

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України



Одеська національна морська академія

**Одеське відділення Інституту морської техніки, науки і технології Великобританії
(IMarEST)**

МАТЕРІАЛИ

науково-методичної конференції

"АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ І РАДІОТЕХНІКИ"

12.12. 2012 – 13.12. 2012



Одеса – 2013

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України



Одеська національна морська академія

**Одеське відділення Інституту морської техніки, науки і технології Великобританії
(IMarEST)**

МАТЕРІАЛИ

науково-методичної конференції

"АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ І РАДІОТЕХНІКИ"

12.12. 2012 – 13.12. 2012

Одеса – 2013

У матеріалах конференції розміщено тези доповідей, які заслуховувались на пленарних та секційних засіданнях науково-методичної конференції "Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки", що відбулась 12-13 грудня 2012 року в Одеській національній морській академії. Тематика конференції охоплювала наступні науково-методичні напрямки: електрозбереження в суднової енергетиці, практична та тренажерна підготовка курсантів у відповідності з новою Конвенцією ПДНВ, технічна експлуатація сучасного електрообладнання та систем управління суден, загальні підходи до оптимізації радіоелектронних пристроїв та систем.

Матеріали науково-методичної конференції "Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки", 12.12.2012 – 13.12.2012. – Одеса: ОНМА, 2013. – 114 с.

Матеріали публікуються згідно рішення Вченої Ради ОНМА від 28 грудня 2012 року, протокол № 5, та згідно з поданими авторами оригіналами, які є відповідальними за їх зміст.

Організатори:

Одеське відділення Інституту морської техніки, науки і технології
Великобританії (IMarEST)
Факультет електромеханіки та радіоелектроніки
Одеської національної морської академії

© Одеська національна морська академія, 2013

ЗМІСТ

	Стр.
ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ	7
<i>В.А. Голиков</i> Энергосбережение в судовой технике.....	7
<i>В.С. Луковцев</i> Место плавательной практики в учебном процессе.....	10
<i>V.M.Koshevoy</i> Optimization of the Radio Electronic devices.....	12
<i>Н.И. Муха</i> О технико-эксплуатационных требованиях к полномасштабному тренажеру судовой автоматизированной электроэнергетической системы.....	13
СУДНОВЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ	19
<i>В.С.Луковцев, Е.Е.Борисенков</i> Повышение надежности процесса пуска и разгона главного двигателя на судах.....	19
<i>А.Г.Гацуц</i> О настройке нечеткого контроллера для оптимального температурного состояния судового дизельного двигателя.....	20
<i>В.С.Луковцев, Р.А.Барабаиш</i> Разработка и исследование алгоритма управления безопасным пуском и разгоном судового дизель-генератора.....	22
<i>В.И.Живица, Д.В.Иванов</i> Исследование микропроцессорной системы для измерения энергетической эффективности судового рефрижераторного контейнера	24
<i>В.И.Живица, Д.Н.Игнатенко</i> Повышение эффективности работы холодильной установки судового рефрижераторного контейнера.....	25
<i>И.М.Гвоздева, Р.О.Емельянов</i> Исследование пусковых режимов компрессора пускового воздуха главного двигателя.....	28
<i>А.Ю.Карпилов, А.К.Сандлер</i> Волоконная оптика в системах управления ветровыми движителями.....	30
<i>В.Н.Захарченко, А.О. Дранкова, Д.А. Глазев</i> Обеспечение электромагнитной совместимости мощных подруливающих устройств с тиристорными преобразователями энергии.....	32

<i>В.И.Живица, М.В.Седак</i>	Исследование подсистемы технической диагностики судового рефрижераторного контейнера.....	35
<i>П.И.Полищук</i>	Анализ ШИМ выходного напряжения IGB - транзисторного инвертора.....	36
<i>С.Н.Сакалы</i>	Использование асинхронной машины в судовой пропульсивной установке с комбинированным двигателем.....	40
<i>А.К.Сандлер</i>	Повышение надежности чувствительных элементов волоконных акселерометров.....	42
<i>В.А.Дубовик, Е.Е.Борисенков</i>	Обеспечение надежности снабжения потребителей электроэнергией на судах.....	44
<i>В.В.Будашко, І.Н.Тарасов</i>	Дослідження процесів передачі потужності в судновому комбінованому пропульсивному комплексі під час утримання позиції.....	46
<i>В.Г.Донской, Є.І.Юрченко</i>	Дослідження методів компенсації реактивної потужності в судновій електроенергетичній системі.....	48
<i>В.Г. Донской, С.М.Бланковский</i>	Оптимизация типового корректора напряжения судового синхронного генератора.....	50
<i>В.Н. Васильев, А.С. Бурдужел</i>	Исследование энергетической эффективности гребной электрической установки с машиной двойного питания.....	51
<i>В.В.Будашко, С.О.Савін</i>	Модельовання режимів роботи судових дизель-електричних пропульсивних комплексів.....	53
<i>Л.В. Мельникова, С.Л. Петухов</i>	Исследование работы асинхронных двигателей при аварийном снижении частоты и напряжения судовой сети	55
<i>И.М. Гвоздева, А. А. Волошин</i>	Исследование процессов в судовой электроэнергетической системе с параллельно работающими генераторами методом математического моделирования	56
<i>А.О.Дранкова, Н. И. Муха, В. Н. Волошин</i>	Нейросетевое прогнозирование технического состояния компонентов судового главного двигателя.....	58
<i>Ю.М. Цюпко</i>	Волоконна оптика в задачах контролю процесів термоадаптації.....	62
<i>В.Н.Захарченко, С.С.Павленко, И.В.Гельман</i>	Технология измерения реактивной проводимости нагрузки в цепях трехфазного переменного тока.....	64

<i>В.С. Петрушин, Д.О. Васютін</i>	Дослідження частотно-регульованого електродвигуна комплексу вивантаження балкара.....	67
<i>В.С. Петрушин, Р.І. Куделькін</i>	Дослідження плавного пуску електродвигуна якірно-швартовного пристрою універсального суховантажного судна.....	70
<i>А.О. Дранкова А.О., Е.В.Ткаченко</i>	Исследование нейросетевых методов в задаче распознавания контейнерных маркировочных надписей.....	72
<i>В.С. Петрушин, С.В.Дариенко</i>	Исследование работы ГЭУ переменного тока с полупроводниковым преобразователем частоты.....	75
<i>В.А. Завадский, Р.Ю. Харченко</i>	Исследование гибридной сети при идентификации объекта управления в системах поддержки принятия решений.....	76
<i>О.В. Глазева, А.В. Очеретный</i>	Лабораторный стенд для измерения электродвижущей силы и КПД источника постоянного тока.....	79

РАДИОТЕХНІКА, РАДІОЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ ТА ЗВ'ЯЗОК.....81

<i>В. М.Кошевой, Ю. В. Андрющенко</i>	Синтез одноканальных сигналов.....	81
<i>В.М. Кошевой, И.Я. Горшняя</i>	Разработка цикла лабораторных работ по расчету функции неопределенности дискретных сигналов и фильтров.....	83
<i>В.М. Кошевой, И. А. Дзюбюк</i>	Разработка цикла лабораторных работ по расчету взаимной функции неопределенности дискретных сигналов и фильтров.....	87
<i>В.М. Кошевой, О.В. Куширенко</i>	Синтез частотно-манипулированных сигналов.....	91
<i>В.М.Кошевой, Е.А.Кравченко</i>	Синтез составных многофазных сигналов.....	92
<i>А. В.Шишкин, А.А.Ляшко</i>	Дополнительная передача цифровой информации в УКВ радиотелефонии.....	94
<i>В.М. Кошевой, О. В. Барицкая</i>	Анализ и синтез БИХ-цифровых фильтров.....	96
<i>В.М. Кошевой, О.А. Папкевич</i>	Синтез бифазных сигналов.....	100
<i>В.М.Кошевой, Е.Л.Пашенко</i>	Влияние доплеровской частоты на уровень боковых лепестков сечения функции неопределенности по времени.....	101

<i>V.M. Koshevoy, D.A. Stavertii</i>	
Simplification of VHF DSC radiocommunication and increasing DSC efficiency.....	104
<i>В.И. Купровский, А.А. Шеринёва</i>	
Формирование нулевых зон корреляционной функции составных много- фазных сигналов.....	106
<i>В.А.Завадский, Д.А.Захарченко, О.И. Дума</i>	
Средства анализа параметров радиоимпульсов.....	108
<i>В.М. Кошевий, Н.Є.Ортіна</i>	
Оптимізація фільтрів, що пригнічують бічні пелюстки для сингулярних випадків.....	110

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 629.5.064.5

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СУДОВОЙ ТЕХНИКЕ

В.А.Голиков, д.т.н., профессор
проректор ОНМА по научной работе

В настоящее время мировое судоходство вступило в затяжной кризис. Экономический застой и «экономика разума», географическое сближение добычи и производства, консервация энергии, диверсификация ее источников и технологические новшества изменили и облагородили промышленно-товарную структуру. Сокращаются морские грузоперевозки, падает спрос на транспортные услуги. Образовался избыток тоннажа, происходит списание судов. Снижается общий тоннаж мирового флота. Обостряется конкуренция. Начался поиск путей резкого сокращения издержек на топливо и содержание плавсостава. Появились проекты «судов будущего», суть которых едина – повысить рентабельность и конкурентную способность судов на мировом фрахтовом рынке, определиться со стратегией судоходства и судостроения. Сами по себе проекты дорогостоящие, крупномасштабные, причем их разработки ведутся (и это показательно) судостроителями и судовладельцами совместно.

Впервые создались предпосылки и возможности для построения оптимальных систем взаимодействия «человек – машина» и на этой основе превращение судов в целостные эргономно компактные автоматизированные комплексы, управляемые с единого поста одним оператором, с устойчивой внутренней и внешней связью, развитыми схемами контроля, диагностики, сигнализации, сбора, передачи, обработки, отображения и хранения информации. И это действительно то общее качественно и принципиально новое, что присуще судам будущего и что отличает их от сегодняшних судов.

Однако создание судов с минимальным штатом, управляемых с единого поста одним оператором, упирается не только в автоматизацию. В не меньшей мере оно упирается в комплекс сложных и трудных сопряженных проблем. На острие этих проблем, прежде всего, конструктивная надежность и безопасность. В полной мере это относится к транспортной технологичности, энергоэкономичности и экологичности судов. Без их повышения новые принципы управления вряд ли окажутся эффективными.

В ближайшей перспективе эксплуатационно-экономической основой рентабельности судоходства будет кластеризация транспортного процесса, оптимизация энерговооруженности и грузоподъемности судов, их специализация при работе на длинном плече и универсальность – на коротких маршрутах. Для Украины перспективными являются речные суда, суда река-море и суда прибрежного плавания с ледовым классом.

Краеугольная проблема судов будущего – надежность. Она охватывает безотказность, долговечность (ресурс и сроки службы) и трудоемкость технического обслуживания. Исходной является безотказность, ибо впервые в полное распоряжение отдается управление таким конструктивно-сложным и многофункциональным комплексом, каким является судно. Причем, этот комплекс должен в трудных эксплуатационных условиях и отрыве от береговых баз работать бесперебойно длительное время, по крайней мере, в течение всего кругового рейса. Долговечность (ресурс и сроки службы) основных судовых конструкций и технических средств должна быть по возможности доведена до нормативных сроков службы судов (за исключением, может быть, отдельных судовых систем и видов судового оборудования). Предстоит повысить конструктивную надежность судов и на этой основе снизить трудоемкость их технического обслуживания.

Все проекты судов будущего ориентированы на органическое (нефтяное) топливо. Мировые запасы нефти ограничены (извлекаемые и дополнительные – 438 млрд. т в пересчете на условное топливо). Этих запасов при быстро возрастающей добыче (в 2020 г. – 5 – 6 млрд. т) хватит на 70 – 80 лет. Перспектива за атомной энергетикой. Однако неудачный опыт эксплуатации первых зарубежных атомных судов («Саванна» в США, «Отто Ганн» в ФРГ и «Митсу» в Японии), возможные экологические последствия и сложившееся общественное мнение насторожили судовладельцев и судостроителей и заставили отодвинуть атомную энергетик в судоходстве на более отдаленную перспективу. Видимо, прозрение, как это бывает, придет к судовладельцам и судостроителям несколько позднее.

Энергосбережение было и остается важнейшей проблемой. Она предусматривает всемерное технически достижимое повышение энергоэкономности судов за счет комплексного конструктивно-технологического совершенствования судовых энергетических агрегатов и процессоров. Это повышение осуществляется по пяти основным направлениям:

- гидродинамическое совершенствование корпусов судов и движительных комплексов;
- повышение термодинамической эффективности судовых двигателей (главных и вспомогательных);
- применение многооборотных топливно-энергетических систем с последовательным использованием энергии более низкого потенциала, обработки и подготовки топлива;
- создание новых методов и средств, обеспечивающих поддержание в эксплуатации проектно-номинальных показателей энергетической эффективности судовых агрегатов и механизмов;
- использование новых видов топлива и нетрадиционных источников энергии.

Конструктивные пути гидродинамического совершенствования судовых корпусов многообразны. Основным и наиболее реализуемым является улучшение гидродинамики кормовых оконечностей и взаимодействия комплекса корпус-двигатель. Этот путь предусматривает применение ассиметричной, тонне-

леобразной, бульбообразной и сигарообразной форм кормы, направляющих крыльев и лопастных колес, преднасадок и спойдеров, винтов увеличенного диаметра и с саблевидными лопастями. Энергетически они неравнозначны, и каждое имеет свою область преимущественного применения. Ассиметричная корма наиболее эффективна на судах с коэффициентом общей полноты 0,60 – 0,65 и слабонагруженными винтами, направляющие крылья – на судах с легко- и средненагруженными винтами, а преднасадки различных конструкций и направляющие лопастные колеса – на судах с тяжелонагруженными винтами. Для всех судов требуются самополирующиеся покрытия с саморегулирующейся активацией. Эти проверенные решения с достаточно широкими областями применения и большим энергосберегающим потенциалом. Необходимо провести теоретические и экспериментальные проработки по покрытиям судовых корпусов, ламинаризирующим пограничный слой, биомеханическим принципам движения судов (типа «рыбий хвост»), волновым двигателям, использующим энергию морских волн, средствам уменьшения аэродинамического сопротивления.

Следует активизировать поисковые проработки по возможности создания судов с магнитно-гидродинамическими принципами движения (безвинтовые суда). Сама по себе идея создания безвинтовых судов заманчива, но ее осуществление сопряжено с большими трудностями.

На судах будущего основными останутся дизельные энергетические установки. Они имеют пока непревзойденный коэффициент полезного действия и большие потенциальные возможности его повышения. Ведутся работы по дальнейшему снижению удельных расходов топлива. Снижение достигается за счет увеличения максимального давления сгорания и отношения хода поршня к диаметру (длинноходовые двигатели). Снижаются требования к качеству топлива (по вязкости, плотности, содержания кокса, асфальтогенов, серы, воды и золы).

Развитие многооборотных топливно-энергетических систем с последовательным использованием энергии более низкого потенциала должно быть направлено на глубокую утилизацию тепла уходящих газов и охлаждающей воды. Оно должно предусматривать применение валогенераторов, пропульсивных утилизационных паровых и газовых турбин, работающих на гребной вал через редуктор, комбинированных котельных установок (утилизационных и вспомогательных котлов на жидком топливе), рациональных схем включения дизель-генераторов при параллельной работе с валогенератором на переменных нагрузках. Необходимо проработать возможности использования термальных жидкостей с большой теплоемкостью и рекуператоров для теплообмена и рекуперации энергии. Безотходные технологии обработки и подготовки топлива должны осуществляться совершенными методами сепарации, гомогенизации, в том числе основанной на гидродинамическом эффекте, и фильтрации, что особенно важно при утяжелении остаточных нефтяных топлив и ухудшения их качеств.

Большие возможности энергосбережения открывают адаптивные методы управления судовыми энергетическими комплексами с использованием микро-

процессорно-вычислительной техники. Они позволяют обеспечить энергоэкономную работу судов в широком диапазоне эксплуатационных нагрузок. Снижение энергетических затрат может быть также получено применением ингибиторов отложений на рабочих поверхностях энергетических движителей (включая гребные винты), технологий и средств их очистки без вывода из действия, способных обеспечить поддержание в эксплуатации проектно-номинальных показателей энергетической эффективности.

В то же время ускоряются разработки по использованию новых видов топлива (синтетических, сжиженного и сжатого газа), энергии ветра и созданию ветровых двигателей. Совершенствуется не только новая техника, но и новая эксплуатация. В своей принципиально-схемной основе она приближается к эксплуатации воздушно-транспортных средств. Мера приближения определяется особенностями судоходства. Произойдет изменение управления судами (на ходу и стоянке), содержания административно-хозяйственной и оперативно-диспетчерской деятельности, организации комплексного, прежде всего технического, обслуживания судов. По-новому будут распределяться функции между судовыми экипажами и службами судовладельцев и строится механизм их взаимодействия. Устойчивая космическая связь приведет к созданию системы постоянного отслеживания судовладельцами положения и состояния судов и оказания при необходимости экстренной помощи.

Неизбежно будет затронута и социальная сфера. Претерпят изменения состав и штаты судовых экипажей, режимы труда и отдыха плавсостава, квалификация и программы подготовки судовых специалистов. Потребуется изменить и трудовое законодательство.

УДК 656.61.071.13

МЕСТО ПЛАВАТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

**В.С.Луковцев, к.т.н., доцент, декан ФЭМиРЭ
Одесская национальная морская академия**

В подготовке специалистов электромеханической специальности в этом году произошли значительные перемены. После принятия в 2010 году Манильских поправок к Кодексу ПДНВ согласно которым судовой электромеханик признан конвенционным, подкомиссия «Морской и речной транспорт» приняла решение о переводе подготовки судовых электромехаников из направления «Электромеханика», где они обучались по специальности «Электрические системы и комплексы транспортных средств» со специализацией «Эксплуатация судовых автоматизированных систем» в направление «Морской и речной транспорт» и где будут получать уже новую специальность «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики».

Требования Манильских поправок полностью вступят в силу 1.01.2017 года, поэтому в сентябре уже этого года мы сделали первый набор на новую специальность, чтобы наши выпускники бакалавриата имели теоретическую и практическую подготовку, отвечающую требованиям этих поправок до вступления их в силу. Остальные же курсы будут выпущены по старому направлению и специальности, они еще успеют получить рабочие дипломы электромеханика по действующим ныне требованиям..

По новым требованиям практика занимает в подготовке судовых ЭМХ во всем периоде обучения 12 месяцев, в том числе технологическая, электромонтажная практика, и практика на УПС «Дружба» или в портофлоте. Все виды практик планируются на летний период после окончания теоретического курса. Практика — неотъемлемая часть учебного процесса, она завершает теоретическое обучение и проводится после того, как закончен теоретический курс обучения.

Сегодня на практику устроиться нелегко: у нас нет своего флота, ни учебного, ни транспортного, к тому же многие крьюинги свернули кадетские программы. Поэтому мы идем навстречу хорошо успевающим курсантам и отпускаем их на практику во время учебного года, переводя на индивидуальный график.

Практика, конечно, очень важна сама по себе, но неконтролируемое ее проведение отрицательно сказывается на качестве учебы: у опоздавших с практики начинается отставание в учебе. Опыт показывает, что даже у хорошо успевающих курсантов после шести месяцев появляются невосполнимые пробелы в знаниях. Поэтому деканат озабочен качеством успеваемости.

