

УДК 681.52: 629.5.051.5.

И. И. Туркин, Мин Хейн

АДАПТИВНЫЕ МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

Объектом исследования являются судовые технические средства. Цель исследования – разработка адаптивных систем управления с расширенным кругом решаемых этими средствами задач (многоцелевых систем управления). Предложенные алгоритмы для микропроцессорных систем управления обеспечивают одновременно решение традиционных задач управления (снабжения этих систем адаптивными свойствами) и задач повышения их работоспособности и живучести (предотвращения аварийных режимов). Решение задачи адаптивного управления основано на концепции самоорганизующегося оптимального регулятора с экстраполяцией академика РАН А. А. Красовского, решение задач повышения работоспособности и живучести этих систем – на концепции многоцелевого управления. Показано, что одновременное решение указанных задач возможно только при использовании адаптивных алгоритмов управления, реализующих не только параметрическую, но и структурно-параметрическую адаптацию системы. Приведен пример синтеза адаптивной многоцелевой системы управления движением судна по курсу. Результаты исследования позволяют сделать вывод об эффективности и перспективности предложенного подхода.

Ключевые слова: адаптивная система управления, работоспособность, живучесть, самоорганизующийся регулятор, судовые технические средства.

Состояние проблемы

Современный этап развития систем автоматизации судовых технических средств (СТС) характеризуется бурной интеграцией различных подходов, концепций и направлений. К числу одной из перспективных относится концепция разработки на основе систем многоцелевого управления [1]. В последние годы перспективы значительного улучшения характеристик объектов автоматизации стали связывать с более рациональным распределением различных функций между звеньями цепочки «конструкция – компоновка – возможности материалов – управление». При этом подходе все звенья цепочки взаимосвязаны, равнозначны и определяются одновременно или в процессе последовательной оптимизации. В этом случае характеристики и облик объекта удается существенно изменить за счет расширения функций и задач систем управления. Соответствующие эффективные методы проектирования, интенсивное формирование которых только начинается, известны в литературе как методы активного управления техническими средствами, в отличие от традиционных методов пассивного управления. Дальнейший прогресс в судостроении настоятельно требует разработки новых методов и способов снижения уязвимости СТС в широком диапазоне изменения специфических условий их эксплуатации. Указанные обстоятельства обуславливают очевидную злободневность создания нетрадиционных структур автоматизированных СТС, позволяющих эффективно противостоять возникновению внешних или внутренних поражающих факторов, их одновременному проявлению в различных точках пространства, а также возможному воздействию на все или большую часть элементов системы [2, 3]. Таким образом, реализация альтернативных научных исследований, направленных на создание адаптивных многоцелевых систем управления с повышенной живучестью, является важной научной и народнохозяйственной задачей.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является разработка адаптивных многоцелевых систем СТС как для решения традиционных задач адаптивного управления, так и задач повышения их работоспособности и живучести.

Для достижения поставленной цели были сформулированы задачи:

1. Выявить особенности одновременного обеспечения системой как традиционных задач адаптивного управления, так и дополнительных – повышения работоспособности и живучести автоматизированных СТС.

2. Определить задачи алгоритмического обеспечения автоматизированных СТС не только для снабжения системы управления адаптивными свойствами, но и для повышения работоспособности и живучести автоматизированного комплекса.

3. Разработать подход к построению адаптивных многоцелевых систем указанного типа.
4. Разработать алгоритмическое обеспечение адаптивной многоцелевой системы управления движением судна по курсу.
5. Выполнить сравнительный анализ функционирования традиционной и адаптивной многоцелевой системы управления движением судна по курсу при параметрических и структурных возмущениях.

Предложен новый подход, основанный на разработке адаптивных многоцелевых систем управления для обеспечения их одновременно адаптивными свойствами и повышенной работоспособностью и живучестью автоматизированных СТС.

Разработано алгоритмическое обеспечение адаптивной многоцелевой системы управления СТС.

Выполнен синтез адаптивной многоцелевой системы управления конкретным объектом – системы управления движением судна по курсу.

