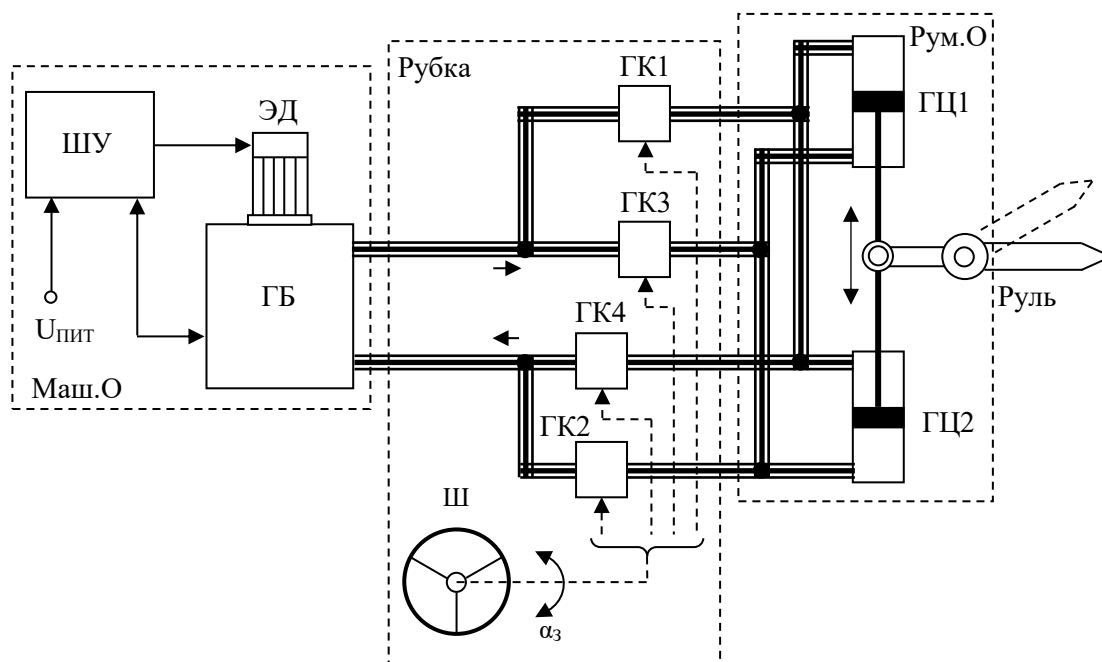


Рисунок 1. Структурная схема электрогидравлической РМ

Оснащенные ССУ рулевой машины обладают лучшей управляемостью, что особенно актуально для скоростных судов. ССУ построена на базе датчика угла поворота Д1, встроенного в штурвал, и датчика положения руля Д2. За счет управления ЭГК система позволяет выполнить поворот руля на угол $\alpha_{ос}$, заданный штурвалом Ш (α_3), с определенной точностью (см. рисунок 2).

В качестве датчиков угла поворота в советских ССУ использовались сельсины совместно с магнитными усилителями и многомашинными преобразователями [4, 5]. Такие системы достаточно сложны в изготовлении, громоздки, трудны в наладке и обслуживании, к тому же, в настоящее время не выпускаются. Современные ССУ, например, производимые фирмами Kobelt и Fluidmeccanica, оснащены резистивными задатчиками и датчиками обратной связи. Они более просты в реализации, но использование потенциометров снижает их надежность.

Правила Российского классификационного общества (РКО) обязывают устанавливать на судах основную и резервную рулевые машины, при этом механизм поворота руля может быть общим. В этом случае, как правило, в качестве приводного двигателя насоса Н основной рулевой машины используется главный (маршевый) двигатель ГД, либо электродвигатель ЭД, установленный непосредственно на гидробаке ГБ (см. рисунок 2). Основная, как и резервная РМ имеют гидробак, блок ЭГК и шкаф управления ШУ. Каждая система, в соответствии с правилами РКО, имеет свой фидер питания и органы управления – штурвал Ш и джойстик Д. В панели управления РМ на пульте судоводителя расположена светосигнальная аппаратура и переключатель П выбора рулевой машины, которую необходимо ввести в действие.