Почему мы отдаем приоритет теоретической подготовке? Потому что это фундамент, который позволяет стать хорошими специалистами. Теория в работе нужна всегда, потому что практика без теории слепа, в жизни могут потребоваться даже такие вроде бы отвлеченные дисциплины как физика и химия. Практика же дело наживное. Крутить ручку мегометра и измерять сопротивление изоляции можно научиться за одну минуту, а вот как оценивать не только сопротивление, но и влажность изоляции с помощью мегометра, тут уже нужны теоретические знания по электроматериаловедению.

Практика не может заменить теоретическую подготовку. В академии курсанты не просто получают диплом об образовании, но и учатся учиться, тренируют свою способность думать. Те, кто не учатся должным образом, навсегда останутся ремесленниками, и от этого будут страдать потом всю жизнь. Да и в крьюингах на собеседованиях спрашивают не о том, как мыть генератор, а оценивают у претендента теоретические знания, интеллектуальный уровень, способность решать неординарные задачи. Поэтому главная задача - получить хорошую теоретическую подготовку.

На практику деканат будет отпускать только в конце учебного года, и то при условии, что курсанты хорошо успевают по всем предметам, есть тема дипломной работы или проекта, назначен руководитель ДРМ, курсант участвует в научных конференциях, готовит работу на конкурс. Остальные пойдут на практику, согласно графика учебного процесса.

OPTIMIZATION OF THE RADIO ELECTRONIC DEVICES

V.M. Koshevoy, DoTSc, Professor
Odessa national maritime academy

IMO's objectives are generally summarized as safe, secure and efficient shipping on clean oceans. The maritime communications system is essential to achieving all of these objectives. Information passed between ships and between ships and shore facilities ensures safe passages on the waterways of the world. In order to achieve safe, secure and efficient shipping on clean oceans, modernization of the GMDSS system using modern digital technologies is essential.

As the world continues to move into the "information age" there is a need for an ever-increasing exchange of information, but there is a finite supply of radio spectrum for wireless communications. Consequently, new services seek to use spectrum allocated to others. Existing services must use the spectrum they have been allocated in the most efficient manner. The current GMDSS is not optimized for efficient spectrum use and there is the growing demand for maritime communications resources, such as those that will result from the e-navigation initiative by means modern digital signal processing technologies.

Consideration should be given to any compatibility that may be between the GMDSS, current technologies like AIS, ECDIS and new or emerging technologies that are over the horizon. The emerging e-navigation facets should also be considered, to ascertain what parts or may not, be beneficial to this mature distress alerting and communications system. It is also important that any review of the GMDSS takes into account the each of the system's elements. It is important to consider the information that is conveyed by each element of the overall system in terms of importance or criticality, which aspect of a ship's mission is it supporting, timeliness/latency, volume of data involved, and so on. The time has come for maritime communications to be redefined and thus add more value by delivering increases in safety, efficiency and quality of life for those serving at sea.

The GMDSS already provides for exchange the information vital for maritime safety and for certain general communications. E-navigation initiatives will create the need for additional communications capabilities. The program is intended to allow the evolution of maritime communications to meet these needs and improve service through the introduction of modern digital technologies. Elements to be considered include the following: VHF and HF equipment might employ more modern digital technology. New developments may be employed, for instance by non-GMDSS communication providers, as well as the use of mobile phones, satellite systems, including regional satellite systems, and the possible introduction of new technologies in future. Benefits of including additional satellite service providers to enter to GMDSS. Survival craft communications, homing and locating equipment modernization.

The e-navigation initiative will need to focus on the challenge of keeping ship-board systems up to date, error-free and securely implemented. Convergence of technologies may require a similar approach to some GMDSS elements. The existing system of standards setting may not be suitable in all cases to all elements of a modernized GMDSS, due to the rapid change and increasing use of software-based systems.

Evolving technologies and e-navigation applications will continue to drive change in the maritime communications system. Shore facilities and ship operators will have more economical and efficient choices for exchanging the information they need for the safe operation of ships. Unless the GMDSS can evolve to include these technologies, ship operators may find themselves carrying obsolete equipment for the sole purpose of meeting a SOLAS requirement.

It may be that the review will confirm that enhanced safety, response to alerts and follow-up communications, especially in the Polar Regions could be attained by the integration of newer technologies and existing systems.

The examination of the technology for the provision of maritime safety information may result in alternative proposals to allow for more rapid dissemination of maritime safety information.

The key benefits of the proposed actions would be to all seafarers, shore communications providers, rescue coordination centers, ship owners and managers, surveyors, training establishments, those involved in the provision of maritime communications equipment's, classification societies and regulators. The proposed actions aim to ensure that the GMDSS continues to be fit for purpose for the 21st century, to allow modern technologies to be incorporated into the GMDSS, thus enhancing and improving safety of life at sea.

Development of the e-navigation strategy GMDSS communications are essential to safe navigation and will play a key role in the implementation of the e-navigation strategy.

УДК 629.5.064.5-52

О ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ТРЕБОВАНИЯХ К ПОЛНОМАСШТАБНОМУ ТРЕНАЖЕРУ СУДОВОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Н. И. Муха, к.т.н., доцент
Одесская национальная морская академия

Область использования. Областью использования тренажера полномасштабной судовой автоматизированной электроэнергетической системы (далее тренажер полномасштабной САЭЭС) является подготовка и проверка компетентности судовых механиков и электромехаников в рамках дипломного и последипломного образования по программам, базирующихся на международных и национальных стандартах.

Кроме того, областью использования тренажера является проведение научно-практических исследований, направленных на дальнейшее совершенствование технических средств автоматизации силового электрооборудования, процессов выработки и распределения электроэнергии, а также методов эффективного обучения и проверки компетентности судовых инженеров.

Назначение. Тренажер полномасштабной САЭЭС предназначен для обучения курсантов и студентов морских учебных заведений, а также подготовки и проверки компетентности судовых специалистов (механиков и электромехаников) по несению вахты и обслуживанию современных интегрированных систем автоматического управления судовой электростанцией и отдельными судовыми электромеханическими системами и комплексами, в соответствии с функциями «Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления» и «Техническое обслуживание и ремонт» стандартов А-III/1, А-III/2, А-III/6 Международной Конвенции ПДНВ 78 с Манильскими поправками. В том числе для судовых механиков по следующим компетенциям:

- Эксплуатация электрооборудования, электронной аппаратуры и систем управления.
- Техническое обслуживание и ремонт электрического и электронного оборудования.
- Устранение неполадок, приведение в рабочее состояние электрического и электронного оборудования управления.

Для судовых электромехаников по следующим компетенциям:

- Надзор за эксплуатацией электрических и электронных систем, а также систем управления.
- Надзор за работой автоматических систем управления двигательной установкой и вспомогательными механизмами.
- Эксплуатация генераторов и систем распределения.
- Эксплуатация и техническое обслуживание силовых систем с напряжением более 1000 вольт.
- Эксплуатация компьютеров и компьютерных сетей на судне.
- Техническое обслуживание и ремонт электрического и электронного оборудования.
- Техническое обслуживание и ремонт систем автоматики и управления главной силовой установкой и вспомогательными механизмами.
- Техническое обслуживание и ремонт электрических, электронных систем и систем управления палубными механизмами и грузоподъемным оборудованием.

Цели и задачи:

1. Отработка навыков по анализу современных судовых автоматизированных электроэнергетических систем. Современная компоновка САЭЭС, схемы распределения электроэнергии, включая высоковольтные. Экономичная и безопасная эксплуатация дизель-генераторов, валогенератора, аппаратов и устройств систем распределения. Анализ ситуаций и практическая отработка действий оператора при различных видах управления в различных режимах ра-

боты электростанции, включая аварийные, на реальном оборудовании САЭЭС. Отработка алгоритмов автоматизации типовых электростанций и настройки микроконтроллеров. Настройка защит и параметров регуляторов, поиск и устранение неисправностей.

2. Получение навыков работы с современными программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) на базе контроллеров фирм Mitsubishi Electric и Schneider Electric серий Alpha2, Q, FX3U, TeSYS U и Twido на примерах управления различными судовыми электромеханическими системами. Знакомство с программой для конфигурации микроконтроллеров. Настройка и мониторинг микроконтроллера с помощью сервисного программного обеспечения. Состав и загрузка файлов конфигурации в микроконтроллер. Подключение к микроконтроллерам и использование дополнительных устройств (панели оператора, удаленного дисплея, ПК). Разработка программного обеспечения для ПЛК различных типов, направленных на решение конкретных судовых задач.

3. Приобретение навыков технического использования и обслуживания современных информационных и управляющих систем. Настройка параметров коммуникационных протоколов обмена данными между микроконтроллерами, отдельными локальными объектами управления, с системой дистанционного управления и мониторинга, используя реальное оборудование и средства автоматизации.

4. Использование современных энергосберегающих технологий, применяемых на судах, на примерах частотно-управляемых электроприводов различных судовых механизмов и систем, динамической компенсации реактивной энергии и повышения коэффициента мощности судовой электроэнергетической установки.

Общие требования к тренажерам.

- Тренажер полномасштабной САЭЭС, обеспечивающий практическую подготовку и проверку компетенций офицеров машинной команды по функциям «Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления», и «Техническое обслуживание и ремонт» должен отвечать общим эксплуатационным требованиям раздела А-1/12 Кодекса ПДНВ 78 с Манильскими поправками, быть выполненным на реальном оборудовании и средствах автоматизации, отвечать реальной конфигурации и компоновке судовой автоматизированной электростанции с реальными потребителями и типовой нагрузкой. Тренажер полномасштабной САЭЭС должен быть одобренный Морскими Классификационными Обществами.

- Тренажер должен соответствовать целям и задачам подготовки, а также целям и задачам проверки компетентностей офицеров машинной команды, указанных в п.2 настоящих ТЭТ.

- Тренажер должен воспроизводить реальные условия эксплуатации САЭЭС для получения обучаемым навыков технического обслуживания и ремонта, отвечающих целям подготовки, а также продемонстрировать эти навыки для целей оценки компетентностей.

- Тренажер должен обеспечивать контролируруемую эксплуатационную обстановку, включая нештатные и аварийные ситуации, отвечающие целям и зада-

чам подготовки, а также позволять имитировать различные эксплуатационные ситуации.

- Тренажер должен обеспечивать возможность обучаемому с любого компьютеризированного рабочего места или непосредственно с помощью реальных органов управления управлять как электростанцией, так и отдельными электромеханическими объектами в автоматизированном или автоматическом режимах работы, проследить за рабочими параметрами объектов управления. Тренажер должен предоставлять обучаемому доступ к учебно-методическим и справочным материалам.

- Тренажер должен обеспечивать возможность инструктору отслеживать и регистрировать действия обучаемого с целью дальнейшего анализа допущенных ошибок.

Примечание. Указанные тренажеры целесообразно выполнять с возможностью удаленного управления, мониторинга и дистанционного доступа к учебно-методическим и справочным материалам.

Детальные требования к тренажеру. Тренажер полномасштабной САЭЭС должен включать главный распределительный щит (ГРЩ), не менее трех основных и одного аварийного генераторных агрегатов, судовые потребители электроэнергии с их типовой нагрузкой, пользовательские рабочие места операторов и рабочее место инструктора (инструкторов).

ГРЩ должен состоять из 8-9 секций: двух секций синхронных генераторов (№1, №2); секции валогенератора и регулирования реактивной энергии ($\cos\varphi$); секции синхронизации и управления; секции потребителей №1; секции аварийного генератора; секции потребителей №2; секции питания с берега (от сети учебного заведения); секции высоковольтного оборудования, например, 6,6 кВ. Система автоматического управления судовой электростанцией (Power Management System, PMS) должна быть реализована на базе современных микроконтроллеров, например, С6200 и М2500 фирмы SELCO.

Основная электростанция должна состоять из двух дизель-генераторных агрегатов, например, модели GMS10PX фирмы Powerlink Machine Co. Управление дизелями должно осуществляться микроконтроллерами, например, М2500 фирмы SELCO, которые встроены в каждую секцию синхронного генератора. В качестве судового генератора должен использоваться синхронный бесщеточный генератор, например, типа PI044E фирмы Stamford, с современным (например, цифровым) АРН.

Третьим основным генератором может быть валогенератор. Валогенераторная установка ВГУ (валогенератор) может быть или с синхронным, или асинхронным генераторами, с приводным асинхронным электродвигателем. Для питания и управления приводным электродвигателем ВГУ может быть использован, например, преобразователь частоты, имитирующий изменение частоты вращения гребного вала в зависимости от погодных и иных условий работы судна. Система регулирования реактивной мощности САЭЭС может состоять из контроллера коэффициента мощности, например, серии BR7000 – T12/S485, тиристорных модулей для системы управления блоком конденсаторных батарей, например, типа TSM – LC-I, многофункционального измеритель-

ного интерфейса (Multi Measuring Interface) MMI7000-S, и конденсаторных блоков различной емкости, например, с весовыми коэффициентами 1-2-4-8 для поддержания заданного коэффициента мощности САЭЭС.

В состав аварийного распределительного щита (АРЩ) должен входить аварийный дизель – генератор с автоматикой дистанционного запуска, а также соответствующие потребители.

Потребителями САЭЭС должны быть судовые электроприводы различных механизмов и систем, построенные на базе современных преобразователей и программируемых логических контроллеров, например, FX3U и серии Q фирмы Mitsubishi Electric, частотных преобразователей FR – A740, FR – A540, Altivar 71 фирм Mitsubishi Electric и Schneider Electric. Рабочим механизмом каждого из электроприводов должен служить нагрузочный генератор, соединенный с валом конкретного электродвигателя, нагрузка которого в свою очередь имитируется подключением с помощью соответствующего микроконтроллера нагрузочных резисторов в соответствии с характерной нагрузкой реального судового механизма.

Для дистанционного управления и контроля тренажером должно использоваться специальное программное обеспечение, например, M-Vision (SCADA), посредством которого, можно управлять как электростанцией, так и отдельными электромеханическими объектами в автоматизированном или автоматическом режимах работы, проследить за рабочими параметрами объектов управления с любого рабочего места. Компьютеры инструкторов и операторов должны быть объединены в сеть, что даст возможность передачи управления тренажером в целом или его локальным объектом любому обучаемому, имитировать различные эксплуатационные ситуации, включая аварийные, контролировать и регистрировать действия оператора.

Требования к рабочему месту инструктора и обучаемого. Количество рабочих мест инструкторов определяется помещениями, в которых располагается тренажер и техническими возможностями взаимосвязи оборудования и обучаемого персонала. На компьютерах инструкторов должна быть установлена операционная система сервера и специализированное программное обеспечение, например, M-Vision (SCADA), посредством которого, можно управлять как электростанцией, так и отдельными электромеханическими объектами в автоматизированном или автоматическом режимах работы, устанавливать приоритеты управления операторами, контролировать и регистрировать их действия. На сервере (компьютере инструктора) устанавливаются также все дополнительные программные продукты. Компьютер инструктора должен быть подключен к Интернету. Компьютеризированные рабочие места операторов (обучаемых) и инструкторов должны быть объединены в единую информационную и управляющую сеть с возможностью передачи управления тренажером в целом или его локальным объектом любому обучаемому (в соответствии с приоритетом), с возможностью решать задачи параметрирования, настройки, визуализации и т.п.

Выводы. Полномасштабный тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы (далее полномасштабная САЭЭС) должен

обеспечивать: адекватное воспроизводство эксплуатационных ситуаций по техническому использованию реального судового электрооборудования и средств автоматики; мониторинг, контроль и управление дизель-генераторными и валогенераторными агрегатами в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах работы электростанции; контроль и управление различными судовыми электромеханическими системами; решение задач параметрирования, диагностики неисправностей, наладки, визуализации и т.п.

В тренажерах должна быть предусмотрена возможность имитации различных неисправностей, что позволит сконцентрировать внимание обучаемого на работе системы автоматического управления в аварийных ситуациях и отработать действия вахтенного в условиях поиска, локализации и устранения неисправностей оборудования.

В составе тренажерного комплекса должно быть реально функционирующее и максимально приближенное к современной конфигурации судовое оборудование и средства автоматизации, одобренные основными Морскими Классификационными Обществами. Тренажер должен иметь гибкую модульную структуру и конфигурацию оборудования и систем автоматики с возможностью расширения функциональных возможностей, модернизации, интегрирования дополнительных аппаратных и программных продуктов и т.п. Все оборудование, включая отдельные элементы, а также средства автоматики должны быть объединены в единую коммуникационную управляющую и информационную сеть с поддержкой основных коммуникационных протоколов, используемых на судах, например, таких как Modbus, Fielbus, CANopen, Ethernet, а также с возможностью удаленного управления и передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, 1978 (STCW 1978), - London: IMO, 2011. – 296 p.
2. Муха Н.И., Дранкова А.О., Волошин В.Н., Миська А.Р., Дудко С.А. Тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы. Авиационно-космическая техника и технология: Научно-технический журнал. – Харьков: ХАИ. – 2011. - № 9(86). – С.207 – 211.

СУДНОВЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

УДК 621.431.74(045)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА ПУСКА И РАЗГОНА ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА СУДАХ

В.С. Луковцев, доцент

Е.Е. Борисенков, курсант

Одесская национальная морская академия

На практике наблюдаются частые случаи отказа пуска главного двигателя (ГД). С увеличением времени эксплуатации судна увеличивается число отказов пуска ГД. Дизели хорошо запускаются в обычных условиях, например, при швартовках судов в акваториях портов, но пуск не удаётся при снятии судна с якоря в открытых водах, особенно если наблюдаются встречные течения. То есть обеспечение надёжного пуска дизеля на обычных маневренных режимах совсем не гарантирует, что пуск будет таким же надёжным, если изменятся нагрузочные характеристики гребного винта. [1] В связи с этим возникает практическая задача обоснования конструктивных и настроечных параметров как собственно дизеля, так и систем автоматического управления, которые обеспечили бы надёжный пуск дизеля в различных эксплуатационных условиях.

Эти вопросы решаются путем совершенствования пускорегулирующей аппаратуры применением алгоритмов адаптивного изменения длительности совместной работы двигателя на топливе и воздухе. На практике данный метод позволяет повысить надёжность, за счет определения среднего углового ускорения на кривой изменения частоты вращения на промежутке времени пуска, но данный метод не позволяет отслеживать всю кривую разгона ДВС. [2]

Данную задачу предлагается решить методом прогнозирующего управления процессом пуска и разгона двигателя до установленных оборотов, с помощью автоматического устройства - экстраполятора, осуществляющего прогнозирование, изменения контролируемого параметра. [3] Реализация таких вопросов возможна применением схем нечеткой логики. Объектом исследования, являются пусковые режимы судового дизеля.

Предметом исследования является методы прогнозирующего управления, позволяющие обеспечить повышение надёжности пуска судового дизеля.

Методы исследования:

- системный анализ - при выборе темы, создании общей методики научного исследования, обосновании метода повышения надёжности пуска и выборе системы адаптивного управления;
- математическое моделирование – для исследования процессов, которые происходят во время пуска ГД.

– планирование эксперимента - при экспериментальном исследовании процесса пуска дизеля в реальном масштабе времени с регистрацией полученных данных на ЭВМ.

Научная новизна заключается в том, что для повышения надежности пуска дизеля будет использован метод прогнозирующего управления с эталонной моделью и прогнозатором, работающем в ускоренном времени.