Методы и материалы исследования

При изучении проблемы использовались методы исследования, основанные на результатах классической и современной теории управления, методах и алгоритмах оптимального и адаптивного управления, обеспечения работоспособности и живучести технических средств имитационного моделирования. Проверка эффективности полученных в ходе работы теоретических результатов осуществлялась средствами компьютерного моделирования в среде MATLAB.

Автоматизированные СТС представляют собой комплексы, включающие непосредственно технические средства и систему управления ими. В связи с этим облик таких комплексов в значительной мере определяется не только самим техническим средством, но и особенностями его системы управления. Важнейшими характеристиками систем автоматического управления процессами различных объектов являются количество и качество решаемых задач. Учитывая содержание проблем адаптации, повышения работоспособности и живучести технических средств, целью многоцелевой системы управления в рассматриваемом случае должно являться одновременное решение как традиционных задач – адаптивного управления, – так и дополнительных задач – обеспечения повышенной работоспособности и живучести. Решение этих задач достигается различными методами, но, исходя из цели исследования, необходимо рассмотреть создание адаптивных (приспосабливающихся) нетрадиционных структур систем управления СТС, позволяющих эффективно противостоять возникновению внешних или внутренних поражающих факторов при значительной априорной неопределенности в условиях функционирования. Обратимся к особенностям таких систем.

Работоспособность – это состояние технического средства, при котором оно способно выполнять заданную функцию с параметрами, установленными требованиями технической документации. В соответствии с общетехническим определением, под живучестью понимается способность технических средств (систем) к сохранению своих основных функций, значений параметров, структуры при воздействии факторов внешней среды и неблагоприятных условий эксплуатации [2, 3].

Адаптация как процесс приспособления системы управления к специфическим свойствам объекта и окружающей среды имеет ряд особенностей. Различают *параметрическую* и *структурную* адаптацию. Параметрическая адаптация связана с коррекцией, подстройкой параметров модели. Необходимость в такого рода адаптации возникает ввиду дрейфа характеристик управляемого объекта. Параметрическая адаптация позволяет подстраивать модель на каждом шаге управления, причем исходной информацией для нее является рассогласование откликов объекта и модели, устранение которого и реализует процесс адаптации. Далекое не всегда адаптация модели путем коррекции ее параметров позволяет получить адекватную модель объекта. Неадекватность возникает при несовпадении структур модели и объекта. Если в процессе эволюции объекта его структура изменяется, то такая ситуация складывается постоянно. Указанное обстоятельство заставляет обращаться к адаптации структуры модели, что реализуется методами структурной адаптации.

В зависимости от используемых алгоритмов оценивания, идентификации и управления возможны самые различные реализации адаптивных систем управления. В зависимости от результатов воздействия факторов внешней среды или неблагоприятных условий эксплуатации

возможны изменения параметров модели или структуры модели (или одновременно параметров и структуры модели). Для эффективного противостояния или нейтрализации последствий этих воздействий системы управления должны обеспечивать или параметрическую, или структурную, или одновременно параметрическую и структурную адаптацию. Однако целесообразно формирование адаптивных систем управления согласовывать как с общими требованиями к системам управления, так и с современными, к основным из которых относятся следующие:

- минимум необходимой априорной информации не только о параметрах, но и о структуре модели управляемого объекта и внешних воздействий;
- минимальное вмешательство в естественное течение процесса;
- наличие прогнозирования управляемого процесса;
- оптимальное управление в соответствии с изменяемым комплексным критерием на всех этапах и режимах работы объекта управления;
- возможность реализации алгоритмов с помощью микропроцессорной техники.

