

УДК 62-83:629.58

Возможности усовершенствования электрических движительно-рулевых установок подводных аппаратов (с коллекторным электроприводом)

Автори: В.С. Блинцов, д.т.н., проф.; Ставинский А.А., д.т.н., проф.; Чекунов В.К.; Шевченко В.В., к.т.н., проф., Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина

В последние десятилетия в промышленном регулируемом приводе электрические коллекторные двигатели (КД) постоянного тока практически вытеснены частотно-регулируемыми асинхронными, а также вентильными двигателями. Однако существуют сферы деятельности, в которых коллекторный электропривод постоянного тока является востребованным, в частности в объектах подводной и бронетанковой техники, а также электромобилях [1-5].

Несмотря на худшие массогабаритные показатели и необходимость периодического регламентного обслуживания, применение КД для электродвижения самоходных подводных аппаратов (СПА) обеспечивает линейность механических характеристик при якорном и полюсном управлении, исключает из комплекса электрооборудования систему инвертирования постоянного тока аккумуляторного источника в трехфазный переменный ток и устраняет проблему полной потери хода при отказе инвертора. Другим преимуществом использования КД является меньшая сложность и лучшие, в связи с этим, массогабаритные показатели элементов систем управления (СУ) и устройств регулирования коллекторного электропривода постоянного тока. Согласно [5] самым востребованными в современных автомобилях являются КД и улучшение показателей их компактности, массы и энергетики, достигается использованием в системе возбуждения новых материалов (неодимовый ферробор). Однако в связи с требованиями пожаробезопасности и исключения щеточно-коллекторных и изоляционных газовых выделений активной части под давлением, а также сложностями полной герметизации выхода вала, использование КД в обитаемом глубоководном оборудовании исключается [6].

Целью настоящей второй части работы является анализ возможности усовершенствования электрических установок движения и маневрирования СПА с использованием КД.

Повышающиеся требования к качеству управления заставляют искать новые пути совершенствования СУ, в частности подвижных объектов. Современные способы

регулювання потоків інформації і енергії забезпечують слідящие, програмные, робастые и адаптивные СУ. Для подвижных систем функционирующих в условиях неопределенности весьма эффективным является способ адаптивного управления [7]. Хотя проблема синтеза адаптивных СУ электромеханических систем нелинейных, изменяющихся во времени и функционирующих в условиях неопределенности объектов, согласно [4], еще окончательно не решена как с теоретической так и практической точек зрения, задача создания эффективных адаптивных регуляторов упрощается в системах постоянного тока с КД.

Функционирование СУ движительно-рулевых электроприводов СПА осуществляется при воздействии внутренних и внешних возмущений, которые сложно или невозможно измерить. В последнее время перспективной альтернативой «традиционным» методом построения адаптивных СУ нелинейными объектами функционирующими в условиях неопределенности, являются искусственные нейронные сети (ИНС) [2,4,8].

В движительно-рулевом электроприводе постоянного тока управляемым объектом является электрическая и электромеханическая системы содержащие полупроводниковый регулятор ПР, коллекторный двигатель КД, редуктор Р и гребной винт ГВ. Задающее устройство ЗУ, регулятор ПР и информационная СУ получают энергию от источника постоянного напряжения (рис.1). Использование ИНС в СУ ПР и КД обеспечивает построение процесса управления с предсказанием на основе нейроконтроллера состоящего из блока нейросетевой модели управляемого объекта БНМ и блока оптимизации БО. Блок БО опреде-