Задачи исследования:

- прогнозирование изменение частоты вращения ГД во время пуска с момента подачи воздуха в цилиндры в силу того, что в момент перехода двигателя на фазу топлива характер рабочих процессов может существенно измениться;
- разработка математической модели дизеля и его эталонной характеристики разгона с оптимальными параметрами пуска, по которой будет отслеживаться разница реальной характеристики ДВС;
- определение задержки отключения главного пускового клапана и отключение пусковой подачи топлива после начала пуска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов В.И., Худов Н.И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов. Учебник для высш. Учеб. Заведений. – 2-е издание 1990.-368с.
2. Ерыганов А. В. Повышение надежности пуска Диссертация, ОНМА, 2010.
3. Гаскаров Д. В., Голинкевич Т. А., Мозгалевский А. В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. М. Советское радио 1974г. 224 с.

УДК 681.518.5

О НАСТРОЙКЕ НЕЧЁТКОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВОГО ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.Г. Гацуц, аспирант

Одесская национальная морская академия

В работах [1,2] рассматривалась возможность создания устройства на базе нечёткого контроллера, которое способно выполнять задачу поддержания оптимального теплового режима цилиндровой втулки двигателя внутреннего сгорания.

Функциональную схему системы автоматического управления температурой охлаждающей жидкости на выходе из двигателя комбинированного типа можно представить в виде системы с компенсацией [4] изменения параметров двигателя и системы охлаждения. С целью преодоления проблемы физической реализации звена компенсации, предлагается использовать в качестве компенсирующего звена нечёткий контроллер, настроенный определённым образом. Для адекватной настройки выбранного контроллера необходимо создать такую исследовательскую установку, при помощи которой возможно было бы моде-

лизовать разные режимы работы двигателя внутреннего сгорания как теплообменного устройства, а его системы охлаждения, как гидродинамической тепло-массообменной системы, реализующей все возможные виды терморегулирования [1,3]. Учитывая эти требования к установке, рассмотрим схему одного из вариантов её исполнения, приведённую на рис.1.

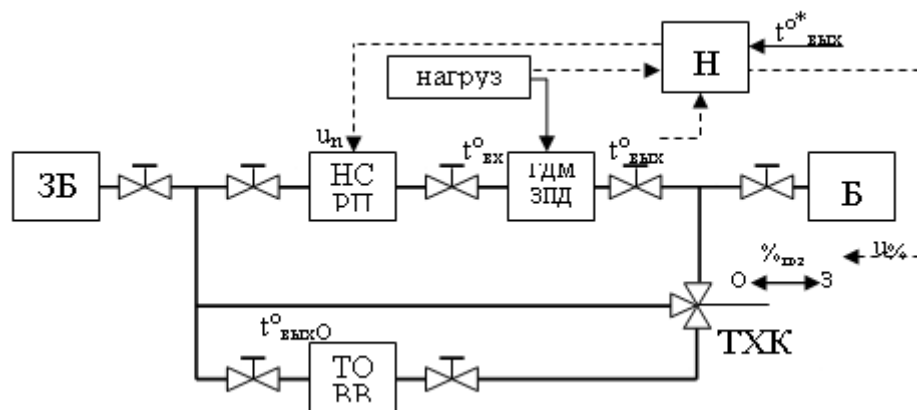


Рис.1 Схема установки исследования процесса теплообмена и настройки нечёткого контроллера:

- ЗБ – расходный бак для забора охлаждающей жидкости;
- НСРП – насосная станция регулируемой подачи;
- ГДМЗПД – гидродинамическая модель зарубашечного пространства двигателя;
- БС – расходный бак для слива охлаждающей жидкости;
- ТОВВ – теплообменный аппарат водо-воздушного типа;
- НК – нечёткий контроллер;
- «нагрузка» – устройство задачи количества выделяемого тепла в ГДМЗПД;
- $t^{\circ}_{\text{вых}0}$ – температура охлаждающей жидкости на выходе из охладителя;
- ТХК – трёх-ходовой клапан.

Блок ГДМЗПД имитирует зарубашечное пространство одноцилиндрового двигателя внутреннего сгорания. Предполагается, что используя критерии гидродинамического подобия [5] можно будет смоделировать уменьшенную гидродинамическую модель реального или предполагаемого контура охлаждения двигателя. НСРП должна состоять как минимум из двух центробежных насосов, приводные двигатели которых имеют частотное регулирование скорости вращения. Использование именно таких насосных агрегатов обусловлено необходимостью регулирования скоростью протока охлаждающей жидкости с целью регулирования температуры охлаждающей жидкости на выходе из ГДМЗПД, тем самым реализуя один из способов регулирования этого параметра [1]. Для реализации стационарного режима теплообмена необходимо применение ТОВВ. ТХК – необходимый элемент для реализации способа регулирования $t^{\circ}_{\text{вых}}$ байпасированием (перепуском). Использование ЗБ и БС обусловлено необходимостью точных замеров параметров процесса теплообмена при отладке выходных функций устройства «нагрузка» и кроме того необходимы для технического обслуживания установки. Устройство «нагрузка» реализует

процесс тепловыделения в корпусе ГДМЗПД в функции времени, который реализует контроллер данного устройства:

$$Q=f(t)=var,$$

где Q – количество выделяемого тепла,

t – время процесса выделения тепла.

Предполагается, что НК будет осуществлять физическую реализацию нечёткого контроллера с тремя входными ($t^{\circ}_{\text{вых}}$, $t^{\circ}_{\text{вых}3}$, «нагрузка») и двумя выходными величинами ($U_{\%}$ и U_n).

Описанная установка значительно упростит составление правил [2,6] нечёткого контроллера, который будет реализовывать функции контроля оптимального теплового режима судового дизельного двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гацуц А.Г., Дранкова А.О. Повышение эффективности работы судовых энергетических установок путем обеспечения оптимального температурного режима. Научное издание. – Кременчуг: КНУ, 2011. – Вып.1/2011(1). - с.132-133;
2. Гацуц А.Г. О реализации устройства регулирования температуры охлаждающей жидкости дизельной судовой энергетической установки на основе нечёткого контроллера. Наукове видання. – Миколаїв: ІАЕ НУК, 2011. – с.79-81;
3. Ю.Я.Фомин, А.И.Горбань, В.В.Добровольский, А.И.Лукин. Судовые двигатели внутреннего сгорания. – Л.: Судостроение, 1989. – 344;
4. Душин С.Е., Зотов Н.С. и др. Теория автоматического управления. – М.: Высшая школа, 2003. – 567 с;
5. Новиков И. И., Боришанский В. М. Теория подобия в термодинамике и теплопередаче.- М.: Атомиздат, 1979, 184 с;
6. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Влияние методов дефазификации на скорость настройки нечеткой модели // Кибернетика и системный анализ. -2002. - №5. - С.169-176.

УДК 62-571:621.4

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНЫМ ПУСКОМ И РАЗГОНОМ СУДОВОГО ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

В.С.Луковцев, к.т.н., доцент,

Р.А.Барабаш, курсант

Одесская национальная морская академия

В данной дипломной работе была поставлена следующая задача: Исследовать процесс пуска судового дизель-генератора с целью разработки алгоритма его безопасного пуска и разгона.

В качестве рабочей гипотезы выдвинуто: обеспечить надежный пуск дизель-генератора, возможно, с помощью системы противоаварийного управления (ПАУ), которая, с помощью определения точки перегиба, оценивает возможность надежного пуска дизеля.

Эту задачу я решил такими методами: математический метод определения точки перегиба; метод моделирования системы на ЭВМ.

На рисунке 1 изображена разработанная и реализованная принципиальная схема запуска судового дизель-генератора смоделированная на электронно-вычислительной машине посредством программы MATLAB.

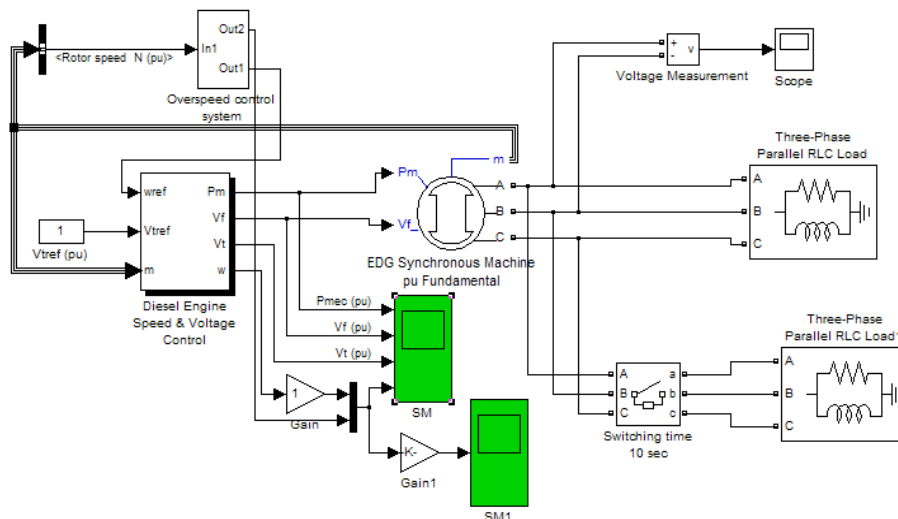


Рис.1 Принципиальная схема запуска судового дизель-генератора

Выводы:

1. Моменты включения и отключения топливоподачи подобраны исследователем путем. Теоретически эти моменты можно вычислить посредством теоремы о n -интервалах Фельдбаума и принципа максимуму Понтрягина.

2. Включение в алгоритм пуска дизеля операций стартера по контролю точки перегиба позволяет существенно выиграть время необходимое для выполнения противоаварийных операций, направленных на предотвращение выхода двигателя в запредельный скоростной режим, что, безусловно, повышает безопасность работы, а также живучесть дизель-генератора.

3. Необходимость в системе противоаварийного управления (ПАУ) для дизеля вполне обоснована. Поскольку управление дизелем имеет в виду под собой свою специфику и делится на три составляющие: управление пуском; управление стойкой работой; управление процессом остановки.

Безусловно, приводной дизель оснащен системой защиты, которая в свою очередь отключает его по факту выхода за норму одного или нескольких параметров, а основной задачей противоаварийной системы управления является предотвращение (предупреждение) возможной аварийной ситуации. Это является очень важным аспектом в эксплуатации дизеля, например, потому, что при достижении критических оборотов дизелем и срабатывании аварийной защиты несколько раз надежность его работы резко ухудшается, что в значительной мере отображается на эксплуатационных расходах. Поэтому важной задачей является предупреждение аварийной ситуации посредством ПАУ.

Научное положение:

Безопасный и надежный пуск и разгон судового дизель-генератора можно обеспечить посредством специальной системы ПАУ, которая обеспечивает

включение и отключение пусковой подачи топлива в определенные моменты времени, которые определяются на основании вычислений, построенных на принципе контроля точки перегиба кривой разгона, а также контроля и сравнения первого и второго максимуму функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Половинка Э.М., Колегаев М.А. Динамика пуска судового среднеоборотного дизеля. – Судовые энергетические установки: научно-технический сборник. Вып. 11. – Одесса: ОНМА, 2004. – 156 с.
2. Пизинцали Л.В., Ханмамедов С.А. Прогнозирование технического состояния судовых аварийных дизель-генераторов. – Судовые энергетические установки: научно-технический сборник. Вып. 14. – Одесса: ОНМА, 2005. – 152 с.

УДК 629.5-52:656.073.235

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВОГО РЕФРИЖЕРАТОРНОГО КОНТЕЙНЕРА

В.И.Живица, д.т.н., профессор

Д.В.Иванов, курсант

Одесская национальная морская академия

Холодильные установки рефрижераторных контейнеров потребляют значительную часть производимой на судне электрической энергии. Однако качество их работы с точки зрения удельного расхода электроэнергии до сих пор практически не контролируется. Предлагается метод, предоставляющий возможность оценки качества функционирования данной холодильной установки с энергетической точки зрения.

Целью моей работы является изучение возможности использования данных мониторинга работы двигатель-компрессорного узла в составе холодильной установки для непрямого определения массового расхода циркулирующего хладагента в системах малой и средней мощности. Предлагается система мониторинга, работа которой должна быть построена таким образом:

1. Измерение параметров потребляемой электрической энергии электродвигателем холодильной установки и вычисление количества потребляемой электрической энергии за обоснованно выбранный временной интервал.

2. Измерение температур и давлений хладагента в характерных точках обратного цикла для определения соответствующих значений энтальпии и дальнейшее вычисление количества выработанного холода за этот же временной интервал.

3. Определение энергетической эффективности холодильной установки как отношение количества холода, которое производится, к количеству электроэнергии, которая потребляется; сравнение полученного значения (как воз-

можный вариант) с проектным, теоретическим циклом Карно, или технически допустимым для обоснованной оценки установки по этому показателю.

4. Хранение и накапливание всех измеряемых и вычисленных параметров.

5. Определение тенденции для всей установки за некоторый последний период времени (улучшение, ухудшение или стабильное значение энергетических показателей) и ее индикация.

Отличительной чертой предлагаемого способа есть сам метод непрямого определения массового расхода хладагента, который заключается в следующем: по текущим значениям тока электродвигателя компрессора холодильной установки, подведенного напряжения и потребляемой активной мощности, зная номинальные параметры электродвигателя, рассчитывают механическую мощность на валу, потом по полученным значениям давления и температуры пара хладагента на входе и выходе компрессора определяют величину удельной работы сжатия. По рассчитанной мощности на валу, с учетом постоянных механических потерь, определяют мощность сжатия, и дальше, с учетом вычисленной удельной работы сжатия определяют массовую затрату хладагента. В результате этих действий в постоянном режиме не нужно применение специального расходомерного комплекта и сам компрессор в комбинации с электрическим мотором служит расходомером массового расхода для хладагента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лалаев Г.Г. Судовые холодильные установки и системы кондиционирования.- М.: Транспорт, 1981,- 248 с.
2. Петров Ю.С. Судовые холодильные машины и установки: Учебник.- Л.: Судостроение, 1991,- 400 с.
3. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. - М.: "Академия", 2004. – 256 с.

УДК 621.565:629.5.045.2(045)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СУДОВОГО РЕФРИЖЕРАТОРНОГО КОНТЕЙНЕРА

В. И. Живица, д.т.н., профессор

Д. Н. Игнатенко, курсант

Одесская национальная морская академия

Одним из путей повышения энергетической эффективности судового рефрижераторного контейнера является улучшение качества работы испарителя путём контроля степени его заполнения и идеальным было бы 100% использование теплообменной поверхности (рис.1).

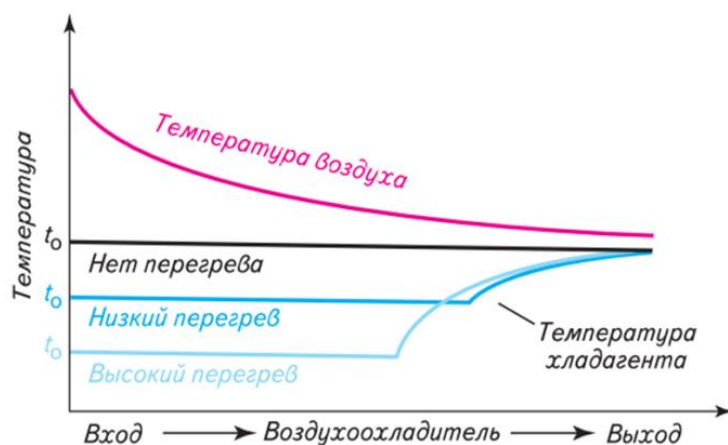


Рис.1. Зависимость температуры давления от величины перегрева

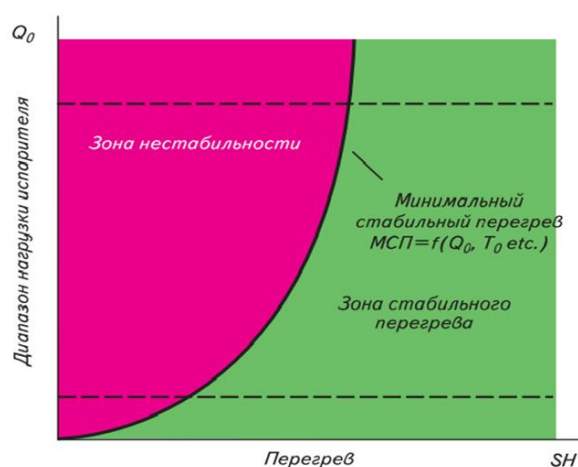


Рис.2. Зависимость минимального стабильного перегрева от нагрузки на испаритель

Эту задачу в холодильных установках рассматриваемых контейнеров должен решать терморегулирующий вентиль (ТРВ) – либо механический, либо электронный. Требуемая характеристика вентиля показана на (рис. 2). В механическом вентиле недостатки, в основном, связаны с работой узла подачи жидкого хладагента (гистерезис, жесткая наклонная характеристика и др.), которые в значительной степени устраняются в электронном ТРВ.

Рассмотрим первый вариант решения – механический ТРВ. Как известно, уставка перегрева данного вентиля определяет степень его открытия, т.е., в конечном счете, производительность воздухоохладителя. Его характеристика выглядит как наклонная линия (рис. 3). Очевидно, что при помощи механического ТРВ достичь оптимального значения перегрева, т.е. приблизиться к кривой минимального стабильного перегрева, можно только на узком участке значений нагрузки на испаритель (40–60 % от номинала). В остальном диапазоне нагрузок будет наблюдаться перерасход электроэнергии из-за завышенного перегрева по сравнению с его оптимальным значением. Следует также помнить, что наклон характеристики механического ТРВ зависит от перепада давлений на клапане и степени переохлаждения хладагента, а, следовательно, постоянно меняется. В результате добиться на практике приближения характеристики ме-

ханического ТРВ к кривой минимального стабильного перегрева достаточно сложно.

Второй вариант решения – электронный ТРВ, работающий по алгоритму с фиксированным значением уставки перегрева. Как видно характеристика электронного ТРВ (рис. 4), работающего по данному алгоритму, приближается к минимальному стабильному перегреву лишь для нагрузок на испаритель, близких к 100%. В остальном диапазоне нагрузок работа системы электронный ТРВ – контроллер не будет оптимальной. Следовательно, такое решение нельзя считать энергетически эффективным.