Этим требованиям, как показал опыт последних лет, большинство известных адаптивных систем принципиально не удовлетворяют. Например, для системы адаптивного управления в реальном времени с моделью, идентифицируемой также в реальном времени, необходимы математическая модель, хотя бы упрощенная; координатные «пробные» возмущения, т. к. естественные возмущения и движение в режиме стабилизации часто малоинформативны; достаточно длительное время идентификации, которое явно отсутствует при внезапном возникновении многих нештатных ситуаций; вычислительные ресурсы, исключая для сложных моделей микропроцессорную встроенную реализацию. Все это противоречит указанным выше современным требованиям. Этим требованиям могут удовлетворять только адаптивные оптимальные системы управления с высоким уровнем искусственного интеллекта – самоорганизующиеся системы управления, к которым, прежде всего, относятся системы с самоорганизующимися оптимальными регуляторами с экстраполяцией (СОЭ-регуляторами), предложенные академиком А. А. Красовским [4, 5]. Подтверждением этого вывода являются результаты исследований, представленные в работах [6, 7], где приведены особенности адаптивной системы управления с СОЭ, ее структурные схемы, алгоритмическое обеспечение и результаты синтеза системы самоорганизующегося управления конкретного судового электропривода. Установлено, что самоорганизующаяся оптимальная система удовлетворяет требованию минимальной необходимой априорной информации о структуре, параметрах регулируемого объекта, возмущениях и окружающей среде, т. к. не требуется их математического описания. Сам принцип действия системы способствует быстрой адаптации к изменению режима и структуры регулируемого объекта. Другое из основных современных требований, предъявляемых к большинству систем автоматического и автоматизированного управления технологическими процессами и подвижными объектами, заключается в минимальном вмешательстве в естественное протекание процессов в объекте, по крайней мере, в штатных режимах последнего. Используемые алгоритмы способствуют относительной простоте программного обеспечения системы и возможности его микропроцессорной реализации на промышленных контроллерах. Важной особенностью системы является возможность быстрой самоорганизации контуров управления в условиях аварийных и нештатных ситуаций. Эта возможность и поддержка операторов при принятии решения и их временная замена контуром автоматического управления системы может играть очень важную роль в предотвращении аварий и катастроф. Отметим, что в этих работах не акцентировалось внимание на связи возмущающих воздействий и видов адаптации, которые должны быть обеспечены в системе. В частности, при возмущающих воздействиях, приводящих к изменению структуры объекта управления, система с параметрической адаптацией не обеспечит работоспособность и живучесть автоматизированного комплекса. Однако системы со структурной адаптацией обеспечивают работоспособность и живучесть комплекса при воздействиях, приводящих к изменению параметров и структуры объекта управления. Таким образом, появляется возможность повышения работоспособности, живучести и безопасности автоматизированных СТС за счет использования специального алгоритмического обеспечения систем управления, основанного на принципах самоорганизации. Подход синтеза адаптивных многоцелевых систем управления, приведенный в настоящей работе, может быть распространен как на судовые электроприводы, так и на другие СТС. Таким образом, рассмотренные алгоритмы способствуют наде-

лению систем управления адаптивными свойствами, высокому качеству управления, повышению работоспособности и живучести автоматизированного объекта, относительной простоте программного обеспечения системы, возможности его микропроцессорной реализации на промышленных контроллерах.

Результаты исследования

В качестве примера рассмотрим применение разработанного подхода для построения адаптивной многоцелевой системы управления судном как объектом его движения по курсу (авторулевого) и выясним ее отличие от адаптивной системы управления, приведенной в работе [11], где разработано алгоритмическое обеспечение на основе СОРЭ систем управления сложными объектами морской инфраструктуры, реализующих только их адаптацию при параметрических и структурных возмущениях. Рассматривались 2 варианта систем – с традиционным ПИ-регулятором и СОРЭ-регулятором электропривода при учете различных параметрических и структурных возмущений. В качестве параметрических возмущений были приняты изменения постоянной времени судна при 3-х режимах движения, а в качестве структурных возмущений – отсутствие обратной связи рулевого привода. Графики переходных процессов реакции систем с ПИ-регулятором и СОРЭ-регулятором на эти возмущения приведены рис. 1, 2.