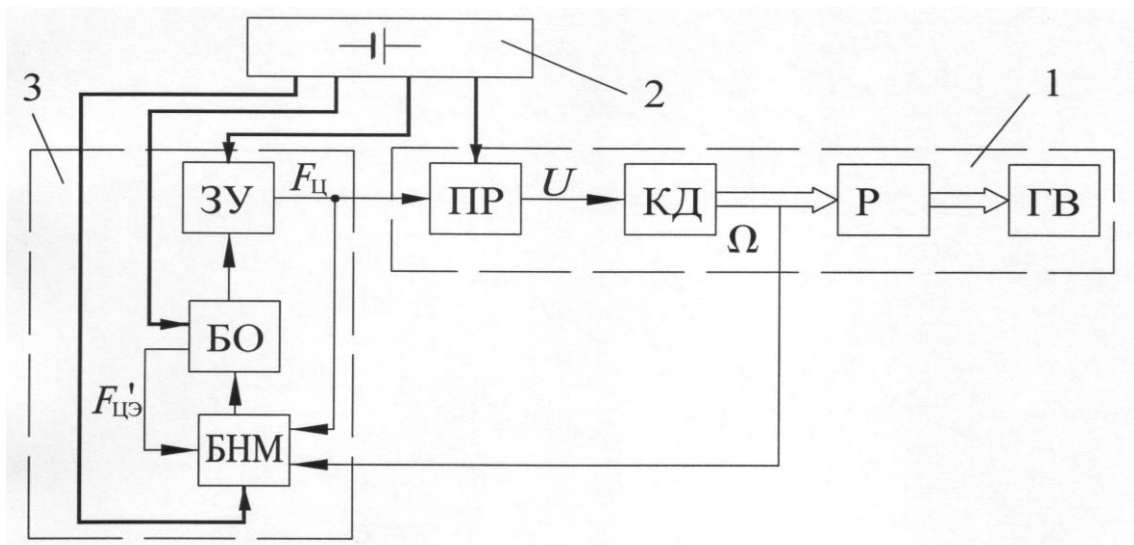


Рис.1. Функциональная блок-схема движительно-рулевого электропривода с адаптивным нейрорегулятором: 1 – регулируемая электромеханическая система; 2 – источник энергии; 3 – система управления.

ляет значение сигнала $F_{цз}'$ который минимизирует критерий качества управления управляющей целевой функцией $F_{ц}$.

Дополнительно к использованию адаптивных СУ с ИНС, на основе достижений в развитии силовых полупроводниковых элементов [9], возможно также упрощение силовых регуляторов коллекторных электроприводов.

Одним из современных способов является импульсное регулирование напряжения постоянного тока с использованием силовых *MOSFET*- транзисторов [5] или *CoolMOS*TM-транзисторов расположенных со всеми комплектующими регулятора в одном компактном корпусе [9]. В нереверсивном электроприводе КД с независимым или магнито-электрическим возбуждением может регулироваться посредством коммутации одного *MOSFET*- транзистора с последовательной подачей напряжения. Для защиты указанного транзистора после отключения КД с быстрой остановкой, якорь шунтируется «антилавинным» диодом (рис.2,а). В электроприводе с реверсивным изменением полярности напряжения и вращения якоря, используется мостовая схема включения транзисторов (рис.2,б). Вращение КД в заданном направлении и антилавинная защита регулятора в такой схеме обеспечивается последовательным включением двух транзисторов с встроенными встречными диодами.