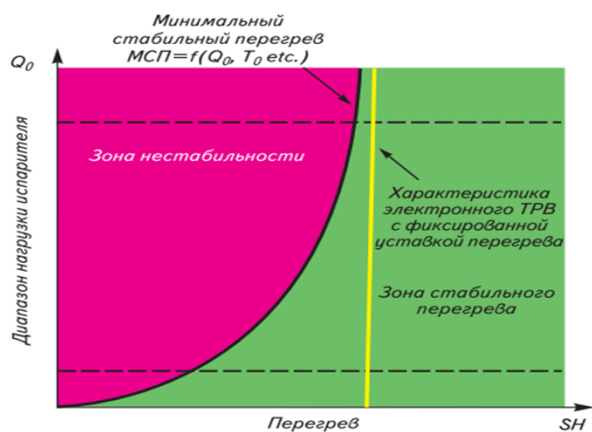


Рис.3. Зависимость уставки перегрева, поддерживаемого механическим ТРВ, от нагрузки на испаритель (степени открытия ТРВ)

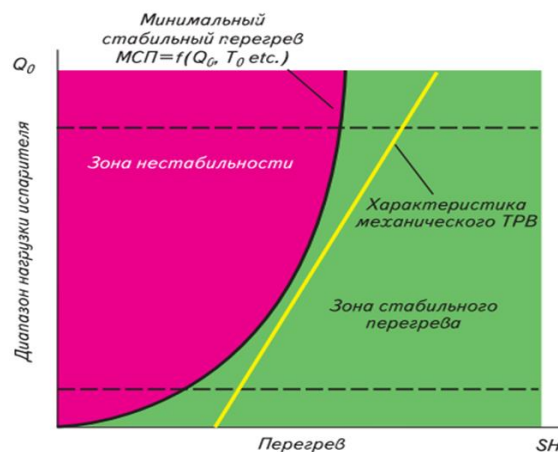


Рис.4. Зависимость уставки перегрева, поддерживаемой электронным ТРВ по алгоритму с фиксированной уставкой перегрева, от нагрузки на испаритель

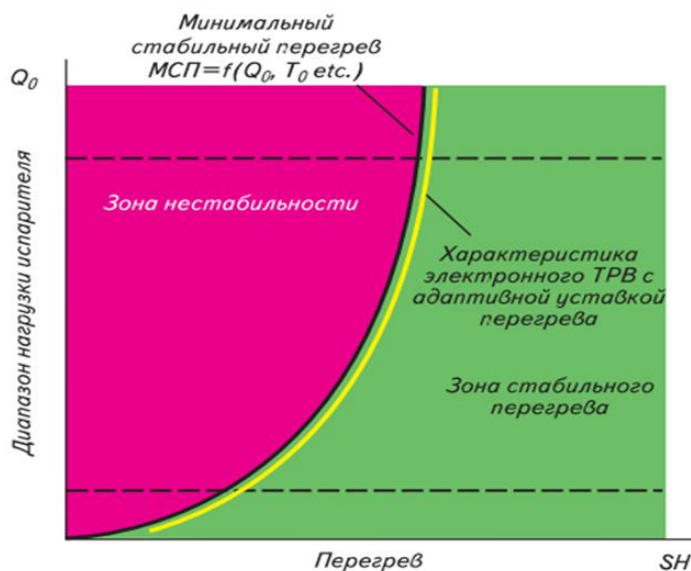


Рис.5. Зависимость уставки перегрева, поддерживаемого электронным ТРВ по алгоритму адаптивного контроля перегрева, от нагрузки на испаритель

Третий вариант решения – электронный ТРВ, работающий по алгоритму адаптивного контроля перегрева. Как видно, данный алгоритм позволяет реальному перегреву приближаться к кривой минимального стабильного перегрева во всем диапазоне нагрузок на испаритель (рис. 5), обеспечивая как оптималь-

ное энергопотребление, так и защиту компрессора от таких аварийных режимов как гидравлический удар и влажный ход компрессора. Контроллер самостоятельно принимает решение о снижении или повышении значения уставки перегрева, учитывая введенные ограничения и колебания фактического перегрева. Следовательно, такое решение позволяет добиться максимальной экономии электроэнергии по сравнению с двумя предыдущими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ейдеюс А. И. Системы и средства автоматизации судовых холодильных установок / Техническая литература. - О.: Москва, 1985, 320с.
2. Львов А. А. Анненков В. В. Судовые рефрижераторные установки / Учебное пособие - О.: Москва, 1973, 264с.
3. Интернет ресурсы www.thermoking.com, www.carrier.com www.danfoss.com.

УДК 621.3.072.9:621.316

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ КОМПРЕССОРА ПУСКОВОГО ВОЗДУХА ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

И.М. Гвоздева, д.т.н., профессор

Р.О. Емельянов, курсант

Одесская национальная морская академия

На современных морских судах установлены многочисленные и разнообразные механизмы и системы, обеспечивающие работу энергетической установки и судовых устройств.

Общая тенденция в развитии судовых механизмов характеризуется усложнением возложенных на электроприводы задач, как по повышению степени автоматизации, так и по упрощению их обслуживания. Это направлено на повышение производительности труда и оптимального использования установленных агрегатов. Повышение производительности труда на судах связано также со снижением затрат времени на техническое обслуживание и ремонт за счет совершенствования конструкций и систем управления электроприводов, приспособления их к специфическим условиям судовой эксплуатации.

Что касается электроприводов, то на сегодняшний день существует не малое количество методов оптимизации их работы. Для решения данной задачи был выбран метод основанный на применении системы частотного регулирования [1]. Преимущества системы следующие:

- уменьшение бросков тока в момент пуска (т.н. “мягкий старт”)[3];
- уменьшение динамических нагрузок на детали приводимого в действие механизма (в т.ч. повышение моторесурса) [4];
- энергосбережение[3]

Задача рационального управления электроприводом на судах требует эффективного решения, так как при этом обеспечивается значительный технико-

экономический эффект, одновременно с тем повышается безопасность механизмов и систем, уменьшается износ, как электродвигателей, так и приводных механизмов, что способствует более продолжительному сроку эксплуатации.

Рассматривается замена нерегулируемого электропривода главного воздушного компрессора на частотно-регулируемый асинхронный электропривод, уменьшая энергопотребление и значительно повышая удобство регулирования.

Для подтверждения корректности предлагаемых математических моделей анализа работы асинхронного двигателя в частотном электроприводе при различных законах частотного управления, выполнены экспериментальные исследования[4].

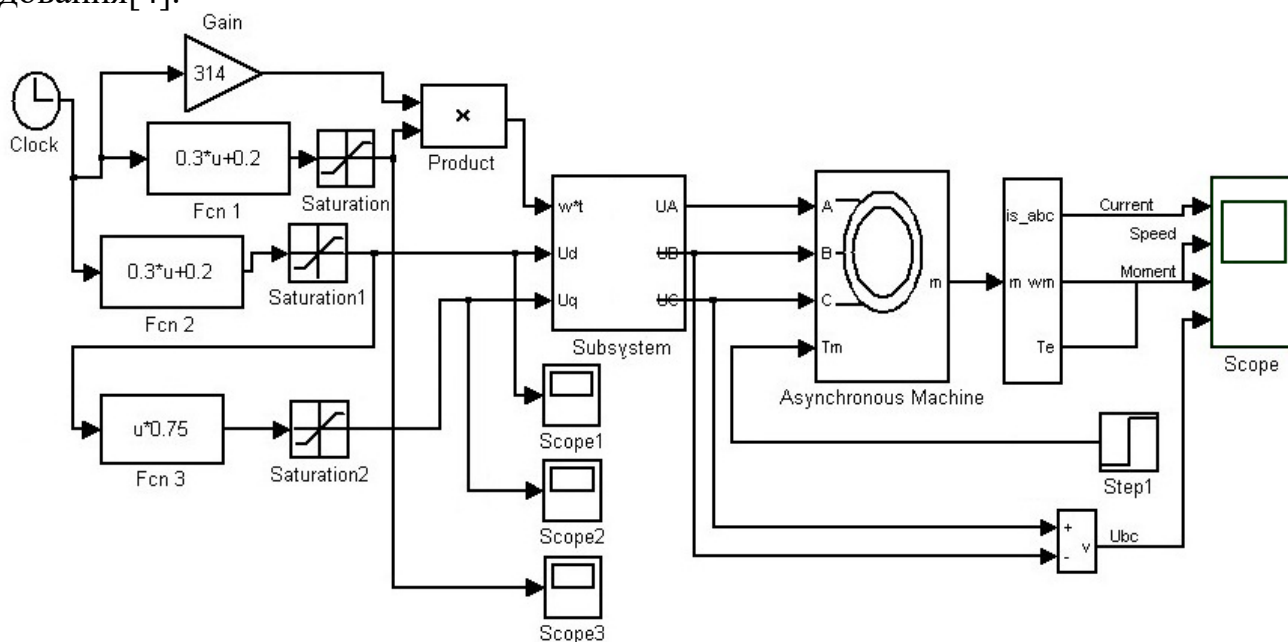


Рис. 1 Модель электропривода с преобразователем частоты

В результате проведенных исследований получены модели компрессора с законами регулирования: $U/f=\text{const}$ и $U/f^2=\text{const}$. Сопоставление результатов экспериментальных исследований и теоретических расчётов показывает их близость, что дает основание для использования математических моделей.

По итогам работы с частотным преобразователем VACON можно сделать следующие выводы.

- Преобразователь частоты обеспечивает плавное бесступенчатое регулирование производительности компрессора в заданном диапазоне его рабочих характеристик.
- Частотное регулирование с энергетической точки зрения гораздо эффективнее традиционных способов регулирования.
- Плавный безударный пуск компрессора повышает срок службы механических узлов компрессора.
- Отсутствие пусковых токов положительно сказывается на питающей сети, исключая перегрузки, следствием которых являются «просадки» напряжения. Таким образом, компрессоры с преобразователями частоты (особенно большой мощности - до 250 кВт) смогут работать при слабых электросетях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрушин В.С. Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе. Учебное пособие. –Наука и техника, 2006. – 320 с.
2. Андронов А.Л. Электроприводы насосов, компрессоров и вентиляторов. Механические характеристики турбомеханизмов. – Барнаул: АлтГТУ. 2004. – С. 385–387.
3. Белов М.П., Новиков А.Д. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: Академия, 2007. – 576 с.
4. Андронов А.Л. Моделирование режимов частотно-регулируемого электропривода в технологических процессах АПК // Энерго- и ресурсосбережение XXI век: – Труды IV международной научно-технической конференции. – Орел. 2005.

УДК 681.568.5

ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОВЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

А.Ю. Карпилов, ст. преподаватель
А.К.Сандлер, к.т.н., доцент
Одесская национальная морская академия

Эффективность ветровых движителей (ВД) напрямую связана с качеством управления при любых ветровых нагрузках. Система управления ВД должна обеспечивать как мониторинг условий окружающей среды, так и адекватное управление геометрией элементов движителя в режиме реального времени с высокой степенью быстродействия.

Наиболее перспективной, по мнению ведущих разработчиков ВД, является конструкция жесткого многосекционного паруса [1]. Разработанный ВД состоит из жестких симметричных поворотных крыльевых элементов, расположенных по дуге между концевыми шайбами, образующими единым криволинейный щелевой профиль.

С целью обеспечения наиболее высокой аэродинамической эффективности парус состоит из нескольких жестких симметричных крыльевых элементов, установленных по дуге круга и в крайних предельных положениях, образующих единый криволинейный профиль с вертикальными щелями, обеспечивающими безотрывное обтекание паруса (рис. 1).

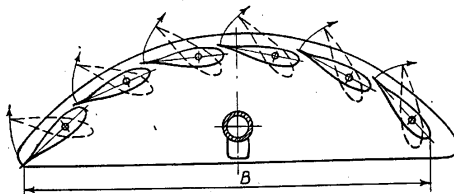


Рис.1. Схема ВД конструкции В.И. Юшина и В.В. Шайдорова

При изменении направления ветра либо при выполнении поворота, парус разворачивается под ветер с одновременным переводом крыльевых эле-

ментов через флюгерное положение до установки в новое положение, при этом весь парус разворачивается до нужного угла к ветру на новом галсе.

Для проектной проработки выбран вариант парусного ВД из 18 симметричных крыльевых элементов, каждый из которых имеет высоту 5,3 м и хорду 2,2 м. Ширина ВД составляет 11 м, общая высота - 18 м, площадь в плане - 198 м², удлинение – 1,64. Суммарная площадь ветродвижителей на трех мачтах - 530 м².

Очевидно, что для создания системы автоматизированного управления парусным комплексом в каждом ярусе ВД необходим набор датчиков ветрового давления, состояния поверхности сегментов движителя, регистрации параметров окружающей среды, контроля и управления исполнительными силовыми механизмами паруса, а также протяженным линиями связи датчиков и блоков сбора и обработки информации. При длине судна с ВД порядка 300 метров и высоте мачт 35... 40 метров, применение традиционных датчиков и информационно-управляющих линий на основе проводников из цветных металлов связано с резким возрастанием стоимости проекта и массы установки [1].

Одним из наиболее перспективных путей решения указанной задачи является разработка датчиков с интегральной чувствительностью, которые могут быть объединены в распределенную измерительную сеть. Наиболее подходящей элементной базой для создания подобных устройств является волоконная оптика, так как наряду с вышеперечисленными достоинствами волоконно-оптические датчики сочетают в одном и том же измерительном тракте функции как информационного канала, так и измерительного преобразователя. Это делает возможным создание принципиально новых быстродействующих измерительных устройств, способных интегрироваться в сложные информационно-измерительные системы, осуществляющие контроль за многомерными функциями распределения физических полей.

В общем случае распределенная волоконно-оптическая измерительная сеть (РВОИС) представляет собой набор отдельных измерительных линий, определенным образом уложенных в пространстве. Интегрирующая волоконно-оптическая измерительная линия (ВОИЛ) представляет собой измерительный преобразователь, способный регистрировать внешнее воздействие по всей его длине (рис. 2).

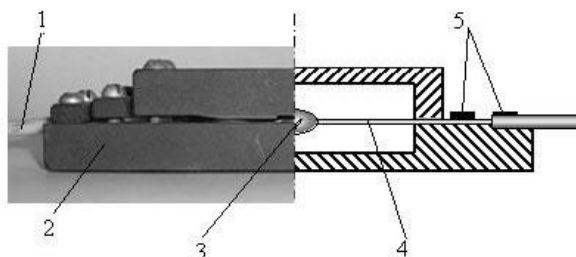


Рис. 2. Чувствительный элемент волоконно-оптической измерительной линии для регистрации амплитуды поперечных колебаний поверхности: 1 – оптоволоконный кабель, 2 – корпус, 3 – инерционная масса, 4 – одноволоконный двухмодовый интерферометр, 5 – крепления

На выходе такой линии формируется интегральный сигнал воздействия внешнего физического поля на ВОИЛ вдоль траектории укладки ВС. Топология РВОИС определяется характером решаемой задачи, а также методами сбора и обработки информации об исследуемом физическом поле. Для уменьшения количества информационных каналов следует использовать томографические методы, реализация которых предполагает формирование каждой измерительной линией интегрального образа функции распределения физического поля. Даже в случае неполного набора интегральных образов возможно успешное восстановление распределения физического поля [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шайдоров В.В., Юшин В.И. Научно-исследовательское судно с ветродвижителями «Академик Иоффе» // Судостроение – 1990. – №3. – с. 37–39.
2. Ю.Н.Кульчин, О.Т.Каменев, Ю.С.Петров. Физические принципы создания распределенных измерительных сетей на основе одноволоконного двухмодового интерферометра // Вестник ДВО РАН. 2004. № 5

УДК 621.314.5.013

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ МОЩНЫХ ПОДРУЛИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С ТИРИСТОРНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ

В.Н.Захарченко, д.т.н., профессор

А.О. Дранкова, к.т.н., доцент

Д.А. Глазев, курсант

Одесская национальная морская академия

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам разработки методов и средств, обеспечивающих электромагнитную совместимость (ЭМС) оборудования судовых электроэнергетических систем (СЭЭС) для заданного качества электроэнергии, в соответствии с требованиями стандартов (МЭК (IEC) 60034-1, 60034-17, 60050-161, 61000, 61800) [1].

Ухудшение показателей качества электроэнергии в СЭЭС в основном связано с применением статических преобразователей электроэнергии и обеспечением различных режимов работы мощных судовых электроприводов.

Анализ литературных источников [1,2,3,4,6,7] показал, что наиболее распространенным оборудованием, генерирующим высшие гармоники тока в судовую сеть, являются мощные статические полупроводниковые преобразователи (СПП) (тиристорные преобразователи напряжения, конверторы, преобразователи частоты мощных электроприводов).

Высшие гармоники тока, накладываемые на основную гармонику, приводят к искажению формы тока, который в свою очередь, искажает форму напряжения в системе электропитания, что вызывает недопустимые воздействия на нагрузки СЭЭС. Наибольшее влияние на СЭЭС с частотой 50 Гц имеют 3, 5 и 7 гармоники [3].

Увеличение общего действующего значения тока при наличии высших гармонических составляющих в системе приводит к перегреву всего оборудования распределенной сети электропитания, снижению коэффициента мощности, снижению электрического и механического КПД нагрузок, ухудшению характеристик защитных автоматов и завышению требуемой мощности автономных электроэнергетических установок [4].

Методы и средства обеспечения ЭМС подразделяются на два основных вида: структурные и системные [1].

Структурные методы предусматривают непосредственное воздействие на СПП и подразделяются на три группы: схемные решения по силовой части, обеспечивающие минимизацию гармонических составляющих напряжения и тока; выбор рационального способа регулирования; воздействие на систему управления путем введения дополнительного сигнала.

К системным решениям обеспечения ЭМС относятся коррекция структуры электросети и включение фильтрокомпенсирующих устройств.

На практике в судовых системах с мощными СПП наиболее широкое применение нашли способы обеспечения ЭМС, основанные на увеличении фазности преобразователей и применении сетевых фильтров [1].

Данная работа посвящена проектированию пассивных фильтров с микроконтроллерным управлением для судовых электрических сетей до 10 кВ, а также совершенствованию алгоритмов управления такими фильтрами [5].

Объектом для исследования в работе выбрано подруливающее устройство на базе асинхронного двигателя с тиристорным преобразователем напряжения судна типа контейнеровоз на 8450 TEU (MAERSK SOFIA), структурная схема ГРЩ которого представлена на рис.1

Воздействие ТП на судовую сеть проявляется в виде генерирования в нее высокочастотных гармоник напряжения и потребления из нее реактивной мощности. Воздействие ТП на объект регулирования - ПУ проявляется в искажении формы напряжения на входных зажимах объекта, т.е. в появлении в спектре напряжения высших гармонических составляющих [6,7].

Целью данной работы является обеспечение электромагнитной совместимости мощного асинхронного электропривода подруливающего устройства с тиристорным преобразователем. Для реализации поставленной цели будет использована разработанная в пакете MATLAB математическая модель системы: «судовая сеть – преобразователь – асинхронный двигатель» и будут решены следующие задачи: разработаны структуры силовых фильтров, обоснованы и выбраны настроечные параметры фильтров, выбран и реализован алгоритм нейросетевого управления фильтрами [8].