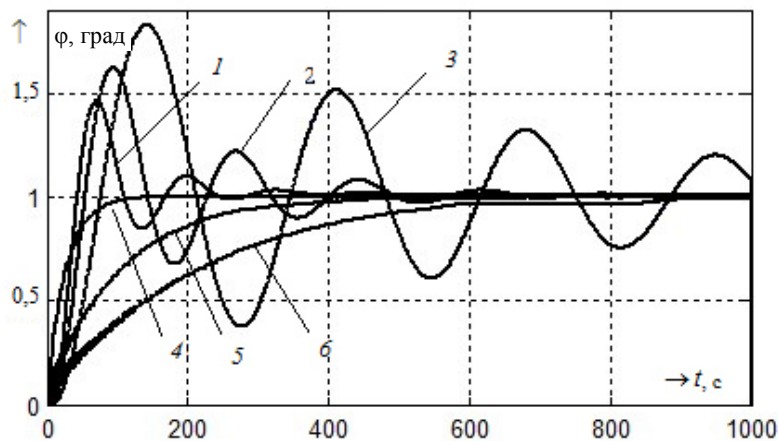


Рис. 1. Графики переходных процессов в системах управления с ПИ-регулятором и СОРЭ-регулятором при изменении постоянной времени судна: 1–3 – кривые переходного процесса в системе с ПИ-регулятором при постоянной времени судна 12 с, 22 с, 57 с соответственно; 4–6 – кривые переходного процесса в системе с СОРЭ-регулятором при указанных постоянных времени (параметрическая адаптация) соответственно

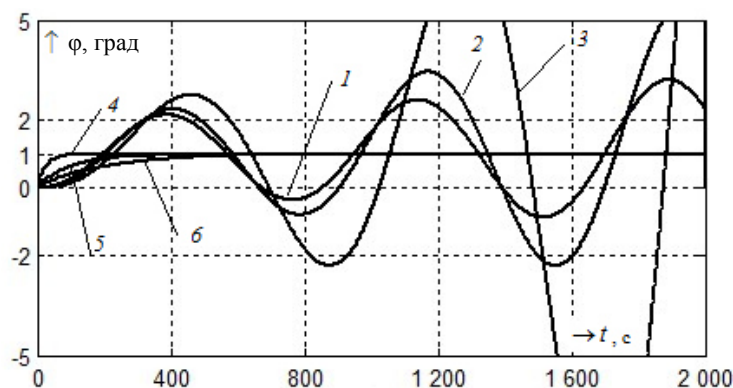


Рис. 2. Графики переходных процессов в системах управления с ПИ-регулятором и СОРЭ-регулятором при отсутствии обратной связи и изменении постоянной времени: 1–3 – кривые переходного процесса в системе с ПИ-регулятором при постоянной времени судна 12 с, 22 с, 57 с соответственно; 4–6 – кривые переходного процесса в системе с СОРЭ-регулятором при указанных постоянных времени (структурно-параметрическая адаптация) соответственно

