

Российская академия наук
Академия навигации и управления движением
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Межведомственный совет по управлению движением
судов и специальных аппаратов

**«Управление движением корабля
и специальных подводных аппаратов»**

Труды XXXVIII Всероссийской конференции

24-30 июня 2012 г.

Пос. Новомихайловский, Краснодарский край



Москва
ИПУ РАН
2012

О МЕТОДАХ ВЫСОКОНАДЕЖНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БЫСТРОХОДНЫХ СУДОВ В АВТОРУЛЕВЫХ РЯДА «АГАТ-М»

О.И. Сидоренко, В.А. Подлипалин, К.С. Дистранов,
ООО НПП «Анфас», г. Саратов
npp.anfas@mail.ru

Рассмотрены: история создания авторулевых ряда «АГАТ-М», их отличительные особенности от других подобных систем, реализованные в них методы высоконадежного управления и перспективы их развития в части повышения безопасности судовождения, а также основные технические характеристики. Акцент сделан на запатентованных авторами технических решениях.

Введение

Фундаментальные и прикладные исследования Центрального конструкторского бюро по судам на подводных крыльях имени Р.Е. Алексеева привели к созданию новых классов высокоскоростных морских катеров с динамическими принципами поддержания водоизмещением от 100 до 300 т со скоростью движения до 50 узлов, получивших название катеров с воздушной каверной на днище, сокращенно КВК.

Разработкой авторулевых для КВК с 1994 года занималась группа специалистов из Конструкторского Бюро Промышленной Автоматики г. Саратов, которая к тому времени уже имела опыт создания систем управления движением САУД «Бриз» для пассажирского судна СПК «Олимпия». К середине 90-ых годов эта группа перешла во вновь созданное предприятие ООО НПП «Анфас» и совместно с заводом «СЭЗ им. С. Орджоникидзе» организовала выпуск авторулевых ряда «АГАТ-М» для оснащения ими вначале катеров таможенной службы типа «Меркурий» (пр. 14230), затем пограничных катеров типа «Сокжой» (пр. 14232), и наконец, малых десантных кораблей типа «Дюгонь» (пр. 21820) Министерства Обороны России.

Указанные катера строились на трех судостроительных заводах страны: на заводе «Волга» г. Н. Новгород, Ярославском судостроительном заводе и Хабаровском судостроительном заводе. География их эксплуатации также обширна: Черное, Каспийское, Балтийское, Азовское и Охотское моря. Учитывая это, а также довольно большой по сегодняшним меркам гарантийный срок эксплуатации – 2 года, стояла задача создания систем управления движением по курсу с повышенной надежностью выполнения ее основных функций. Авторулевые ряда «АГАТ-М» и являются такими системами.

1. Отличительные особенности авторулевых «АГАТ-М» по сравнению с существующими системами

В отличие от широко распространенных в мире судовых систем управления движением судов, построенных по принципу независимой поблочной реализации отдельных функций, авторулевые типа «АГАТ-М» являются принципиально другими системами, в которых нет автономных блоков ручного управления, автоматического управления и управления движением по маршруту, когда отказ одного из блоков приводит к невыполнению соответствующей блоку функции и требует определенного времени и быстрой реакции судоводителя для парирования отказа.

В авторулевых «АГАТ-М» все функции указанных блоков интегрированы в два одновременно работающих и дублирующих друг друга канала со встроенной развитой диагностикой и двухканальными приводами, когда отказ одного из каналов не приводит к прекращению выполнения какой-либо функции системы, а парирование отказа в одном канале происходит автоматически другим каналом системы.

2. Методы высоконадежного управления, реализованные в авторулевых ряда «АГАТ-М»

Базовая архитектура авторулевых «АГАТ-М» содержит два носовых и два кормовых вычислителя, связанных между собой прямыми и перекрестными связями на основе цифровых последовательных дифференциальных каналов связи типа RS-422, ARINC 429 или CAN. Канал управления каждой управляющей поверхностью судна (каждым рулем) образует любая пара из носового и кормового вычислителей. При этом перекрестные связи используются для обеспечения реконфигурации структуры авторулевого при отказах отдельных вычислителей, что повышает надежность выполнения управляющих функций, живучесть системы и необходимую скорость реакции при ее деградации. Наличие нескольких вычислителей позволяет организовать встроенную систему контроля и диагностирования с восстановлением вычислителей после сбоя. Открытая магистрально-модульная и аппаратно-программная реализация системы позволяет вносить изменения в выполняемые функции и алгоритмы системы, обеспечивая высокую способность к развитию.