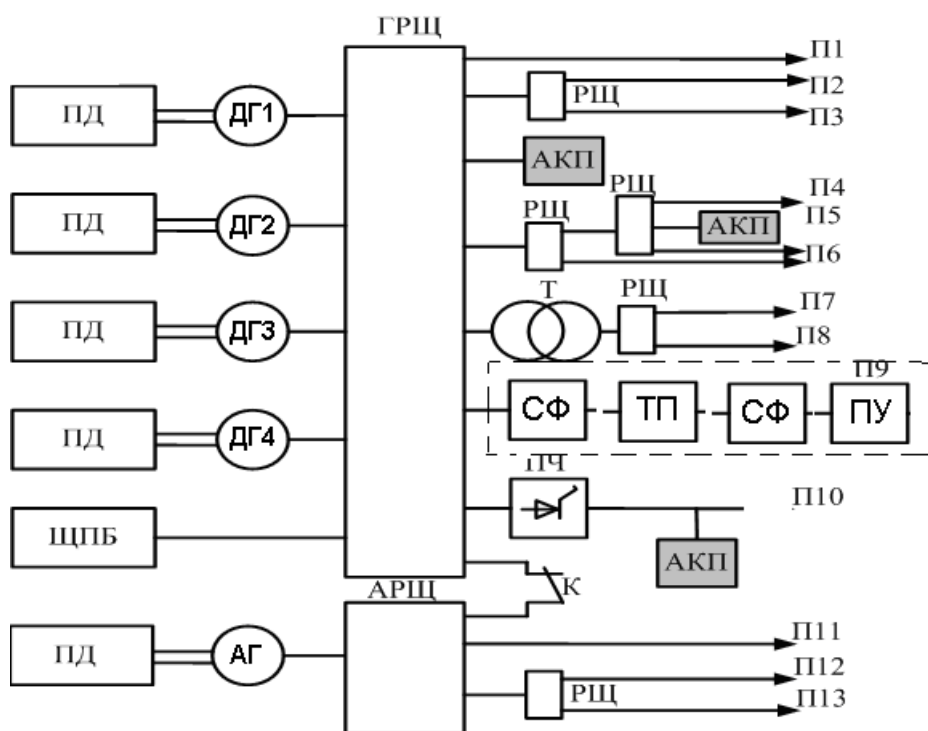


Рис.1. Структурная схема ГРЩ контейнеровоза MAERSK SOFIA

ДГ1-ДГ4–дизель-генераторы; ГРЩ–главный распределительный щит; АРЩ– аварийный распределительный щит; ЩПБ – щит питания с берега; РЩ– распределительный щит; ПД– приводной двигатель; К–силовой контактор; АГ–аварийный генератор; Т–трансформатор; АКП– активный компенсатор помехи; СФ – силовой фильтр; ТП – тиристорный преобразователь; ПУ–подруливающее устройство; ПЧ–преобразователь частоты; П1-П13 – потребители.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: учебное пособие для студ. высш. учеб. Заведений / [М.П.Белов, О.И.Зементов, А.Е.Козярук и др.]; под ред. В.А.Новикова, Л.М.Чернигова.– М.: Издательский центр «Академия», 2006.– 368 с.
2. С.Е. Кузнецов, Т.С. Горева, Н.Н. Портнягин. Построения активных фильтров подавления импульсных помех в сетях электропитания промышленных судов с применением вейвлет – анализа .Актуальные вопросы современной техники и технологии [Текст]: Сборник докладов III-й Международной научной заочной конференции (Липецк, 29 января 2011 г.). В 2-х ч. Ч. II. / Под ред. А.В. Горбенко, С.В. Довженко.– Липецк: Издательский центр «Грш. Учеб.авис», 2011.– 172 с.
3. Арриллага Дж.и др. Гармоники в электрических системах: Пер. с англ./Дж. Арриллага, Д. Брэдли, П.Боджер.– М.: Энергоатомиздат, 1990.– 320 с.: ил.
4. Климов В.П., Москалев А.Д. Проблемы высших гармоник в современных системах электропитания // Практическая силовая электроника. Науч.-техн.сб./Под ред. Малышкова Г.М., Лукина А.В.– М.: АОЗТ "ММП-Ирбис", 2002. Вып 5. С.53
5. Воршевский А.А., Гальперин В.Е. Электромагнитная совместимость судовых технических средств / А.А. Воршевский, В.Е.Гальперин; СПбГМТУ.– СПб., 2006.– 317 с.
6. Электромагнитная и электромеханическая совместимость в электротехнических системах с полупроводниковыми преобразователями: Конспект лекций /В.И. Вершинин, Э.А. За гривный, А.Е.Козярук, Санкт-Петербургский горный ин-т.СПб, 2000.– 67с.
7. В.П. Дьяконов MATLAB 6.5 SP1/7+Simulink 5/6.Основы применения. Серия «Библиотека профессионала».- М.: СОЛОН-Пресс, 2005.– 800с.:ил.
8. Саймон Хайкин, Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ.– М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.– 1104 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СУДОВОГО РЕФРИЖЕРАТОРНОГО КОНТЕЙНЕРА

В.И. Живица, д.т.н., профессор
М.В. Седак, курсант
Одесская национальная морская академия

В настоящее время всё более важным становится вопрос потребления энергии с наименьшими расходами и наибольшей эффективностью, качественного функционирования электрооборудования, потребляющего электроэнергию и грамотного энергетического менеджмента. Вместе с тем, до сих пор непрерывное измерение параметров, характеризующих использование электроэнергии, не реализовано во многих электрических установках, что создает предпосылки для неоправданного перерасхода электроэнергии [1,4,5]. Одной из причин такого положения вещей является высокая стоимость инструментов и оборудования для измерения некоторых параметров холодильной установки, вполне сравнимая со стоимостью самой установки.

Как известно из практики, техническая эксплуатация и, как следствие, обоснованная диагностика судовых рефрижераторных контейнеров во многих случаях возложена на человека-оператора [2,3]. В условиях его информационной перегрузки, особенно когда одновременно должен обеспечиваться контроль всех находящихся на борту рефрижераторных контейнеров, отслеживание параметров каждого из них, возможно принятие ошибочных решений, кроме того, следует принять во внимание и юридический аспект указанной проблемы. Поэтому обеспечение эффективности управления в таких сложных условиях является актуальной проблемой, успешное решение которой возможно при создании специализированных систем поддержки принятия решений (СППР) для повышения уровня автоматизации информационной подготовки, самих процессов принятия и реализации решений с одновременным уменьшением роли человека-оператора.

В основе идеи [1,2,3] лежит взаимосвязь между параметрами электродвигателя компрессора (номинальными и измеренными) и параметрами цикла (измеренными и рассчитанными). Численное значение отношения соответствующего количества произведенного холода на заданном температурном уровне к количеству потреблённой электроэнергии за определённый интервал времени должен быть сравнено: во-первых, с теоретически возможным и, во-вторых, с его проектным значением для того, чтобы сделать обоснованный вывод. Это отношение является безразмерной величиной и в технике искусственного холода получило название холодильный коэффициент, также называемый в зарубежной литературе коэффициентом работы цикла (the coefficient of performance of the refrigeration cycle), а величина обратная ему называется энергетической эффективностью, либо удельным расходом электроэнергии на выработку холода. Упомянутое сравнение дает информацию

для обоснованного принятия решений, например, при завышении удельного потребления электроэнергии в 1,5 раза, или - при завышении в 2 раза, других, но также обоснованных решений, и соответствующих дальнейших действиях оператора. Указанный подход позволяет создать своеобразный специализированный измерительный комплекс, используемый как «энергетический тестер», в котором используются несколько электрических и неэлектрических величин, проводя вычисления по которым можно будет судить об удельном энергопотреблении системы [4]. Полученные (измеренные) как холодильные, так и электротехнические величины, должны быть соотнесены, проведено сравнение с данными завода-изготовителя и сделан обоснованный вывод о «качестве» потребления электроэнергии данной холодильной установкой. Достоверно и оперативно полученное значение удельного расхода потреблённой электроэнергии на производство холода позволит обоснованно принимать управленческие решения, анализировать качество потребления электроэнергии и далее проводить техническую диагностику судовых холодильных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Живиця Ю. В. Загальна постановка задачі комп'ютерного моніторингу для холодильних систем / Ю. В. Живиця, І. Г. Чумак, О. А. Онищенко, Е. І. Шутєєв // Сб. трудов 5-й Міжнародної конф. «Современные проблемы холодильной техники и технологии», Одеса, ОДАХ, Україна, 2005.– С.43.
2. Zhyvytsya Yu.V. Continuous measurement of energy efficiency in refrigeration plant // Proceedings of the 2nd Program Meeting “EUROFREEZE”, January 13-15, 2005, Sofia, Bulgaria.– P.P. 45–49.
3. Zhyvytsya Yu., Chumak I., Onishchenko O. Monitoring and Energy Saving Control for Reciprocating Refrigerating Compressors // Proceedings of the 6th International conference on coolants and compressors, September 27-29, 2006, Papernicka, Slovak Republic.– P.P. 134–139.
4. Zhyvytsya Yu. Measuring of specific electrical power consumption in refrigerating systems // Proceedings of CLIMACADEMY, October 19-27, 2006, Pamporovo, Bulgaria.– P.P.89–94.
5. Zhyvytsya Yu. Continuous measurement of energy efficiency in refrigeration plant // Proceedings of the 1st International food and nutrition congress, June 15—18, 2005, Istanbul, Turkey.– P.P. 102–107.

УДК 621.313.067

АНАЛИЗ ШИМ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ IGBT - ТРАНЗИСТОРНОГО ИНВЕРТОРА

П. И. Полищук, к.т.н., доцент
Одесская национальная морская академия

Значительную долю – более 70% в общем объёме эксплуатируемых электроприводов занимают электроприводы переменного тока на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Это нерегулируемые системы, которые из-за своей «неуправляемости» теряют ожидаемую привлекательность в

направлении решения эффективного использования подводимой электрической энергии. Силовая цепь таких ЭП образовывается системой преобразования переменного тока, которая в общем случае содержит преобразователь частоты, фильтры и АД. В известных разработках такие ЭП наиболее широко применяются преобразователи частоты, собранные по схеме «диодный выпрямитель – IGB-транзисторный инвертор» с промежуточным звеном постоянного тока между ними, к которому подключены тормозные резисторы и IGB-транзисторный прерыватель.

В настоящее время в ЭП с АД в качестве регулируемого источника питания используется инвертор напряжения по причине их большой технологичности.

В тоже время, достаточно интенсивно ведутся работы по созданию ЭП с непосредственным преобразованием напряжения частоты питающей сети в напряжение переменной частоты – так называемые матричные преобразователи. Инверторы напряжения и матричные преобразователи могут формировать на своём выходе только ограниченный набор действующих напряжений, поэтому напряжение питания двигателя переменной частоты и амплитуды близкое по формуле к синусоиде формируется с помощью широтно-импульсной модуляции. Наиболее распространённый способ управления ЭП с использованием ШИМ для формирования выходного напряжения инвертора – так называемое векторное управление.

IGB-транзисторный инвертор формирует синусоиды фазных токов АД (М) посредством ШИМ питающего постоянного напряжения U_d , рис.1. При этом качество электроэнергии, подводимой к двигателю, как правило, не соответствует стандартам, согласно которым должно быть:

- коэффициент несинусоидальности кривой напряжения:

$$K_H = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^n U_v^2}}{U_1} \quad (1)$$

- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения:

$$K_{HI} = \frac{U_{\Sigma}}{U_1} = \frac{\sqrt{U_1^2 + \sum_{v=2}^n U_v^2}}{U_1} \quad (2)$$

где:

U_1 - действующее значение основной гармонической составляющей (первой гармоники) кривой переменного напряжения при разложении её в ряд Фурье;
 U_v - действующее значение v -той гармонической составляющей кривой переменного напряжения.

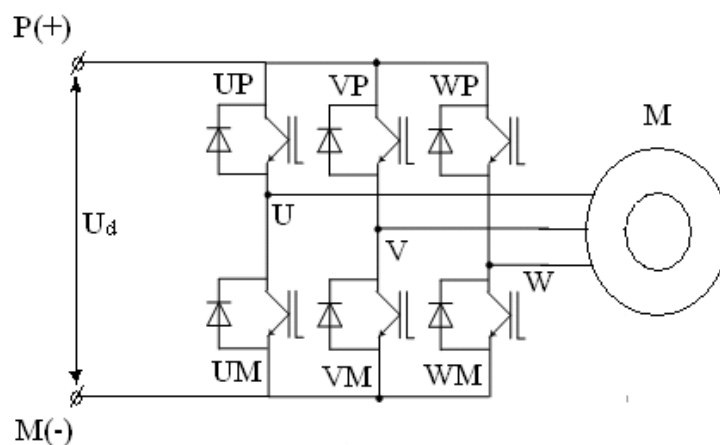


Рис. 1. IGB-транзисторный инвертор

Коэффициент v -той гармонической составляющей:

$$K_v = \frac{U_v}{U_1} \quad (3)$$

Аналізу подвергнута кривая напряжения, сформированная векторным методом ШИМ, суть которого заключается в следующем.

Векторы фаз напряжения $\overline{U_U}$, $\overline{U_V}$, $\overline{U_W}$ сводятся к обобщённому вектору $\overline{U_S}$ путём следующего преобразования:

$$\overline{U_S} = \frac{2}{3} (U_U + \bar{a}U_V + \bar{a}^2U_W) \quad (4)$$

где $\bar{a} = \exp j \frac{2\pi}{3}$ - единичный вектор.

Модуль обобщённого вектора, в зависимости от состояния ключей инвертора (IGB-транзисторных модулей), принимает значения:

- $U_S = \frac{2}{3}U_d$ при включении трех ключей в разных группах, например, одного

в анодной группе и двух в катодной группе или наоборот;

$U_S = 0$ при включении трех ключей всех в одной из групп, либо всех трех в анодной группе, либо всех трех в катодной группе. ШИМ иллюстрируют рис.2.

За период переменного напряжения происходит шесть переключений U, V, W .

В момент переключения фаз согласно таблице на рис. 2, обобщённый вектор $\overline{U_S}$ принимает положения $\overline{U_{S1}}, \overline{U_{S2}} \dots \overline{U_{S6}}$, представленные на рис. 3 радиусами, между которыми образуются секторы $S12, S23 \dots S61$. Длина радиуса пропорциональна модулю вектора.

В каждом секторе осуществляется ШИМ с периодом T_M по следующему алгоритму.

Включенные ключи в фазах			Вектор \vec{U}_s	
U	V	W	Положение	Велич. модуля
M	M	M	\vec{U}_{SM}	0
P	M	M	\vec{U}_{s1}	$\frac{2}{3}U_d$
P	P	M	\vec{U}_{s2}	
M	P	M	\vec{U}_{s3}	
M	P	P	\vec{U}_{s4}	
M	M	P	\vec{U}_{s5}	
P	M	P	\vec{U}_{s6}	
P	P	P	\vec{U}_{SP}	0

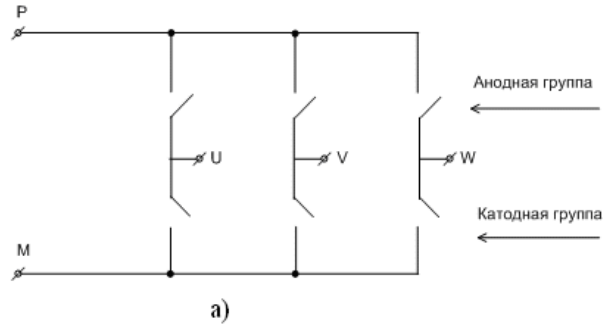


Рис.2 Метод векторной ШИМ
 а) схема инвертора на ключах;
 б) таблица состояний ключей,
 где: P=включен ключ в анодной группе;
 M=включен ключ в катодной группе.

В секторе S12:

первый полупериод $\left[0 \dots \frac{T_M}{2}\right]: U_{SM} \rightarrow U_{S1} \rightarrow U_{S2} \rightarrow U_{SP};$

второй полупериод $\left[\frac{T_M}{2} \dots T_M\right]: U_{SP} \rightarrow U_{S2} \rightarrow U_{S1} \rightarrow U_{SM}.$

На следующем периоде T_M операции повторяются.

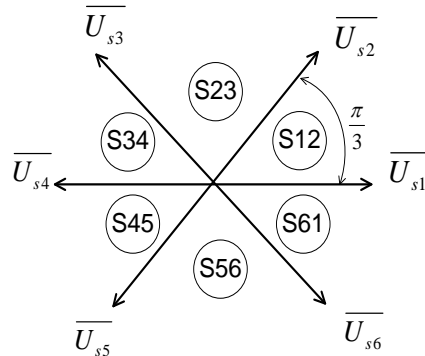


Рис. 3. Метод векторной ШИМ. Положения обобщённого вектора в моменты переключения фаз.

В секторе S23 соответственно:

$U_{SM} \rightarrow U_{S2} \rightarrow U_{S3} \rightarrow U_{SP}; U_{SP} \rightarrow U_{S3} \rightarrow U_{S2} \rightarrow U_{SM}$ и т.д.

В общем виде:

прямо $U_{SM} \rightarrow U_{Si} \rightarrow U_{Sj} \rightarrow U_{SP};$ обратно $U_{SP} \rightarrow U_{Sj} \rightarrow U_{Si} \rightarrow U_{SM};$
 $i=1 \dots 6, j=i+1,$ при $i=6 \quad j=1.$

Число периодов ШИМ в каждом секторе:

$$M = \frac{f_M}{6f_1}, \quad (5)$$

Рисунок 4 иллюстрирует механизм действия представленного алгоритма.

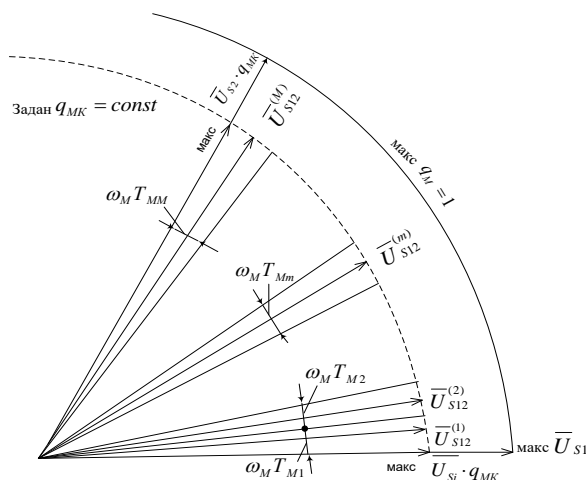


Рис. 4. Метод векторной ШИМ. Положения векторов импульсов в секторе S12.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 23875-88. Качество электроэнергии. Термины и определение.
2. ГОСТ 24607-88. Преобразователи частоты полупроводниковые Общие технические требования.
3. ГОСТ 13109-87. Электроэнергия. Требование к качеству электроэнергии в электрических сетях общего назначения.
4. Бедфорд Б., Хофт Р. Теория автономных инверторов. – М.: «Энергия». – 1969. – 280с.
5. Ковач К.П., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока. М-Л.: «Госэнергоиздат». – 1963.

УДК 621.313.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ В СУДОВОЙ ПРОПУЛЬСИВНОЙ УСТАНОВКЕ С КОМБИНИРОВАННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

С.Н. Сакалы, аспирант

Одесская национальная морская академия

В последние десятилетия в мире ужесточились требования по выбросу вредных веществ в окружающую среду. Для судов, в большей степени, это уменьшение количества окислов углерода, азота и серы (CO_2 , NO_x и SO_x) в продуктах сгорания топлива выпускаемых в атмосферу, и, соответственно, повышение эффективности его сжигания.

Одним из вариантов, предлагаемых для решения этих и других задач, является применение комбинированных двигателей и устройств утилизации теплоты выхлопных газов для генерирования электроэнергии [1].

Использование комбинированных главных двигателей (малооборотный дизель и тихоходная электрическая машина, расположены на одном валу) позволяет существенно повысить эффективность судовой пропульсивной

установки (СПУ) за счет расширения области ее допустимых режимов работы [2].

В литературе посвященной проектированию и эксплуатации комбинированных двигателей рассматриваются различные режимы работы электрической машины на валу дизеля. Однако, пока не встречается информация о возможности её использования в двигательном режиме с целью облегчения пуска дизеля.

При пуске дизеля первоначально необходимо создать большой момент для преодоления сил трения и сопротивления. Это особенно актуально для судов с винтом фиксированного шага (ВФШ) во время реверсирования при движении, когда винт работает как гидротурбина. В таком случае электрическую машину на валу используют для создания тормозного момента, и после этого производят пуск на сжатом воздухе. Расширение воздуха ведет к вредному переохлаждению деталей дизеля и как следствие – уменьшению надежности пуска и сокращению межремонтного срока эксплуатации.

Если во время пуска создать с помощью электрической машины дополнительный пусковой момент – то появляется возможность сократить количество воздуха подаваемого в цилиндры. То есть облегчить процесс пуска и снизить износ по причине переохлаждения деталей.

В настоящее время в комбинированных двигателях используются синхронные машины, что обусловлено их свойством генерировать реактивную энергию. Синхронные машины, в сравнении с асинхронными, имеют худшие пусковые характеристики[3]. Следовательно, в этом смысле, для создания дополнительного пускового момента при пуске дизеля, более предпочтительны последние.