Из видов графиков было сделано заключение, что при наличии параметрических и структурных возмущений система с ПИ-регулятором становится неработоспособной, а система с СОРЭ обеспечивает требуемые показатели качества регулирования. Этот вывод был достаточно общим и касался только адаптивных свойств системы управления. При этом не уточнялись более основные аспекты работоспособности автоматизированного электропривода (АЭП), такие как вид переходных процессов, требуемые показатели качества регулирования, влияние изменения вида переходных процессов при наличии возмущений на его работу и всю судовую электроэнергетическую систему с этим и другими электроприводами. В адаптивных многоцелевых системах с повышенной работоспособностью и живучестью эти аспекты приобретают первостепенное значение. Эксплуатационные режимы работы АЭП разделяют на нормальные и аварийные. Автоматизированные электроприводы в большинстве своем являются многорежимными и обеспечивают решение самых различных задач. Переходные процессы в АЭП имеют место при любых изменениях режима его работы: при пуске и торможении, возрастании или снижении нагрузки, реверсе электродвигателя и т. д. Эти нарушения равновесия вызывают перераспределение энергии в системе. Время, необходимое для перераспределения энергии или ее преобразования, и есть время переходного процесса. В некоторых АЭП переходные процессы возникают сравнительно редко, только при пуске. Другие системы работают лишь в переходных режимах, т. к. в них пуск и реверс, чередуясь, повторяются (в частности, в рулевых устройствах). В ряде АЭП переходные процессы возникают не только при пуске и реверсе, но и в процессе работы вследствие изменения нагрузки. Важной особенностью систем АЭП является то, что возникающие в отдельном электроприводе электроэнергетической системы переходные процессы не локализуются в нем, а влияют на другие АЭП, вызывая в последних также переходные процессы. В связи с этим возникает проблема обеспечения устойчивой работы всей системы в целом и учета взаимного влияния АЭП друг на друга. В системах с ограниченной мощностью генератора могут возникнуть колебания и длительные отклонения напряжения, которые отражаются на работе всей системы. Работающие АЭП сравнительно быстро реагируют на провалы напряжения путем резкого снижения частоты вращения. При этом, если напряжение понижается настолько, что вращающий момент асинхронного двигателя (АД) становится меньше момента сопротивления, двигатель вообще может остановиться. Для двигателя морской серии снижение напряжения на 30 % приводит к остановке АЭП, работающего при номинальном моменте сопротивления. Следует особо остановиться на явлениях, возникающих при восстановлении напряжения. В этом случае АД резко увеличивает потребление тока из сети. Так как суммарная мощность работающих АД может составлять 60–70 % мощности генератора, то даже кратковременное возрастание тока, вызванное восстановлением напряжения, может привести к вторичному провалу напряжения, дальнейшему снижению частоты вращения и, следовательно, к еще большему увеличению потребляемого тока при восстановлении напряжения. При неблагоприятном сочетании обстоятельств может возникнуть явление «лавинного» снижения напряжения, что вызовет полную остановку электроэнергетической системы. Таким образом, в АЭП возможны переходные процессы различного вида. Адаптивная система со структурно-параметрической адаптацией, как и любая другая система управления, должна обеспечивать соответствующие показатели качества переходных процессов для ее работоспособности, т. к. работоспособность, как указывалось, – это состояние технического средства, при котором оно способно выполнять заданную функцию с параметрами, установленными требованиями технической документации. Общие требования к электроприводам можно условно разделить:

– на технологические (обеспечение всех требуемых режимов работы, быстродействия, диапазона регулирования скорости, статической точности; функционирования в заданных условиях окружающей среды и т. д.);

– эксплуатационные (удобство автоматизации и включения в систему управления более высокого уровня; удобство монтажа, наладки, эксплуатации; высокие ремонтпригодность и надежность; минимальное число настраиваемых параметров);

– технико-экономические (экономическая эффективность; соотношение «цена – качество»; повышение производительности оборудования и качества изделий; энергосбережение) [12].

В зависимости от назначения электропривода выделяют 2 группы систем АЭП:

– высокодинамичные информационные, к числу которых относятся электроприводы рулевых механизмов самолетов и ракет; электроприводы робототехники, подач металлообрабатывающих станков с числовым программным управлением; мехатронные системы измерительных установок;

– силовые системы электроприводов, предназначенные для обеспечения длительного управляемого электромеханического преобразования энергии и работающие, в основном, в установившихся режимах, например, электроприводы конвейеров, насосов, компрессоров, вентиляционных установок.

Для информационных электроприводов, к которым относятся судовые рулевые электроприводы, первичными являются требования быстродействия и точности в динамических и статических режимах.