Архитектура защищена патентом РФ на изобретение [1]. Ее отличает следующая совокупность элементов высоконадежного управления:

- 1) Дублированная электродистанционная система управления в автоматических режимах.
- 2) Двухканальные электрогидравлические приводы по каждому управляющему органу судна.
- 3) Рулевые агрегаты типа РА-3 с трижды резервированной гидросистемой Павловского машиностроительного завода, при создании которых был использован авиационный опыт.
- 4) Иерархия режимов управления по степени автоматизации управляющих функций с обеспечением безударного перехода с режима на режим:
 - режим автоматического управления по траектории по данным навигационной системы (ЭКНИС);
 - режим автоматического управления по курсу по данным от гирокомпаса;
 - ручной режим штурвального следящего управления;
 - ручной режим кнопочного следящего управления от кнопок на пульте управления и индикации;
 - ручной режим резервного (не следящего) дистанционного управления от кнопок на штурвале;
 - режим аварийного управления от ручного гидронасоса (дистанционный или с местного поста управления).
- 5) Развитая встроенная система функционального и тестового контроля и диагностирования до модуля, со встроеными моделями приводов и квитированием отказов. Наличие независимой подсистемы контроля бортовых вычислителей с выдачей сообщения об отказах на кнопки-табло пульта управления и индикации.
- 6) Дружественный человеко-машинный интерфейс с кнопками-табло прямого действия (без всяких меню). Идеология пассивного ПУИ как устройства поочередного поканального отображения и активных дублированных кнопок, связанных непосредственно с соответствующими канальными вычислителями блоков управления, защищенная патентом [2].
- 7) Возможность отключения питания отказавших бортовых вычислителей с ПУИ и позволяющая проверять реконфигурацию структуры при отказах.
- 8) Автоматическое ограничение переключков рулей в зависимости от скорости движения по лагу и тахометрам оборотов двигателей, предотвращающее недопустимый крен судна при разворотах, защищенное патентом [3].
- 9) Автоматическое масштабирование в штурвальном режиме углового положения штурвала в зависимости от скорости движения и дополнительная «растяжка» угла поворота штурвала в области малых отклонений от пулевого положения для облегчения ручного управления движением быстроходного судна, защищенные патентами [4, 5].
- 10) Дублированная индикация положения рулей, из которых одна независима от системы управления, в том числе по питанию, а другая зависимая.
- 11) Резервное кнопочное управление двумя рулями без механической связи с автоматическим устранением рассогласований между положениями рулей, защищенное патентом [6].
- 12) Подсказки судоводителю в виде наглядно представленных и подлежащих отработке отключений от заданной траектории при ручном управлении движением по маршруту по данным электронной картографической навигационной системы ЭКНИС.
- 13) Контроль информационных потоков от взаимодействующих систем поблочный, учет времени наработки и наличие телеметрических каналов связи на персональный компьютер, облегчающих проведение швартовых и ходовых испытаний на объекте.

Жизнеспособность и эффективность системы с рассмотренной организацией многократно подтверждена многолетней (с 1997 г.) эксплуатацией ряда авторулевых «АГАТ-М», «АГАТ-М1» и «АГАТ-М3» на катерах с воздушной каверной «Меркурий», «Сокжой» и «Дюгонь» соответственно.

3. Основные технические характеристики авторулевых «АГАТ-М»

Состав системы: панель управления и индикации ПУИ-М и резервный пульт управления РПУ-М для связи с судоводителем; блок управления БУ-М для связи с внешними системами и датчиками информации о параметрах движения судна; блок управления кормовой БУК-М для связи с рулевыми агрегатами; датчик положения штурвала ДПШ для связи с рулевой машиной в рубке судна; электрогидравлические рулевые агрегаты РА-3 для механической связи с управляющими органами судна.

Основные характеристики авторулевого «АГАТ-М»:

- масса 50 кг (без рулевых агрегатов);

- масса рулевого агрегата 105 кг;
- мощность управления 2,2 кВт;
- потребляемая мощность – 150 Вт от борт сети постоянного тока 27 В;
- время непрерывной работы 150 ч;
- точность стабилизации курса $\delta \leq 1^\circ$ при рыскании $\pm 3^\circ$ и высоте волн до 2 м (3% обеспеченности);
- число модулей 28;
- номенклатура модулей – 10 типов;
- число кабелей на судне, связанных с авторулевым – 25;
- число электрорадиоэлементов в системе около 4000, из них иностранного производства 10%.

Используемые бортовые вычислители: в первых образцах – отечественные ЦВМ-80 разработки НПО «Электроавтоматика» г. Санкт-Петербург, в дальнейшем заменена на модуль вычислительный специализированный МВС-2 собственной разработки на PIC-контроллерах dsPIC 30F6010A-30I/PT фирмы MICROCHIP США.