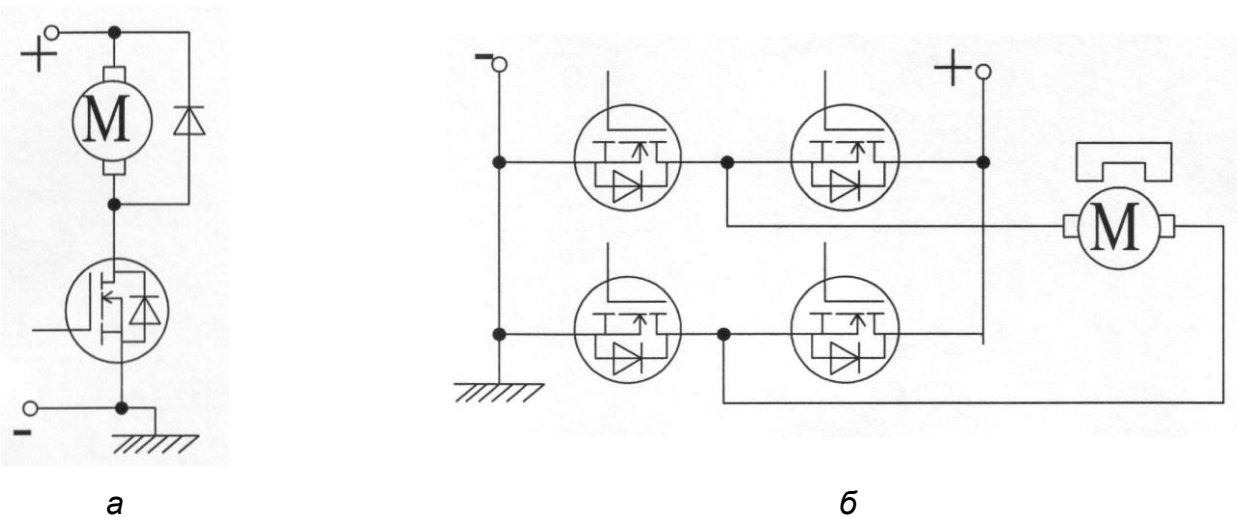


Рис.2. Варианты принципиальной схемы силовой части импульсного транзисторного регулятора частоты вращения нереверсивного (а) и реверсивного (б) коллекторного электропривода постоянного тока

Разработка КД движительно-рулевого привода, как и двигателя переменного тока, должна выполняться с учетом требований морского подводного назначения [1]. Дополнительными особенностями усложняющими эксплуатацию погружных и жидкостнозаполненных КД являются

возрастание потерь на трение и некоторое снижение диэлектрической прочности изоляции обмоток и внутренней жидкости в процессе работы. Указанные особенности и недостатки обусловлены загрязнением диэлектрика, в связи с неидеальностью сальниковых уплотнений, морской водой и проникновением продуктов износа щеточно-коллекторного узла в изоляцию. Практически полностью исключить отмеченные недостатки возможно на основе конструкции КД с торцевым коллектором, а также установленным на оси якоря и единым для всех щеток щеткодержателем с одной общей пружиной осевого поджатия [10]. Подобная конструкция повышает стабильность щеточно-коллекторных контактов и обеспечивает равномерность износа щеток. Ее применение в жидкостнозаполненном КД (рис.3) позволяет отделить зону выделения продуктов износа электрических контактов трения отдельными манжетными уплотнениями наружной цилиндрической поверхности коллектора и заднего подшипника, что дополнительно препятствует проникновению морской воды в контактную зону. При этом в торце корпуса специального КД (рис.3) должна быть установлена дополнительная мембрана (сильфон) гидростатической разгрузки щеточно-коллекторного узла через осевые и радиальные отверстия вала. Также должны быть предусмотрены дополнительные отверстия прохождения диэлектрика в полости якоря и заднего подшипника и отверстия с пробками замены диэлектрика в зоне щеточного контакта.