Также при достаточном избытке электроэнергии, получаемой при утилизации теплоты выхлопных газов, ее можно подать на винт посредством асинхронной машины, которая в двигательном режиме применяется значительно чаще синхронной благодаря определенным конструктивным и эксплуатационным свойствам[3].

Наряду с достоинствами, применение асинхронной машины в судовом комбинированном двигателе, имеет существенные недостатки. В генераторном режиме она требует внешнего источника реактивной энергии. Из существующих источников можно выделить конденсаторные батареи, которые также во время стоянки судна можно использовать как компенсатор реактивной мощности.

Недостатком также является относительно большой диаметр машины. Синхронная частота вращения вала ротора асинхронных электродвигателей, при частоте питающей сети 50 Гц, определяется числом пар полюсов обмотки статора. Большая часть главных судовых малооборотных двигателей эксплуатируется в диапазоне частот вращения вала от 80 до 120 оборотов в минуту. Следовательно, чтобы установить асинхронную машину непосредственно на вал двигателя, число пар полюсов обмотки статора должно быть в промежутке от 25 до 36.

От количества полюсов электрической машины зависит внутренний диаметр статора:

$$D_{B.C} = \frac{2p\tau}{\pi}, \quad (1)$$

где $D_{B.C}$ - внутренний диаметр статора; τ - полюсное деление; p - число пар полюсов.

Увеличение внутреннего диаметра статора приводит к необходимости уменьшения его длины [3]. Катушки обмоток будут иметь меньшую длину активной части и большую лобовых частей, чем машина такой же мощности, но с меньшим количеством пар полюсов. При этом понизится коэффициент полезного действия и возрастет стоимость асинхронной машины из-за повышенного расхода активных материалов.

Кроме этого, в тихоходных электрических машинах ротор имеет большой маховый момент, что негативно сказывается на их динамических характеристиках. Однако, для комплекса дизель – электрическая машина на одном валу это наоборот позволит, при проектировании, уменьшить массу маховика, либо полностью его заменить.

ЛИТЕРАТУРА

1. RT-flex82T Marine Installation Manual / Wartsila engines // Issue June 2012. – p. 359.
2. Щербинин В.А. Особенности работы комбинированного двигателя в составе судовой пропульсивной установки /Луковцев В.С., Ханмамедов С.А., Щербинин В.А. // Судовые энергетические установки: науч.-техн.сб. – 2008. – Вып. 21. – Одесса: ОНМА. – С. 87-90.
3. Проектирование электрических машин. Под ред. Копылова И.П. –М.: Энергия, 1980, с. 480.

УДК 629.5.064.5

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛОКОННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

А.К. Сандлер, к.т.н., доцент
Одесская национальная морская академия

Анализ эксплуатации волоконно-оптических акселерометров (ВОА), в системах контроля и управления судовыми энергетическими установками показал недостаточную надежность и долговечность чувствительных элементов (ЧЭ) преобразователей. Снижение этих показателей ВОА обусловлено как воздействием мощных тепловых и вибрационных полей компактно расположенного энергетического оборудования, так и способом преобразования контролируемых механических колебаний в изменение параметров светового излучения. Вычислить и компенсировать влияние дестабилизирующих факторов (ДФ) сложно, поскольку для их определения требуется подробная информация о законах возмущения неконтролируемых параметров. Поэтому особенно важно детально исследовать вопросы совершенство-

вания характеристик ЧЭ акселерометров и повышения их инвариантности к ДФ [1].

В волоконных акселерометрах для преобразования параметров вибрации в изменение интенсивности светового излучения используют модуляционные эффекты двух классов: кинематические и фотоупругие [2].

К кинематическим относятся эффекты рассогласования апертур ВС и источника/приемника излучения, приводящие к модуляции интенсивности. Из-за низкой стойкости к ДФ открытых оптических поверхностей акселерометры, основанные на этих эффектах, распространение в судовой энергетике не получили.

Фотоупругие эффекты связаны с изменением эллипсоида показателей преломления вещества при механических деформациях. ВОА этого типа обычно дополняют промежуточными оптико-механическими устройствами, усиливающими влияние деформирующих воздействий на интенсивность излучения [3].

Характер взаимодействия оптико-механических устройств и ЧЭ заключается в создании микродеформаций на поверхности световода при его сжатии или изгибе. Микродеформации вызывают излучение части света из ВС и изменение мощности информационного сигнала.

Для анализа процесса генерации микродеформаций были проведены дополнительные экспериментальные исследования на стенде. В состав стенда были включены оптический рефлектометр, ВС, опорный блок, тест-стекла, опорный цилиндр, генератор механических колебаний, прерыватель, блок питания.

В ходе первой серии тестов отрезок ВС фиксировался на основном на опорном блоке между двумя тест-стеклами из шлифованного кварцевого стекла. К верхнему стеклу подводился генератор, продуцирующий колебания с частотой 130 с^{-1} . Радиус изгиба волокна до опорного блока и после устанавливался в пределах 30 мм. Время воздействия деформации сжатия на ВС – 240 часов. Эти показатели работы генератора были воспроизведены и в остальных тестах.

Во второй серии тестов волокно фиксировалось на цилиндре диаметром 20 мм и изгибалось в поперечном направлении.

В третьей серии на окончание ВС крепилась эксцентриковая масса с отражающим слоем. Само волокно крепилось к опорному блоку таким образом, чтобы эксцентриковая масса консольно выступала за пределы блока [3]. Механические колебания инициировали в ВС деформации кручения.

Результаты замеров затухания в ВС, зарегистрированных оптическим тестером, представлены на рис. 1.

Обработка экспериментальных данных показала следующее. При длительном времени взаимодействия деформера и ЧЭ, на поверхности последнего неизбежно возникают небольшие неоднородности, расположенные случайным образом.

Уровень затухания оптической мощности в волокне, обусловленный взаимодействием деформера и ЧЭ зависит от длины сопряжения элементов. Возникшие неоднородности инициируют неконтролируемое и труднопрогнозиру-

емое дополнительное снижение уровня информативного сигнала, а также являются причиной начала деструктивных процессов в материале самого ЧЭ.

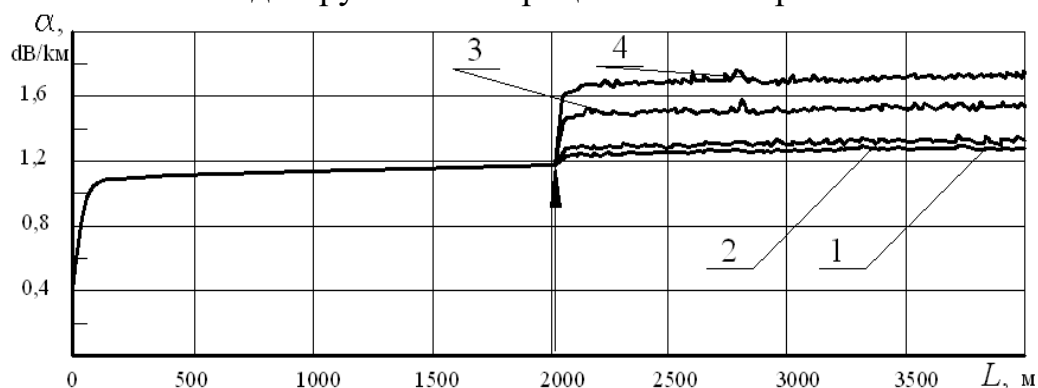


Рис. 1. Рефлектограмма уровня затухания оптической мощности в ВС: 1 – уровень затухания до начала теста; 2 – затухание при кручении; 3 – при изгибе; 4 – при сжатии

Таким образом, для ВОА наиболее рациональным представляется использование деформации кручения для преобразование параметров контролируемой вибрации в информативный сигнал. Этот вид деформации не нуждается в использовании дополнительных механических устройств тем самым устраняется причина ухудшения механико-оптических свойств ЧЭ и повышается надежность акселерометра в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов С.Ф. Теория виброустойчивости акселерометров. – М.: Машиностроение, 1991. – 272 с.
2. Гуляев, Ю.В., Меш, М.Я., Проклов, В.В. Модуляционные эффекты в волоконных световодах и их применение. - М.: Радио и связь, 1991. - 152 с.
3. Декларацийний патент України № 62437, МПК (2011) G01M 11/00. Інваріантний волоконний акселерометр/ заявники та володарі патенту А.К.Сандлер, О.А.Сандлер; заявл. 02.02.2011. // Опубл. 26.10.2011, бюл. № 18.

УДК 621.316.174:629.5.064.5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ НА СУДАХ

В.А. Дубовик, ст. преподаватель

Е.Е. Борисенков, курсант

Одесская национальная морская академия

Наиболее рациональным путем решения надежного обеспечения электроэнергией судовых потребителей, на наш взгляд, является судовой утилизационный комплекс (СУК) с валов-, турбо- и дизельгенераторами.

Транспортные суда с целью экономии топлива часто эксплуатируются на экономических ходах с соответственно низкими коэффициентами использова-

ния мощности главного двигателя (ГД). Соответственно снижение эксплуатационной мощности ГД приводит к уменьшению теплового потенциала его вторичных энергоресурсов. При этом эффективность систем утилизации (традиционных, комплексных) снижается вплоть до необходимости их отключения. Поэтому задача поддержания работоспособности и эффективности систем утилизации теплоты для обеспечения судна электроэнергией на различных режимах судовых дизелей совместно с утилизационным турбогенератором (УТГ) и валогенераторной установкой (ВГУ) является актуальной.

При эксплуатации комплексных систем утилизации недостаток теплоты в контуре высокотемпературной секции воздухоохладителя судового дизеля предлагается компенсировать с помощью парового подогревателя или параллельной работы вспомогательного котла (ВК) и утилизационного котла (УК). В этом случае пароводяная система является объединенной, что приводит к тому, что вспомогательный котел представляет собой одновременно сепаратор пара УК.

Однако существует недостаток, который приводит и к усложнению системы: 1) появление дополнительных элементов сепаратора пара УК, насосов, арматуры, трубопроводов; 2) автоматическое регулирование давления и температуры пара при параллельной работе котлов. В качестве повышения эффективности СУК можно использовать валогенераторные системы в сочетании с УТГ. Только при выборе мощности ГД должен быть учтен искусственный резерв мощности, которую ГД должен иметь для привода валогенератора. Поэтому судовой энергетический комплекс, состоящий из главного двигателя, утилизационного и вспомогательного котлов, утилизационного турбогенератора, валогенератора, дизельгенератора и оснащенный автоматизированной системой управления позволяет обеспечить электроэнергией судовые потребители на ходовых и маневренных режимах судна.

Судовая утилизационная установка с турбогенератором, биротативным асинхронным валогенератором и дизельгенератором позволяет расширить функциональные возможности системы за счет длительной параллельной работы [2]. Это позволяет обеспечить бесперебойность снабжения судовых потребителей электроэнергией и повысить надежность установки.

В целом, многообразие вариантов использования вторичных энергоресурсов главных двигателей и способов выработки тепловой и электрической энергии на судах не позволяет заранее утверждать какой из них будет лучшим в тех или иных условиях. Поэтому выбор для конкретного судна наиболее целесообразного варианта судовой утилизационной установки и электроэнергетической системы, ее параметров является актуальным и относится к классу оптимизационных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев В. К. Моделирование и оптимизация судовых утилизационных комплексов. - К., Одесса, 1989. - 200 с.
2. Голубев В. К., Дубовик В. А., Руденко Е. П. Судовая валогенераторная система. - 1991, Бюл. N 42.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАЧІ ПОТУЖНОСТІ В СУДНОВОМУ КОМБІНОВАНОМУ ПРОПУЛЬСИВНОМУ КОМПЛЕКСІ ПІД ЧАС УТРИМАННЯ ПОЗИЦІЇ

В.В.Будашко, к.т.н., доцент

І.Н. Тарасов, курсант

Одеська національна морська академія

Сьогодення зумовлює розвиток суднобудування у напрямку будівництва суден для офшорного флоту, який займається розвідуванням шельфу, укладкою кабелів та трубопроводів, заведенням якорів, поглибленням каналів тощо. Специфіка роботи таких суден потребує використання сучасних систем управління динамічного позиціонування (ДП). Системи ДП мають забезпечувати надійне неперервне утримання судна відносно заданої точки, або слідування судна по заданій траєкторії під час дії на нього різноманітних сил. Вибір способу позиціонування залежить від району, умов роботи судна та класу системи ДП.

У публікації *ІМО* (Міжнародна морська організація) «*MSC/Circ.645*, Керуючі принципи для суден з динамічними системами позиціонування», вироблені правила для класифікації систем ДП судів як класу 1, класу 2 і класу 3:

- системи ДП класу 1 не має надмірності. Втрата позиції може відбуватися при одиничній відмові;

- системи ДП класу 2 має надмірність, одиничний збій в активній системі ДП не призведе до відмови. Втрата позиції не повинна відбуватися з вини одного з активних компонентів або систем, таких як: генератор, двигун, дистанційно керовані клапани і т.д.;

- системи ДП класу 3 забезпечують утримання об'єкта над точкою позиціонування при одиничній відмові активних і пасивних елементів, що знаходяться в різних водонепроникних відсіках і протипожежних зон, в результаті затоплення, пожежі чи вибуху.

Отже, система ДП класу 3 повинна мати резервування, яке забезпечує утримання над точкою позиціонування при одиничній відмові елементів, що знаходяться в різних водонепроникних відсіках.

Альтернативою резервуванню є удосконалення систем управління і діагностики за допомогою яких унеможливаються непрогнозовані втрати судном позиції або здійснюється попередження про такі втрати.

Системи ДП зазвичай встановлюються на суднах з електричним рухом або на суднах з гібридними пропульсивними установками, наприклад, як показано на рис.1. До складу головної енергетичної установки входять: три дизель-генератори, два валогенератори, два підрулюючих пристрої тунельного типу і два малообертових дизелі, які працюють на один гвинт з двома бустерними електродвигунами.

Особливістю цієї схеми є використання для паралельної роботи на гвинт теплового і електродвигуна, що забезпечує більш стабільний момент і менші коливання частоти обертання при зміні режиму роботи судна.

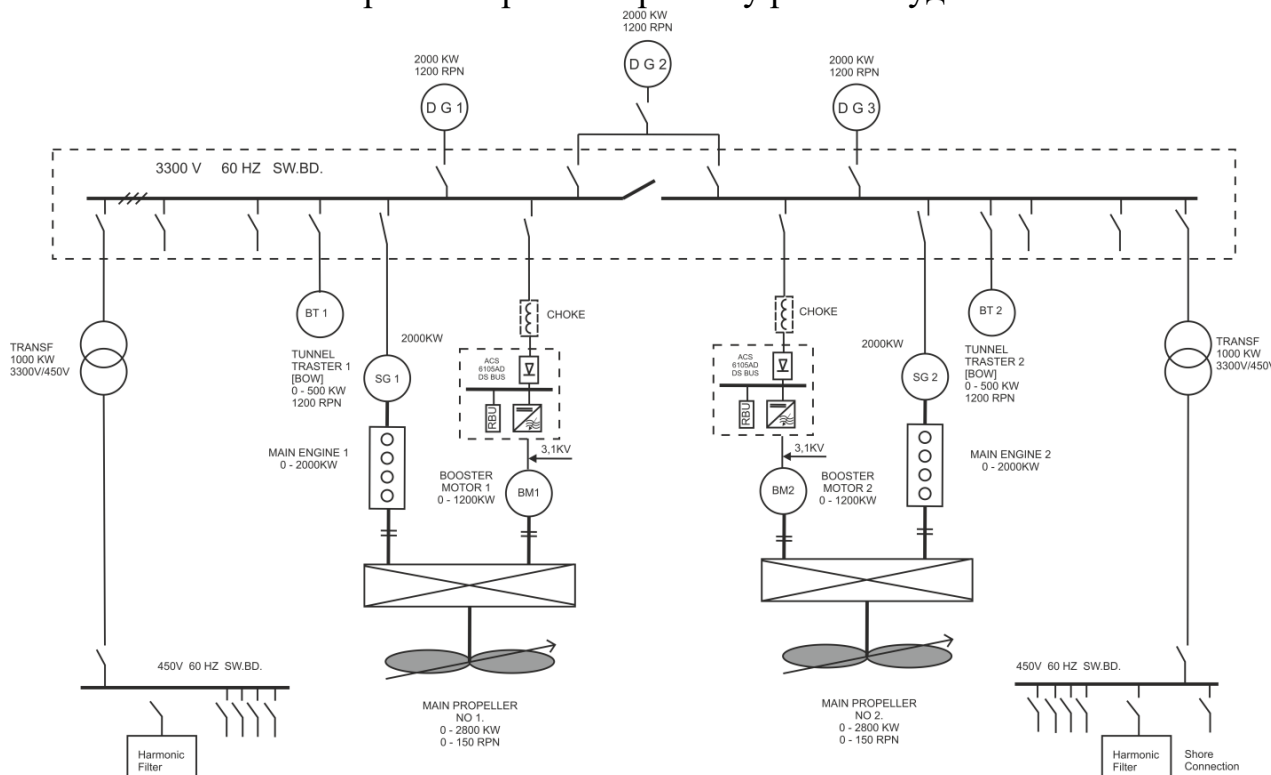


Рис.1. Енергетична установка з комбінованим пропульсивним комплексом.

Мета дослідження: підвищення ефективності передачі потужності від суднової електроенергетичної системи до рушіїв.

Предмет дослідження: процеси під час передачі потужності від джерел енергії до рушіїв у комбінованому пропульсивному комплексі.

Основною робочою гіпотезою є: зменшення енергетичних втрат і підвищення ефективності пропульсивного комплексу судна за рахунок удосконалення системи управління ДП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Будашко В.В. Підвищення ефективності передачі потужності в судових дизельних пропульсивних комплексах.: дисертація на здобуття наукового степеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.05 - судові енергетичні установки; Одеська національна морська академія. – Одеса, 2006.
2. Холодов Г.Г. Требования национальных морских классификационных обществ к работам на морских шельфах и системам ориентации судов, оснащенных системами динамического позиционирования, и их классификация // Вестник МГТУ. – 2010. - Том 13. - №4/1. – С. 712-718.
3. "ИМО MSC/Circ.645, Руководящие принципы для судов с динамическими системами позиционирования" http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D10015/MSCcirc645.pdf

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ

В. Г. Донской, к.т.н., доцент

Є. І. Юрченко, курсант

Одеська національна морська академія

Одним з основних питань, пов'язаних з підвищенням якості електроенергії на судні, розв'язуваних як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації систем, є питання про компенсацію реактивної потужності.

Проблема полягає в тому, що реактивна потужність, протікаючи по елементах електричної мережі, що володіє активним опором, викликає в них додаткові втрати потужності та електричної енергії. Крім того, перетоки реактивної потужності знижують пропускну спроможність ліній електропередач і трансформаторів, або змушують збільшувати перетин проводів, прокладку додаткових кабельних ліній, заміну трансформаторів на велику номінальну потужність.

Раціональна компенсація реактивної потужності в електромережах включає в себе широкий комплекс питань, спрямованих на підвищення економічності роботи електроустановок, поліпшення якості споживаної електроенергії і включають в себе методи вибору і розрахунку компенсуючих пристроїв, виходячи з умов виконання завдань енергосистеми, питання місця встановлення компенсуючих пристроїв та їх найвигіднішого розміщення, раціональної та безпечної експлуатації та захисту, ключові питання автоматичного регулювання реактивної потужності в електромережах.