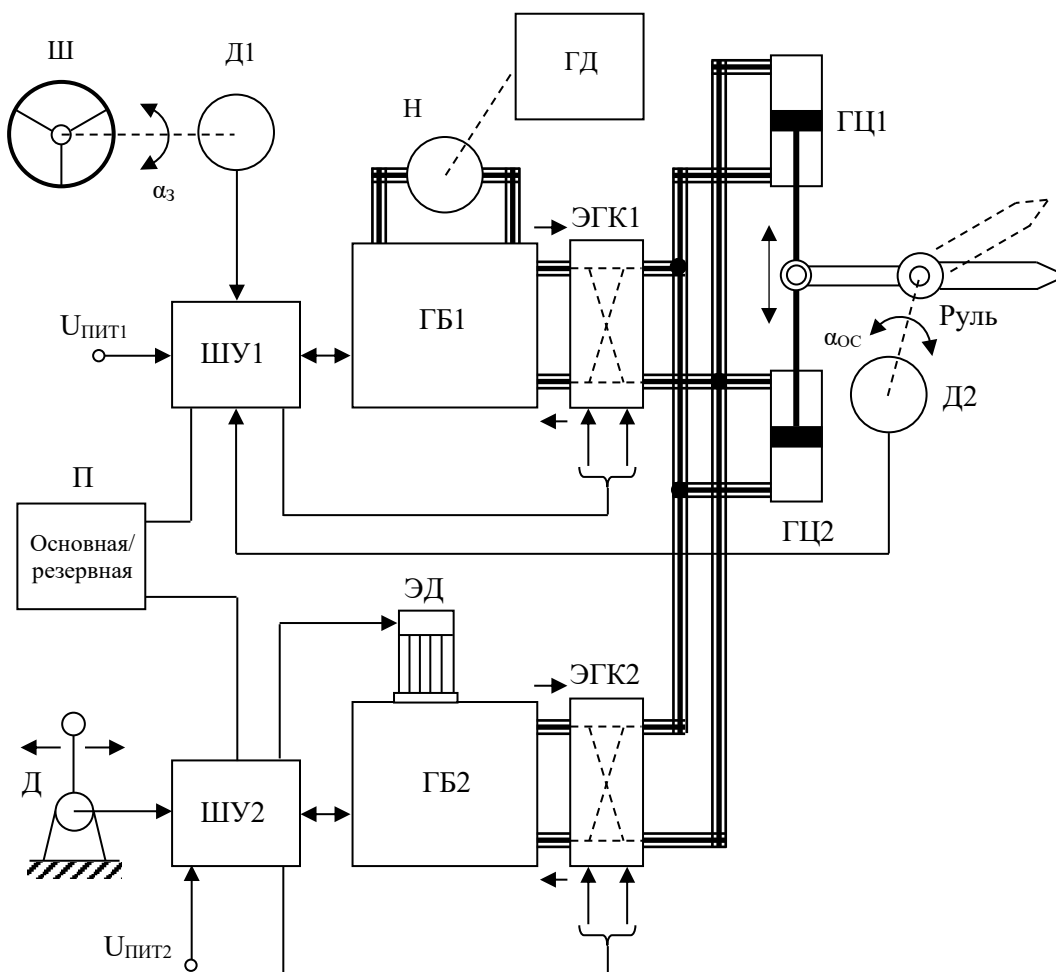


Рисунок 2. Структурная схема электрогидравлической РМ с основной и резервной гидростанцией

Существует вариант реализации РМ с электроприводами насосов как основной, так и резервной гидростанции. Также возможен вариант исполнения РМ с основной и резервной гидростанцией при одинаковом способе управления - простым или следящем.

Наличие на судне электрической сети постоянного тока напряжением 24 В создает условия для использования в качестве приводного двигателя насоса электродвигатель постоянного тока с аварийным питанием от аккумулятора. Исследования подобных систем с мощностью приводного двигателя более одного киловатта показали, что при запуске ЭД возникает пусковой ток, который оказывает влияние на напряжение питающей сети. При этом, нарушается работа электрооборудования, получающего питание от этой сети. Решить указанную проблему возможно следующими способами:

- обеспечением плавного пуска электродвигателя,
- подключением приводного электродвигателя к отдельному источнику питания,
- установкой буферной аккумуляторной батареи в цепи питания электродвигателя.

Учитывая, что выпускаемые отечественной промышленностью судовые ЭД постоянного тока напряжением 24 В и мощностью более одного киловатта предусматривают только повторно-кратковременный режим работы (ПВ) S2 и выше (от ПВ=25%), то при их использовании необходимо завышать мощность ЭД, а в ряде случаев, обеспечивать внешнее охлаждение. Исходя из сказанного, для обеспечения нормальной работы электродвигателя постоянного тока необходимы дополнительно установленные

устройства, которые неизбежно увеличивают массогабаритные показатели гидравлической станции.