Эти требования к переходным процессам должны распространяться на все нормальные эксплуатационные режимы работы привода. Основными причинами нарушения качества переходных процессов при нормальных эксплуатационных режимах работы АЭП являются параметрические и внешние возмущения. В связи с этим для обеспечения требований быстродействия и точности работы конкретного АЭП необходимо:

– предварительно выполнить анализ надежности комплектующих элементов системы и ее программного обеспечения;

– сформировать соответствующую базу данных по отказам системы при конкретной элементной базе и возможных внешних воздействиях;

– определить степень формализации математического обеспечения объекта управления и, как следствие, вариант адаптивного управления – с конкретной математической моделью (нелинейной, линеаризованной, нестационарной) – или «безмодельного» управления;

– выполнить настройку алгоритмического обеспечения и синтез адаптивной системы при условии воздействия наиболее вероятных внешних воздействий и основных параметрических возмущений;

– провести имитационное моделирование системы с анализом качества переходных процессов и их соответствия конкретным техническим требованиям. При необходимости изменить настройку алгоритмического обеспечения [7].

Таким образом осуществляется обеспечение параметрической адаптации системы с СОРЭ.

Из вида графиков процессов в сравниваемых системах на рис. 1 следует, что переходные процессы в системе с ПИ-регулятором – колебательные, с перерегулированием, с большим временем переходных процессов; с СОРЭ-регулятором – аperiodические, монотонные, с меньшим временем переходных процессов. При наличии принятых параметрических возмущений качество переходных процессов в системе управления с ПИ-регулятором не соответствует эксплуатационным требованиям по быстродействию и точности. Качество переходных процессов в системе с СОРЭ-регулятором при этом остается высоким. Однако этого недостаточно для работоспособности системы, численные показатели качества переходных процессов для конкретных АЭП должны соответствовать ГОСТам.

Аналогичным образом осуществляется настройка системы на структурную адаптацию. Рассматриваются возможные изменения структуры АЭП при возникновении внешних или внутренних поражающих факторов, значительной априорной неопределенности условий функционирования и формируется также соответствующая база данных. Настройка алгоритмического обеспечения и синтез адаптивной системы осуществляются исходя из условий воздействия уже наиболее вероятных внешних или внутренних поражающих факторов. При структурном возмущении (рис. 2) – отсутствии отрицательной обратной связи рулевого привода – система управления с ПИ-регулятором теряет устойчивость при всех вариантах ее загрузки и скорости движения, что приводит к аварийному режиму ее работы и, следовательно, отсутствию живучести. Алгоритмы СОРЭ-регулятора даже при таких структурных возмущениях обеспечивают надежную работу системы управления и ее высокую живучесть. В ряде случаев перерыв питания (например, отключение АЭП рулевого устройства при прохождении узкостей) может привести к губительным последствиям для судна. Следовательно, с помощью таких систем осуществляется поддержка операторов при принятии решения и их временная замена контуром автоматического управления. Окончательная настройка алгоритмического обеспечения определяется путем согласования настроек на параметрическую и структурную адаптацию с учетом особенностей конкретного АЭП.

Таким образом, отличие адаптивной многоцелевой системы управления судном как объектом его движения по курсу (авторулевого) от адаптивной системы управления, приведенной в работе [11], заключается в обеспечении не только структурно-параметрической адаптации системы, но и ее работоспособности и живучести (предотвращение аварийных режимов) путем специальной настройки алгоритмического обеспечения СОРЭ.