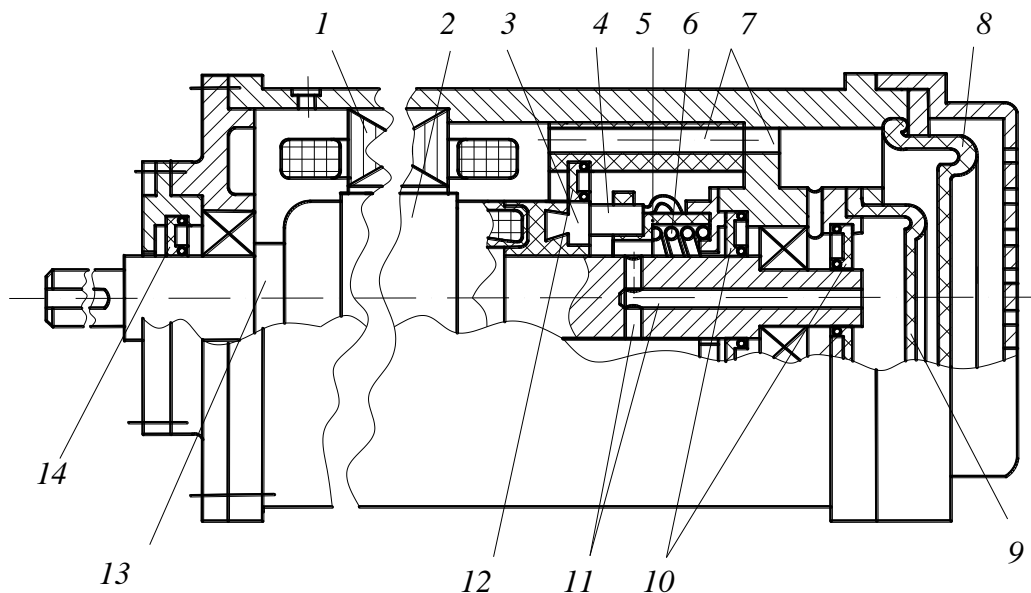


Рис. 3. Конструктивная схема погружного коллекторного двигателя постоянного тока:

- 1 – индуктор; 2 – якорь; 3 – коллектор; 4 – щетка; 5 – щеткодержатель; 6 – пружина;
 7 – отверстия разгрузки; 8 – мембрана разгрузки полости якоря; 9 – мембрана разгрузки
 полости контакта; 10 – уплотнения подшипника; 11 – отверстия разгрузки; 12 – уплотнение
 коллектора; 13 – вал; 14 – уплотнение вала.

В целом соответствие высоким показателям и достижение компромисса между противоречивыми требованиями по возможностям и качеству функционирования СУ, а также массе, габаритам, энергетике и надежности оборудования СПА, возможно на основе новейших достижений в автоматике, информатике и электромеханике при использовании нетрадиционных подходов и конструктивных исполнений в разработке автоматизированных электромеханических систем и их комплектующих.

Список литературы:

1. Блинцов В.С. Проблемы и пути развития электрооборудования и автоматики подводных аппаратов/ В.С. Блинцов // Матеріали Всеукраїнської наук.-техн. конф. з міжнародною участю “Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів. – Миколаїв: НУК, 2007. – с.255-259.
2. Блінцов С.В. Автоматичне керування автономними підводними апаратами в умовах невизначеності / С.В. Блінцов.- Миколаїв: ТОВ «фірма Іліон». – 204с.
3. Электрические машины постоянного тока для электроприводов специального назначения / Г.В. Лазарев, В.Г. Лановой, Я.В. Рыбка [и др.] // Електротехніка і електромеханіка. – 2002. – № 1. – с.40-42.
4. Кузнецов Б.И. Разработка нейросетевой системы наведения и стабилизации вооружения легкобронированных машин / Б.И. Кузнецов, Т.Е. Василец, А.А. Варфоломеев // Електротехніка і електромеханіка. – 2008. – № 2. – с.31-34.
5. Управление автомобильным электромотором с помощью MOSFET NXP. (www.gaw.ru/html/cgi/txt/publ/transistor/app.mosfet.nxp.htm)
6. Ставинский А.А. Усовершенствование оборудования водолазных комплексов на основе специальных исполнений электромеханических устройств / А.А. Ставинский, И.Г. Забора // Матеріали Всеукраїнської наук.-техн. конф. з міжнародною участю “Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів. – Миколаїв: НУК, 2006. – с.194-202.
7. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления: Учебник / под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Из-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 344с.
8. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюхин . – М.: ИПРЖР, 2002. – 480с.
9. Лоренц Л. Состояние и направления дальнейшего развития в сфере разработки, производства и применения силовых полупроводниковых приборов / Л. Лоренц // Електротехніка. – 2002. – № 3. – с.2-16.
10. А.с. 641561 СССР, МКИ2Н01R39/04, Н02K23/00. Торцевой электродвигатель постоянного тока / А.А. Ставинский, Г.Г. Григоренко, В.А. Шитко (СССР). – № 2522969/24-07; Заявл. 07.09.77; Оpubл. 02.01.79, Бюл. № 1.