Робочою гіпотезою є можливість удосконалення компенсації реактивної потужності в електроенергетичній системі за рахунок підбору оптимального варіанта розташування та складу засобів компенсації реактивної потужності для даної системи.

Реактивна потужність - частина повної потужності, що витрачається на електромагнітні процеси в навантаженні має ємкісну і індуктивну складові. Не виконує корисної роботи, викликає додатковий нагрів провідників і вимагає застосування джерела енергії підвищеної потужності.

При нормальних робочих умовах всі споживачі електричної енергії, чий режим супроводжується постійним виникненням електромагнітних полів (електродвигуни, обладнання зварювання, люмінесцентні лампи та ін) навантажують мережу як активної, так і реактивної складовими повної споживаної потужності. Ця реактивна складова потужності (далі реактивна потужність) необхідна для роботи устаткування містить значні індуктивності і в той же час може бути розглянута як небажана додаткове навантаження на мережу. Індуктивно реактивному навантаженні, створеному електричними споживачами, можна протидіяти за допомогою ємкісний навантаження, підключаючи точно розраховану батарею конденсаторів. Це дозволяє знизити реактивну потужність, споживану

від мережі і називається коригуванням коефіцієнта потужності або компенсацією реактивної потужності.

Переваги використання конденсаторних установок, як засобів для компенсації реактивної потужності:

- малі питомі витрати активної потужності;
- відсутність обертових частин;
- простий монтаж і експлуатація;
- можливість підбору будь-якої необхідної потужності компенсації;
- можливість установки і підключення в будь-якій точці електромережі;
- відсутність шуму під час роботи;
- невеликі експлуатаційні витрати.

Застосування установок компенсації реактивної потужності дозволяє вирішити низку проблем:

- знизити завантаження силових трансформаторів (при зниженні споживання реактивної потужності знижується споживання повної потужності);
- забезпечити живлення навантаження по кабелю з меншим перетином (не допускаючи перегріву ізоляції);
- за рахунок часткової струмового розвантаження силових трансформаторів і живильних кабелів підключити додаткове навантаження;
- дозволяє уникнути глибокої просадки напруги на лініях електропостачання віддалених споживачів;
- максимально використовувати потужність синхронних - генераторів;
- полегшити пуск і роботу двигуна (при індивідуальній компенсації);
- виключається генерація реактивної потужності в мережу;
- виключається поява в мережі перенапруги, оскільки немає перекомпенсації, можливою при використанні нерегульованих конденсаторних установок.

Експеримент проведений на лабораторному стенді ГРЩ фірми ASEA, і в інтерактивному інструменті для моделювання, імітації і аналізу динамічних систем – «MatLab Simulink»

ЛІТЕРАТУРА

1. Сергієнко Л. І., Миронов В. В. Електроенергетичні системи морських суден. М. Транспорт 1991.
2. Яковлев Г. Суднові електроенергетичні системи. Л. Судпромгиз. 1957.
3. Супронович Г. Поліпшення коефіцієнта потужності перетворювальних установок / пер. з польського під ред. Лабунцова В.А.. М.: Вища школа, 1985.
4. Кочкін В. І., Нечаєв О. П. Застосування статичних компенсаторів реактивної потужності в електричних мережах енергосистем. М. Изд. НЦ ЕНАС, 2000р.
5. Герман-Галкін Г., Комп'ютерне моделювання напівпровідникових систем в MATLAB 6.0. - СПб.: Корона принт, 2001. - 320с. 43 'Дьяконов В. П. Matlab 6/6.1/6.5 Simulink 4.5 в математиці і моделюванні. - М.: 2003.-214 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТИПОВОГО КОРРЕКТОРА НАПРЯЖЕНИЯ СУДОВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

В.Г.Донской, к.т.н., доцент

С.М.Бланковский, курсант

Одесская национальная морская академия

Актуальность темы. В настоящее время, когда на судах морского флота количество электропотребителей непрерывно растет, вопрос качества электроэнергии особо актуален. А так как самым распространенным источником энергии на судах является синхронный генератор, следовательно, одним из факторов качества электросети является ряд свойств регулятора напряжения.

Основной рабочей гипотезой является допущение о возможности улучшения качества и скорости работы типового корректора напряжения методом динамического программирования применительно к решению задач синтеза оптимальных законов (алгоритмов) управления, методом аналитического конструирования регуляторов, разработанный советским ученым А.М. Летовым.

Экспериментальная часть выполняется на типовом корректоре напряжения УБКМ, на лабораторном стенде «Исследование систем самовозбуждения судового синхронного генератора» на кафедре ЭО и АС ОНМА. Во время эксперимента предусмотрено снятие осциллограммы процессов происходящих в корректоре, во время сброса/наброса нагрузки, без корректирующего звена, затем осциллограммы работы системы возбуждения синхронного генератора, с установленной в схеме корректирующим звеном. Данная система будет промоделирована в среде MatLab, а также проведено сравнение результатов моделирования и эксперимента.

В результате эксперимента и моделирования ожидается, что время коррекции регулятора уменьшится-тем самым увеличится качество судовой электросети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко А.А., Стражмейстер В.А. Судовая электроавтоматика Учебник для вузов.-М: Транспорт, 1983.-368с.
2. Краснов В.В., Мещанинов П.А. Мещанинов А.П. Основы теории и расчета судовых электроэнергетических систем: моделирование для исследования специальных режимов: Учебное пособие.-Л.: Судостроение, 1989.-328 с.: ил.
3. Мещанинов П.А. Автоматизация судовых электроэнергетических систем. Л., «Судостроение», 1970. 368 стр.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С МАШИНОЙ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

В.Н. Васильев, к.т.н., профессор

А.С. Бурдужел, курсант

Одесская национальная морская академия

Кроме механической передачи энергии от главного двигателя к гребному винту, на судах применяется электрическая передача. В этом случае главный двигатель вращает установленный на одном валу с ним электрический генератор. Вырабатываемая им электрическая энергия передается по кабельным сетям к гребному электродвигателю, который соединен непосредственно с гребным винтом. Основной особенностью электропривода гребных винтов является отсутствие жесткой связи между главным двигателем, вращающим генератор, и движителем (винтом), приводимым в движение гребным электродвигателем. Механическая независимость главного двигателя и движителя создает ряд преимуществ строительного и эксплуатационного характера гребных электрических установок (ГЭУ) по сравнению с механической передачей.

На ряду с преимуществами ГЭУ, есть и ряд недостатков, таких как увеличение обслуживающего персонала, а следовательно, и увеличение эксплуатационных расходов; низкий коэффициент полезного действия установки в целом, что вызвано двойным преобразованием энергии механической в электрическую в генераторе и электрической в механическую в двигателе, а также потерей энергии в соединительных проводах и кабелях; большие массы, габаритные размеры и стоимость ГЭУ.

К. п. д. гребной электрической установки, включая все ее звенья от главного двигателя до движителя на 12—18 % ниже, чем при механической передаче.

В своей магистерской работе я рассмотрел ГЭУ, которая включает в свой состав высокооборотную машину двойного питания.

Целью работы является:

- решение задачи по повышению энергетической эффективности и улучшению эксплуатационных характеристик ГЭУ на базе применения машин двойного питания (МДП);
- необходимость разработать алгоритмов управления ГЭУ с машиной двойного питания.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

- синтезировать алгоритм оптимального управления МДП по критерию энергоэффективности;
- произвести оценку алгоритмов управления электромеханическими системами по критерию энергоэффективности и показать, что существует

управление, обеспечивающее максимальное значение показателей энергетической эффективности.

Практическая ценность исследования:

- установить, что использование МДП с идентичными параметрами статора и ротора позволит создать автоматизированную движительную установку с уменьшенными массогабаритными показателями и высоким показателем энергетической эффективности;
- показать, что АД с идентичными параметрами статора и ротора при оптимальных алгоритмах управления обладает лучшей энергоэффективностью по сравнению с другими видами электромеханических преобразователей, и позволяет развить двойную мощность при потерях энергии не превышающих номинальные.

По расчетам произведенным в магистерской работе было определено, что самым высоким показателем энергоэффективности обладает АД с фазным ротором:

$$\mathcal{E}_{max} = \frac{L_0}{2 \cdot \sqrt{R_1 \cdot R_2}} = 31,249 \quad (1)$$

Асинхронный электродвигатель при двойном питании обладает наилучшей энергетической эффективностью, а также позволяет при номинальной частоте питающего напряжения развивать двойную мощность.

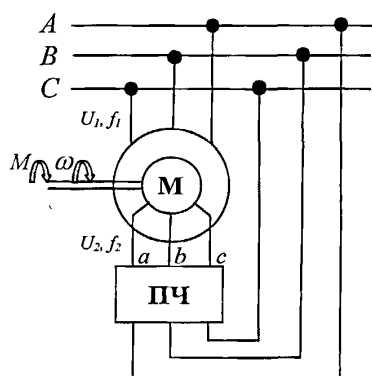


Рис.1 Общая схема двойного питания АД с фазным ротором

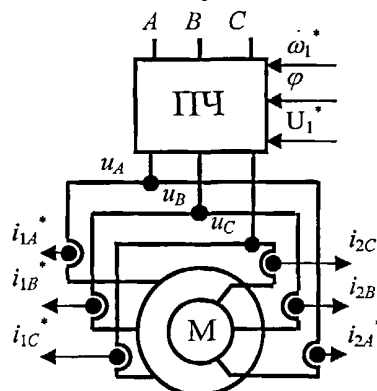


Рис.2 Схема питания АД с фазным ротором, позволяющая достигнуть наилучшей энергетической эффективности

В магистерской работе сделано экономическое обоснование модернизации ГЭУ, рассмотрены вопросы технической эксплуатации, а также вопросы охраны труда и охраны окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богословский. Судовые электроприводы. В двух томах.–Л.:Судостроение, 1983.–730 с.
2. Власенко А.А. Судовая электроавтоматика. – М. : Транспорт, 1983. – 368с.
3. Самонов Ф.А. Автоматизированные электроприводы и системы управления курсом судна. – Одеса: Моряк, 1989. – 39 с.
4. Сандлер А.С., Сарбатов Р.С. Частотное управление асинхронными двигателями. – Л.: Энергия,- 1966.-144с.
5. Скворцов Б.А., Лазаревский Н.А. Гребной электродвигатель переменного тока двойного питания с электромагнитной редукцией частоты вращения. – СПб.-2007.-С. 228-231.

МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СУДНОВИХ ДИЗЕЛЬ-ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОПУЛЬСИВНИХ КОМПЛЕКСІВ

В.В. Будашко, к.т.н., доцент
С.О. Савін, курсант
Одеська національна морська академія

Метою дослідження було: підвищення надійності, економічності і експлуатаційних характеристик суднового дизель-електричного пропульсивного комплексу (ДЕПК) шляхом вживання частотно-керованого асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором (АД) на лінії валу рушія.

Предмет дослідження: енергетичні процеси під час паралельної роботи малообертового дизеля (МОД) з допоміжним АД на лінії валу рушія.

Наукова гіпотеза: робочою гіпотезою є допущення про можливість зменшення енергетичних втрат у ДЕПК за допомогою частотно-керованого АД на лінії валу рушія.

Однією з допоміжних була задача: розробка математичної моделі АД на валу рушія, опис і дослідження його пускового режиму.

При математичному моделюванні було використано відомі моделі для таких компонентів як дизелі, генератори і електроприводи з пусковими характеристиками. Інші споживачі бути представлені по сукупному навантаженню. При цьому моделі було представлено у вигляді “вхід-вихід” для характеристики судна, рушія, дизелів, генераторів і електроприводів з пусковими характеристиками.

Контрольні функції фокусувались на виробництві потужності, тому достатньо складні динамічні моделі було використано для судна, рушія, дизелів, генераторів, і задовільно спрощені статичні моделі для стартових приводів і інших споживачів. Кінцева модель вийшла у формі просторового вектора, відповідного до функції контролюючого пристрою.

Моделювання потужності для дизелів, синхронних генераторів, модуля навантаження, який враховує взаємозв'язок генераторів, регуляторів частоти обертання, автоматичних регуляторів напруги, перетворювачів частоти і регулятору частоти обертання АД було здійснено на основі відомих моделей, але особлива увага була надана взаємодії МОД і АД.

При споживанні потужності при моделюванні пуску АД разом з іншим навантаженням, показано необхідність врахування активної і реактивної потужності для використання в модулі навантаження. ДЕПК складається з МОД, середньо-обертових синхронних дизель-генераторів (СОДГ), що забезпечують живленням основне навантаження, перетворювачів частоти (ПЧ) для живлення АД, PID регуляторів напруги і частоти обертання АД.

Оскільки моделювання проводилося у *MatLab/Simulink*, то спочатку необхідно було перевірити програмні віртуальні блоки *Simulink* вище згаданого па-

кету (наприклад: дизелі, асинхронні двигуни, синхронні генератори тощо) адекватності процесам у реальних об'єктах.

Для цього було створено лабораторну установку, де за допомогою цифрового запам'ятовуючого осцилографа фірми було знято пускові характеристики частотно-керованого АД 4A90L40M2 з'єднаним на лінії валу з асинхронним двигуном АМ з тормозною обмоткою.

Під час проведення експерименту проводилися пуски і переключення АД 4A90L40M2 зі швидкості на швидкість за допомогою ПЧ ATV28HU29N4, а також АМ з тормозною обмоткою імітували зміни крутильного моменту МОД (на силовій обмотці АМ) і гребного гвинта (на тормозній обмотці). Всі дані реєструвалися цифровим осцилографом і виводились на екран.

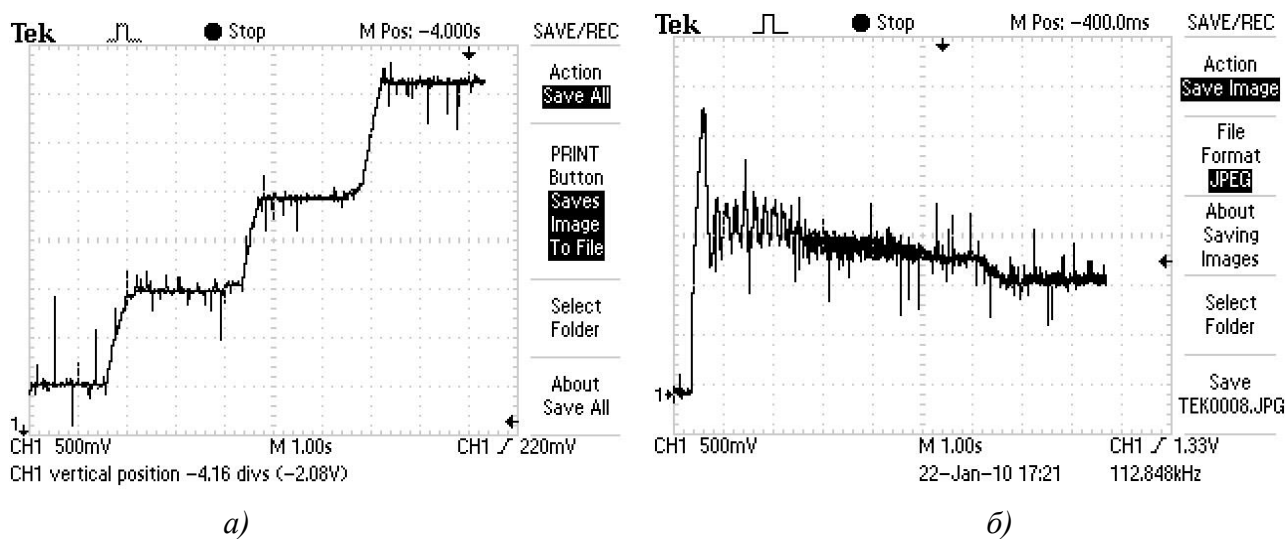


Рис. 1 Залежність частоти обертання ротору і електромагнітного моменту при розгоні АД 4A90L40M2 в функції часу, отримані з реального двигуна

Науковим результатом є: експериментальне підтвердження адекватності і відповідності моделі АД щодо реального об'єкту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будашко В.В. Підвищення ефективності передачі потужності в судових дизельних пропульсивних комплексах.: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.05 - судові енергетичні установки; Одеська національна морська академія. – Одеса, 2006.
2. J. F. Hanse, R. Lysebo. Comparison of electric power and propulsion plants for lng carriers with different propulsion systems // ABB AS (www.abb.com/marine).2007.– Oslo, Norway. 15 p.
3. Радченко А.П., Будашко В.В. Комбінована енергетична установка сучасного контейнеровоза // Судовые энергетические установки: наук.- техн. зб. – 2001.- № 6. – Одесса: ОГМА. – С. 90 – 96.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ АВАРИЙНОМ СНИЖЕНИИ ЧАСТОТЫ И НАПРЯЖЕНИЯ СУДОВОЙ СЕТИ

Л.В. Мельникова, к.т.н., доцент

С.Л. Петухов, курсант

Одесская национальная морская академия

Аварийные ситуации на судне, связанные с нарушением по каким-либо причинам работы судовой электроэнергетической системы могут привести к неуправляемости судна. К таким аварийным ситуациям можно отнести выход из строя одного из параллельно работающих дизель - генераторов (ДГ). В этом случае, если перегрузка будет составлять свыше 10 %, то второй ДГ не остановится, а перейдет к новому установившемуся режиму с частотой 0,75 номинальной и нагрузкой около 0,75 номинальной. При такой частоте, защита генераторов от перегрузки может не сработать [1]. Поэтому рассмотрение аварийного режима снижения частоты и напряжения на шинах электростанции, питающей судовые механизмы, требует особого внимания с точки зрения усовершенствования защиты генераторов от перегрузки.

Основными потребителями (до 70 % мощности всей судовой сети) являются асинхронные двигатели. Исследование работы асинхронных двигателей при аварийном снижении частоты и напряжения судовой электросети при внезапном изменении нагрузки является на сегодня актуальным. Как показывает судовая практика, для ликвидации такой аварии нужна точная синхронизация генераторов. Если она затруднена или невозможна, то генераторы отключают от шин ГРЩ [2], [3]. Чтобы избежать этого явления, необходимо совместно рассмотреть процессы, протекающие в генераторе и двигателе с целью получения алгоритма защиты генератора от перегрузки и выхода асинхронного двигателя из аварийного режима.

Выводы будут сделаны путем проведения расчетов, моделирования и получения экспериментальных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. См.: Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: Учебник для вузов.- М.: Транспорт, 1988. – 328 с.
2. См.: Луковцев В.С. Аварийное отклонение частоты в судовой электросети при внезапном изменении нагрузки //Судоходство, 2004, №7-8 – с.29.
3. См.: Луковцев В.С. Технические причины аварии теплохода «Лубны» //Судовождение: Сб. науч. трудов / ОГМА. – Вып.4.-Одесса: Латстар, 2002.-С. 58-63.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИМИ ГЕНЕРАТОРАМИ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.М. Гвоздева, д.т.н., профессор

А. А. Волошин, курсант

Одесская национальная морская академия

Основным источником электроэнергии в судовой электростанции (СЭС) являются синхронные генераторы. Ввиду переменной нагрузки основным режимом работы синхронных генераторов СЭС является их параллельная работа. Поэтому ввод подключаемого синхронного генератора в режим синхронизации представляет собой одну из наиболее ответственных операций в СЭС. В процессе синхронизации взаимодействуют сложные регулирующие динамические системы, выполняющие выравнивание напряжений и частот, определение момента включения генератора на шины, последующее распределение активных и реактивных мощностей. Несоблюдение условий синхронизации или неточности в настройке регулирующих систем являются причиной перегрузочных переходных процессов или приводят к неудачному завершению синхронизации. Поэтому задача исследования переходных процессов, возникающих при вводе на параллельную работу синхронных генераторов, методом математического и компьютерного моделирования является актуальной и важной для практического применения.