Выводы

В ходе исследований разработан подход к синтезу адаптивных многоцелевых систем управления СТС. Такие системы управления обеспечивают одновременно решение как традиционных задач управления (снабжения этих систем адаптивными свойствами), так и задач повышения их работоспособности и живучести (предотвращение аварийных режимов). Решение задачи адаптивного управления основано на концепции самоорганизующегося оптимального регулятора с экстраполяцией (СОРЭ) академика РАН А. А. Красовского, решение задач повышения их работоспособности и живучести – на концепции многоцелевого управления. Установлено, что одновременное решение указанных задач возможно только при использовании адаптивных алгоритмов управления, реализующих не только параметрическую, но и структурно-параметрическую адаптацию системы. Внедрение адаптивных многоцелевых систем управления СТС позволяет значительно улучшить технико-экономические характеристики строящихся и модернизируемых судов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туркин И. И., Быков Э. Б. Многоцелевые оптимальные адаптивные системы управления техническими средствами – высококачественные системы управления с расширенным кругом решаемых задач // Индустрия. 2005. № 1. С. 3–5.
2. Волик Б. Г., Рябинин И. А. Эффективность, надежность и живучесть управляющих систем // Автоматика и телемеханика. 1984. № 12. С. 151–160.
3. Черкесов Г. Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем. М.: Знание, 1987. С. 1–9.
4. Справочник по теории автоматического управления / под ред. А. А. Красовского. М.: Наука, 1987. 712 с.
5. Красовский А. А. Избранные труды. М.: Мысль, 2001. 390 с.
6. Туркин И. И., Мин Хеин. Особенности применения самоорганизующегося регулятора при управлении сложными морскими объектами // Актуальные проблемы морской энергетики: материалы IV Всерос. межотрасл. науч.-техн. конф. (Санкт-Петербург, 12–13 февраля 2015 г.). СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2015. С. 184–186.
7. Туркин И. И., Кирюхин С. Н. Экспериментальная проверка работоспособности и эффективности адаптивной на принципах самоорганизации системы автоматического управления // 23-я Межвуз. науч.-техн. конф. ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия» на базе Военно-морского института радиоэлектроники им. А. С. Попова (филиал ВУНЦ ВМФ «ВМА», г. Петродворец). СПб., 2012. Ч. 3. С. 209–215.
8. Тетюев Б. А., Березин С. Я. Системы автоматического управления движением судна по курсу. Л.: Судостроение, 1990. 256 с.
9. Лукомский Ю. А., Корчанов В. М. Управление морскими подвижными объектами. СПб.: Элмор, 1996. 320 с.
10. Лукомский Ю. А., Пошихонов В. Г., Скороходов Д. А. Навигация и управление движением судов. СПб.: Элмор, 2002. 360 с.
11. Мин Хеин. Методы применения адаптивных систем автоматического управления с высоким уровнем искусственного интеллекта для совершенствования сложных объектов морской инфраструктуры // Морские интеллектуальные технологии. 2016. № 2 (32). Т. 1. С. 69–75.
12. Панкратов В. В. Автоматическое управление электроприводами. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. 200 с.

Статья поступила в редакцию 24.01.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Туркин Игорь Иванович – Россия, 190008, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский государственный морской технический университет; г-р техн. наук, профессор; профессор кафедры судовой автоматики и измерений; iiturkin@gmail.com.

Мин Хейн – Россия, 190008, Санкт-Петербург; Санкт-Петербургский государственный морской технический университет; аспирант кафедры судовой автоматики и измерений; hawgyi86@gmail.com.



I. I. Turkin, Min Hein

ADAPTIVE MULTI-PURPOSE CONTROL SYSTEMS FOR SHIP TECHNICAL FACILITIES

Abstract. The object of study is ship technical facilities. The aim of the research is the development of adaptive control systems with an extended range of tasks solved by these means (multi-purpose control systems). The proposed algorithms for microprocessor control systems provide both a solution of the traditional control tasks (supply these systems with adaptive properties) and tasks to enhance their working capacity and vitality (prevention of the emergency operation). The solution of the adaptive control tasks is based on self-organizing optimal control concept with extrapolation of Academician A. A. Krasovskii, solving the tasks to improve the working capacity and vitality of these systems – on multi-purpose control concept. It has been shown that the simultaneous solution of these tasks is possible only when using adaptive control algorithms, realizing not only parametric, and but also structural - parametric adaptation system. An example of the synthesis of the adaptive multi-purpose control system of moving the ship with the traffic was shown. The results of the research allow us to conclude about the effectiveness and the prospects of the proposed approach.

Key words: adaptive control system, working capacity, vitality, self-organizing regulator, ship technical facilities.