Реализация в авторулевых «АГАТ-М» новых технических решений, защищенных патентами РФ, позволяет обеспечить, помимо высокой надежности управления, следующие привлекательные для потребителей характеристики:

- высокую помехоустойчивость системы за счет применения аппаратно-программных средств выявления и парирования сбоев и помехоустойчивых дифференциальных каналов связи;
- высокую гибкость к решению задач и способность к развитию за счет изменений, как правило, только программного обеспечения системы;
- малый вес кабельной сети и невысокие затраты на монтаж системы, достигнутые за счет небольшого числа электрических связей между блоками системы, выполненных цифровыми двунаправленными каналами связи;
- быстрое обучение и простоту эксплуатации системы за счет малого количества органов управления и возможности наблюдения за параметрами движения, положением управляющих поверхностей судна и состоянием системы с помощью современных средств визуальной и звуковой сигнализации;
- малый вес и габариты системы за счет применения технологии поверхностного монтажа модулей и современных малогабаритных отечественных и импортных компонентов и интегральных схем большой степени интеграции;
- большой технический ресурс (40 тысяч часов) и срок службы (20 лет), подтверждаемые результатами эксплуатации авторулевых с 1997 год.

Авторулевые «АГАТ-М» соответствуют требованиям Российского Морского Регистра судоходства и требованиям резолюций ИМО по авторулевым.

Заключение

Сегодня, когда в нашей стране начали действовать технические регламенты по безопасности на морском и речном транспорте, принятых в авторулевых «АГАТ-М» мер по обеспечению высоконадежного управления движением судов как, впрочем, и в системах других производителей, явно не достаточно. Об этом свидетельствует тревожная статистика по аварийности на водном транспорте и значительное повышение значения пресловутого человеческого фактора. Для достижения безаварийности, особенно на пассажирских судах, необходимо принять дополнительные и довольно существенные меры, которые однако являются вполне реализуемыми благодаря наличию в современной научно-технологической базе спутниковых и инерциальных навигационных систем, новых исполнительных средств управления движением судна, разработанных методов теории управления (оценивания, идентификации и фильтрации) и цифровых методов обработки информации с использованием встраиваемых микроконтроллеров.

Так, в части безотказности необходимо от ручного перейти к автоматизированному проектированию подобных систем с выбором высокоточных и интеллектуальных законов управления по стабилизации курса, движению по маршруту, проходу узкостей, умерению качки, расхождению со встречными судами и швартовке, а также применению облегченных законов управления на волнении с помощью специализированных исследовательских моделирующих стендов. В части отказобезопасности для успешного решения парадокса автоматизации необходимо реализовать ручное, желательное автономное, управление с советчиком судоводителю, а также дополнительное управление по курсу с помощью гребных винтов. В части безотказности судовождения требуется ввести противоаварийные

законы управления с прогнозированием состояния судна. В части отказоустойчивости планируется перейти от цифро-аналоговой реализации двухканального привода к чисто цифровой схеме.

В настоящее время предприятие ООО НПП «Анфас» совместно со специалистами Института Проблем Управления им. В.А. Трапезникова приступили к разработке проекта системы автоматизированного высоконадежного управления движением речных и морских судов (САВУД), строительство которых предусмотрено Федеральной целевой программой «Развитие гражданской морской техники на 2009-2016 годы»[7]. В этом проекте будут учтены перечисленные выше предложения, которые являются, в основном, инновационными и защищены патентами ООО НПП «Анфас» и ИПУ РАН.

Список литературы

1. Баньковский С.П., Сидоренко О.И., Петров С.В. и др. Патент РФ на изобретение № 2085430. Система автоматического управления скоростным судном / Приоритет 08.08.1995. Оpubл. 27.07.1997.
2. Сидоренко О.И. Патент РФ на полезную модель № 106877. Распределенная вычислительная система управления движением для скоростных судов / Приоритет 14.09.2010. Оpubл. 27.07.2011.
3. Баньковский С.П., Сидоренко О.И., Волков Е.П. и др. Патент РФ на полезную модель № 55734. Система управления движением для скоростных судов / Приоритет 05.04.2006. Оpubл. 27.08.2006.
4. Сидоренко О.И., Баньковский С.П., Петров С.В. Патент РФ на полезную модель № 44186. Система штурвального управления для скоростных судов / Приоритет 29.11.2004. Оpubл. 27.05.2005.
5. Баньковский С.П., Сидоренко О.И. Патент РФ на полезную модель № 45841. Система штурвального управления для скоростных судов / Приоритет 29.11.2004. Оpubл. 27.05.2005.
6. Баньковский С.П., Сидоренко О.И., Петров С.В. и др. Патент РФ на изобретение № 2283260. Способ кнопочного резервного управления для судов с несколькими рулями / Приоритет 24.01.2005. Оpubл. 10.09.2006.
7. Сидоренко О.И., Острецов Г.Э., Дорри М.Х. и др. Система автоматизированного высоконадежного управления движением быстроходных судов (САВУД) / Седьмой Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2012.