Судовые электродвигатели с режимом работы S1 (ПВ выше 60%), выпускаемые зарубежной промышленностью, имеют меньшие массогабаритные показатели, однако дороги и не решают вопросы, связанные с его пуском.

В случае наличия на судне сети переменного тока в качестве привода насоса используют асинхронный двигатель с режимом работы S1, но при этом, возникает вопрос обеспечения питанием электродвигателя в аварийном режиме работы судна, когда источник переменного тока отключен.

Вариант схемы гидравлической станции с двумя электродвигателями насосов приведен на рисунке 3. В схеме используется электродвигатель переменного тока М1 для основной и постоянного тока М2 для резервной РМ. В аварийном режиме при отключении источника переменного тока двигатель питается только от аккумуляторной батареи АКБ в течение ограниченного времени. Исходя из требования правил РКО, энергии аварийного источника должно быть достаточно для работы РМ в течение не менее 30 мин.

Альтернативным вариантом реализации электропривода РМ может быть система преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД) с аккумуляторной батареей (АКБ) повышенного напряжения. В таком случае преобразователь частоты реализует функцию плавного пуска АД для снижения пускового тока, а встроенный в ПЧ выпрямитель может применяться для зарядки АКБ. Увеличенное напряжение АКБ незначительно повлияет на ее массогабаритные показатели.

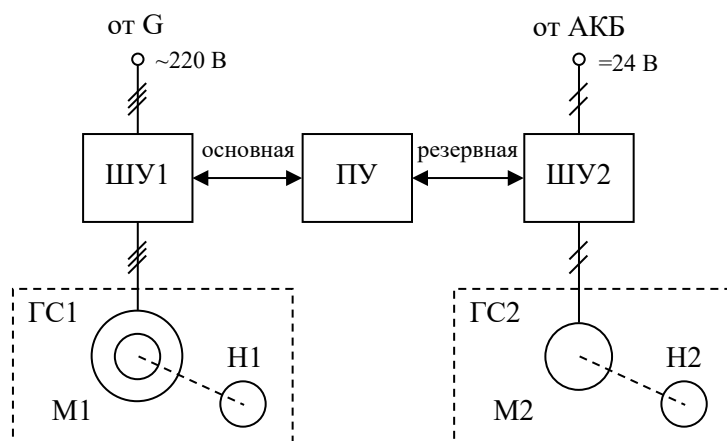


Рисунок 3. Структурная схема электрогидравлической РМ с приводными электродвигателями разного рода тока

Анализ существующего российского судового электрооборудования и судовых систем управления РМ позволяет сделать вывод, что существует возможность создания отечественных электрогидравлических установок для рулевых и других судовых механизмов, используя предложенные структурные схемы систем управления гидростанциями РМ скоростных судов.

Список литературы:

1. Related Manuals for Kobelt 7173-K <https://www.manualslib.com/manual/1551631/Kobelt-7173-K.html#manual>.
2. Техническое описание системы управления РМ Fluidmecnica <https://fluidmecnica.com/en/menu/steering-gears/>
3. Система управления рулевым гидроприводом Navis ST5000 <https://navis.spb.ru/katalog/sistema-upravleniya-rulevym-gidroprivodom-st5000/>

4. Иванов В. Н., Элькинд Л. Б. Система управления судном на подводных крыльях патент № SU 888079 А1 бюллетень № 45 от 07.12.1981.
5. Леонтьевский Е.С. Справочник механика и моториста теплохода. [Текст]/ Е.С. Леонтьевский – М.: Транспорт, 1971. – 310с.

OPTIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF STEERING MACHINE CONTROL SYSTEMS UNDER CONDITIONS OF IMPORT SUBSTITUTION

Yuriy. S. Malyshev, Oleg.A. Burmakin, Sergey.V. Popov

Annotation. The existing steering electrohydraulic drive control systems of domestic and foreign production for vessels with a total displacement of up to 100 tons are considered. A comparative analysis of the operation of the considered systems is carried out. Structural schemes for the implementation of simple and tracking control systems are proposed in order to eliminate the shortcomings identified during the analysis.

Key words: electrical system, dual current type, ship power plant, integrated DC network, reversible shaft generator.