REFERENCES

1. Turkin I. I., Bykov E. B. *Mnogotsel'nyye optimal'nye adaptivnyye sistemy upravleniia tekhnicheskimi sredstvami – vysokokachestvennyye sistemy upravleniia s rasshirenym krugom reshaemykh zadach* [Multipurpose optimal adaptive control systems of technical facilities are high-quality control systems with an extended range of tasks]. *Industriia*, 2005, no. 1, pp. 3–5.
2. Volik B. G., Riabinin I. A. *Effektivnost', nadezhnost' i zhivuchest' upravliaiushchikh sistem* [Efficiency, reliability and vitality of control systems]. *Avtomatika i telemekhanika*, 1984, no. 12, pp. 151–160.
3. Cherkesov G. N. *Metody i modeli otsenki zhivuchesti slozhnykh sistem* [Methods and models of vitality assessment of complex systems]. Moscow, Znanie Publ., 1987. Pp. 1–9.
4. *Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravleniia* [Handbook of automatic control theory]. Pod redaktsiei A. A. Krasovskogo. Moscow, Nauka Publ., 1987. 712 p.
5. Krasovskii A. A. *Izbrannye trudy* [Selected works]. Moscow, Mysl' Publ., 2001. 390 p.
6. Turkin I. I., Min Khein. *Osobennosti primeneniia samoorganizuiushchegosia regulatora pri upravlenii slozhnymi morskimi ob"ektami* [Application Features of self-organizing regulator in the management of complex offshore facilities]. *Aktual'nye problemy morskoi energetiki. Materialy IV Vserossiiskoi mezhotraslevoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii (Sankt-Peterburg, 12–13 fevralia 2015 g.)*. Saint-Petersburg, Izd-vo SPbGMTU, 2015. Pp. 184–186.
7. Turkin I. I., Kiriukhin S. N. *Eksperimental'naiia proverka rabotosposobnosti i effektivnosti adaptivnoi na printsipakh samoorganizatsii sistemy avtomaticheskogo upravleniia* [Experimental verification of the working capacity and effectiveness of the adaptive automatic control system on the principles of self-organization]. *23-ia Mezhdvuzovskaia nauchno-tekhnicheskaiia konferentsiia VUNTs VMF «Voенно-morskaia akademiia» na baze Voенно-morskogo instituta radioelektroniki im. A. S. Popova (filial VUNTs VMF «VMA», g. Petrodvorets)*. Saint-Petersburg, 2012, part 3, pp. 209–215.
8. Tetiuev B. A., Berezin S. Ia. *Sistemy avtomaticheskogo upravleniia dvizheniem sudna po kursu* [Automatic control systems of moving the ship with the traffic]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1990. 256 p.
9. Lukomskii Iu. A., Korchanov V. M. *Upravlenie morskimi podvizhnymi ob"ektami* [Management of maritime mobile objects]. Saint-Petersburg, Elmor Publ., 1996. 320 p.
10. Lukomskii Iu. A., Poshekhonov V. G., Skorokhodov D. A. *Navigatsiia i upravlenie dvizheniem sudov* [Navigation and Vessel Traffic Management]. Saint-Petersburg, Elmor Publ., 2002. 360 p.

11. Min Khein. Metody primeneniia adaptivnykh sistem avtomaticheskogo upravleniia s vysokim urovnem iskusstvennogo intellekta dlia sovershenstvovaniia slozhnykh ob"ektov morskoi infrastruktury [Methods of application of adaptive automatic control systems with a high level of artificial intelligence to improve the complex objects of maritime infrastructure]. *Morskie intellektual'nye tekhnologii*, 2016, no. 2 (32), vol. 1, pp. 69–75.

12. Pankratov V. V. *Avtomaticheskoe upravlenie elektroprivodami* [Automatic control of electric drives]. Novosibirsk, Izd-vo NGTU, 2013. 200 p.

The article submitted to the editors 24.01.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Turkin Igor Ivanovich – Russia, 190008, Saint-Petersburg; State Marine Technical University of Saint-Petersburg; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Ship Automation and Measurement; iiturkin@gmail.com.

Min Hein – Russia, 190008, Saint-Petersburg; State Marine Technical University of Saint-Petersburg; Postgraduate Student of the Department of Ship Automation and Measurement; hawgyi86@gmail.com.