Моделированию процессов в судовых электроэнергетических системах уделено значительное внимание в известных литературных источниках [1–6]. Тем не менее, задача математического и компьютерного моделирования параллельной работы синхронных генераторов в составе СЭС еще не является решенной в полной мере.

Целью настоящей работы является обзор литературных источников, посвященных исследованию переходных процессов в судовых электроэнергетических системах с параллельно работающими генераторами и установление направления дальнейших исследований на основе математического моделирования СЭС с использованием современных программных средств.

В работах [1,2] рассмотрены особенности эксплуатации судовых электроэнергетических систем, в том числе автоматизированных, и их элементов. Статьи [3–6] посвящены исследованию динамических режимов работы синхронных генераторных агрегатов СЭС в режимах синхронизации. В частности, в [3] исследовано влияние настроечных параметров регулятора возбуждения синхронного генератора при включении генераторов в сеть с ненулевой разницей

частот и фаз. В [4] предложен критерий для оценки качества возникающих переходных процессов включения генераторов на параллельную работу. Работы [5,6] посвящены построению компьютерных моделей, позволяющих исследовать переходные процессы в судовых электроэнергетических системах с параллельно работающими генераторами.

В настоящее время наблюдается тенденция к значительному увеличению суммарной мощности потребителей СЭС. Это потребовало увеличения напряжения на шинах главных распределительных щитов, существенно изменились параметры генераторных агрегатов СЭС, повысились требования к надежности их работы. Характер динамических процессов в СЭС в значительной степени определяется структурой и параметрами автоматических регуляторов, и в меньшей – параметрами синхронных машин. Тем не менее, неидентичность характеристик синхронных генераторов одинаковой мощности (например, при неравномерной выработке ресурса) при их параллельной работе с сетью и вводе в режим синхронизации может привести к нежелательным переходным процессам. Поэтому представляется важным и необходимым для практики создание имитационной математической модели работы СЭС с параллельно работающими синхронными генераторами для исследования динамических режимов, а также аварийного режима короткого замыкания и срабатывания защиты.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение переходных процессов в многогенераторных электростанциях современных судов различных типов с использованием разработанной имитационной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев С.Г. Судовые электроэнергетические системы. – М.: Транспорт, 1988. – 223 с.
2. Эксплуатация электроэнергетических систем морских судов: Справочник / О.П. Хайдуков, А.Н. Дмитриев, Г.Н. Запорожцев. – М.: Транспорт, 1988. – 223 с.
3. Вишневецкий Л.В., Веретеник А.М., Муха Н.И., Козырев И.П. Моделирование включения синхронных генераторов в судовую сеть // Электромашинобудовання та електрообладнання. – К.: Техніка, 2006. – Вип. 66. – С. 201–204.
4. Вишневецкий Л.В., Веретеник А.М. Войтецкий И.Е. Выбор критерия для оценки процесса включения генераторов на параллельную работу // Автоматика. Автоматизация. Электро технические комплексы и системы. – 2007. – № 2(20). – С. 201–204.
5. Толстов А.А., Лещенко В.В., Логвиненко Е.С. Параллельная работа синхронных генераторов с возможностью регулирования коэффициента мощности // Судовые энергетические установки. – Одесса, 2008. – Вып.22. – С. 54–66.
6. [Геллер Б.Л.](#), Сулименко Н.В. Моделирование параллельной работы судовых синхронных генераторов в пакете VisSim // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2010. – № 18. – С. 160–166.

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ СУДОВОГО ГЛАВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.О. Дранкова, к.т.н., доцент

Н.И. Муха, к.т.н., доцент

В.Н. Волошин, аспирант

Одесская национальная морская академия

Эксплуатация сложных судовых технических систем и продление сроков их эксплуатации неразрывно связаны с системами прогнозирования технического состояния, которые оценивают и прогнозируют их фактическое техническое состояние в реальном масштабе времени [1]. В настоящее время прогнозирование технического состояния компонент судового главного двигателя (ГД) является достаточно актуальной задачей, так как, будущие явления или процессы, характеризующие изменение технического состояния компонент судового ГД, обладают большой значимостью для решений по управлению, принимаемых в настоящий момент времени [2].

В работе анализируется техническое состояние компонент ГД типа 7RT-flex 82С установленного на контейнеровозе 3500 TEU. Рабочие параметры главного двигателя получены с помощью судовой системы мониторинга и аварийно-предупредительной сигнализации. В литературных источниках [3, 4] показана принципиальная возможность использования следующих рабочих параметров для диагностики технического состояния компонентов судовых ГД: температуры выхлопных газов цилиндров, температуры зарубашечного пространства цилиндров главного двигателя, температуры газов после турбины.

Для процедуры нейросетевого прогнозирования была выбрана рекуррентная сеть, построенная на базе многослойного персептрона (рис. 1). Модель этой сети имеет единственный вход, который применяется к памяти на линиях задержки, состоящей из q элементов. Также она имеет единственный выход, замкнутый на вход через память на линиях задержки, состоящей из q элементов. Содержимое этих двух блоков памяти используется для задания входного слоя персептрона. Вход нейросетевой модели обозначен вектором $u(n)$, а соответствующий выход – вектором $y(n+1)$. Это характеризует рекуррентность сети и обозначает, что выход модели предупреждает ее вход на одну единицу времени [2].

Таким образом, вектор сигнала, подаваемый на вход персептрона, состоит из следующих окон данных:

- текущее и предыдущее значения входного сигнала: $u(n)$, $u(n-1)$, ..., $u(n-q+1)$, которые имеют внешнее происхождение относительно сети;
- значения выходного сигнала $y(n)$, $y(n-1)$, ..., $y(n-q+1)$ в предшествующие моменты времени, от которых зависит выход модели $y(n+1)$.

Из вышесказанного следует, что описанную рекуррентную сеть, можно рассматривать как модель нелинейной авторегрессии с внешними входами (NARX).

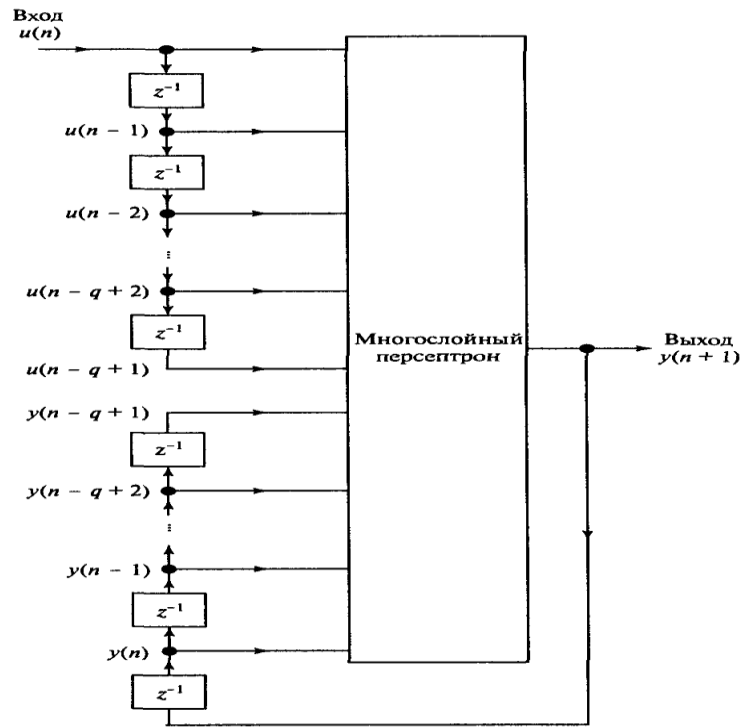


Рис.1. Модель нелинейной регрессии с внешними входами (NARX)

Динамика модели NARX описывается следующим образом:

$$y(n+1) = F(y(n), \dots, y(n-q+1), u(n), \dots, u(n-q+1)), \quad (1)$$

где F - некоторая нелинейная функция своих аргументов.

Обе памяти на дискретной линии задержки имеют размер q .

Рассматривая рекуррентную сеть с одним входом и одним выходом можно показать, что выход $y(n+q)$ выражается в терминах состояния $x(n)$ и вектора входных сигналов $u_q(n)$ следующим образом:

$$y(n+q) = \Phi(x(n), u_q(n)), \quad (2)$$

где q - размерность пространства состояний, а $\Phi: R^{2q} \rightarrow R$.

Предполагая, что данная рекуррентная сеть является наблюдаемой, можно применить теорему о локальной наблюдаемости и записать:

$$x(n) = \Psi(y_q(n), u_{q-1}(n)), \quad \text{где } \Psi: R^{2q-1} \rightarrow R^q. \quad (3)$$

Подставляя (2) в (1), получим:

$$y(n+q) = \Phi(\Psi(y_q(n), u_{q-1}(n)), u_q(n)) = F(y_q(n), u_q(n)), \quad (4)$$

где $u_{q-1}(n)$ содержится в $u_q(n)$ в качестве его первых $(q-1)$ элементов, а нелинейное отображение $F: R^{2q} \rightarrow R$ является композицией Φ и Ψ .

Перепишав выражение (4) в расширенном виде:

$y(n+q) = F(y(n+q-1), \dots, y(n), u(n+q-1), \dots, u(n))$ и подставляя вместо n выражение $n-q+1$, можно эквивалентно записать [5]:

$$y(n+1) = F(y(n), \dots, y(n-q+1), u(n), \dots, u(n-q+1)). \quad (5)$$

Переводя это выражение на язык слов, некоторое нелинейное отображение $F: R^{2q} \rightarrow R$ существует, посредством чего текущее значение выхода $y(n + 1)$ однозначно определяется в терминах прошлых значений выхода $y(n), \dots, y(n - q + 1)$ и текущего, а также прошлых значений входного сигнала $u(n), \dots, u(n - q + 1)$ [2].

Выбранная NARX сеть (рис.2) содержит 30 нейронов в скрытом слое с тангенциальной функцией активации и один нейрон в выходном слое с линейной функцией активации. Линии задержки по входному сигналу и сигналу обратной связи содержат по два значения. Обучение сети проводилось при помощи квазиньютоновского алгоритма Левенберга-Марквардта (trainlm) [6].

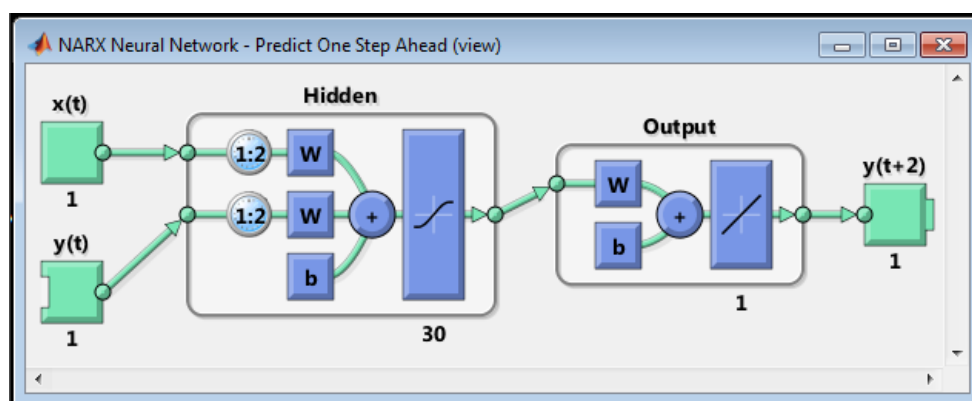


Рис.2. Архитектура NARX сети

В результате мониторинга параметров ГД при постоянных оборотах двигателя была создана выборка из 15 значений для температур выхлопных газов первого цилиндра, температур выхлопных газов пятого цилиндра, температур зарубашечного пространства первого цилиндра и температур газов после турбины. Пределы выбранных параметров следующие:

- температура выхлопных газов цилиндров не более 530 С°;
- температура воды зарубашечного пространства от 80 С° до 95 С°;
- температура газов после турбины не более 500 С°.

На (рис.3,4) розовый график - это статистические данные, по которым производилось обучение сети, синий график - это проверка работоспособности сети, зеленый график - это прогнозные значения параметров.

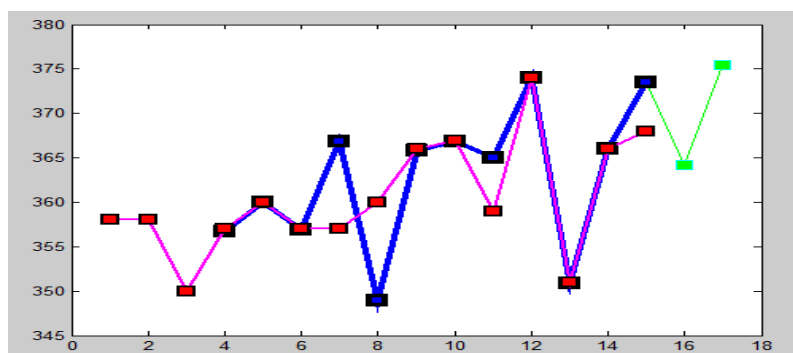


Рис.3. Результат прогноза температуры выхлопных газов первого цилиндра

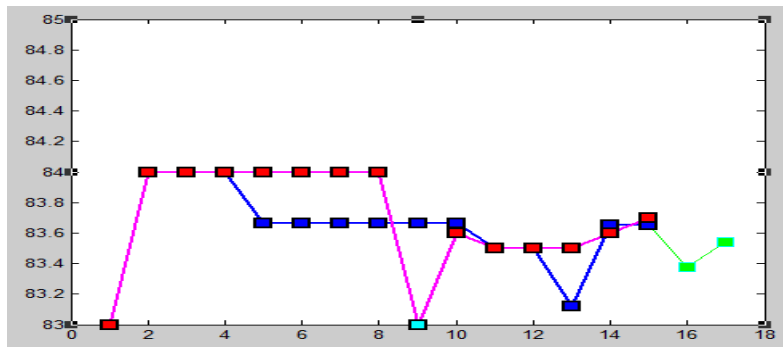


Рис. 4. Результат прогноза температуры зарубашечного пространства первого цилиндра

Из полученных графиков видно, что использование динамической нейронной сети типа NARX дает адекватный прогноз рабочих параметров на два шага вперед. Использование глобальной обратной связи позволяет значительно ослабить требования к объему обучающей выборки и следовательно к объему используемой оперативной памяти.

Проведенное исследование показывает, что рекуррентная сеть нелинейной авторегрессии с внешними входами позволяет описывать множество состояний рабочих параметров в реальном масштабе времени, что делает ее удобным средством для прогнозирования технического состояния и управления судовыми ГД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем – СПб.: Наука и Техника, 2003. – 384 с.
2. Саймон Хайкин, Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2006. – 1104 с. ил. – парал.тит. англ.
3. Денисов В.Г. Методы и средства технического диагностирования судовых энергетических установок: Монография. – Одесса: Фенікс, 2008. – 304 с.
4. Миська А.Р., Дранкова А.О., Глазева О.В. Диагностика технического состояния судовых дизель-генераторов во время эксплуатации // Електромеханічні і енергозберігаючі системи: Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2011. – Вип. 3 / 2011 (15). – С. 144 – 148.
5. Narendra K.S. Neural Networks for Identification and Control, NIPS 95, Tutorial Program, 1995, p. 1-46, Denver.
6. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. В.Г. Потеемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.

УДК 629.12.06:628.84

ВОЛОКОННА ОПТИКА В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСІВ ТЕРМОАДАПТАЦІЇ

Ю.М.Цюпко, к.т.н., доцент
Одеська національна морська академія

Домінуючими параметрами повітря середовища функціонування людини є температура, вологість і чистота, а також швидкість переміщення повітряних потоків і тиск.

Попередня теплова адаптація – це штучне підвищення теплової стійкості шляхом виконання дозованого фізичного навантаження людиною при низкій й високій температурі навколишнього середовища в холодні або жарких природних або штучних умовах. Таким чином, проблема забезпечення життєзабезпечення суднового персоналу прямо пов'язана з розв'язком такої задачі як оптимізація складу й режимів експлуатації системи кондиціонування повітря на основі достовірної інформації про параметри навколишнього середовища. Для забезпечення комфортних параметрів середовища проживання використовуються системи кондиціонування повітря, що включають крім сполучених систем вентиляції й обігріву, системи забезпечення вологості.

У значній мірі розробка й реалізація прогресивних способів керування системами кондиціонування стримується відсутністю ефективних засобів контролю температури.

Аналіз існуючих засобів контролю температури в системах кондиціонування показав таке.

Для ефективного контролю теплових параметрів системи підтримки комфортних умов необхідно створити волоконно-оптичний пірометр, у якому застосовані елементи, виконані з однорідних матеріалів, відсутня необхідність електричного живлення та одночасно збережені високий рівень чутливості флуорооптичних та швидкодія радіаційних пірометрів.

Для розв'язування поставленої задачі було запропоновано таке схемо технічне рішення волоконно-оптичного пірометра. Розроблений пристрій складається з сенсорного сферообразного елемента з халькогенідних інфрачервоних світловодів з дзеркальними торцями, волоконно-оптичних розгалужувачів, мультиплексора, демультиплексора, ліній зв'язку та пристрою обробки інформації, який відрізняється тим, конструкція сенсорного елемента дозволяє вести контроль температурних полів у всіх напрямках контрольованого об'єму приміщення без застосування пристрою двокоординатного обертання та електричних ліній живлення.

Суть роботи пристрою пояснюється кресленням (рис.1).

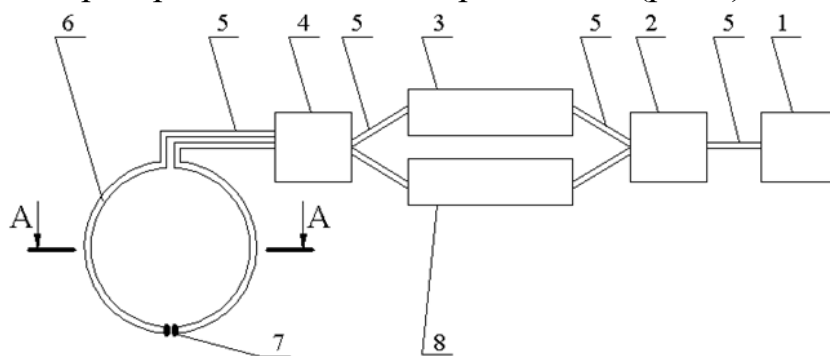


Рис.1. Волоконно-оптичний пірометр: 1 – пристрій обробки інформації, 2, 4 – волоконно-оптичні розгалужувачі, 3 – мультиплексор, 5 – волоконно-оптичні лінії зв'язку, 6 – сенсор-

ний сферообразний елемент з халькогенідних інфрачервоних світловодів, 7 – дзеркальний торець світловода, 8 – демультиплексор.

Пристрій обробки інформації 1, що по волоконними лініями зв'язку 5 та розгалуджувачам 2 направляє випромінювання на дискретних довжинах хвиль до мультиплексору 3 та через розгалуджувачі 4 до халькогенідних інфрачервоних світловодів 6. Останні змінюють під впливом температури свої оптичні якості і параметри випромінювання, що відбивається від дзеркальних торців 7 та через розгалуджувачі 4, 2 та демультиплексор 8 повертається до пристрою обробки інформації.

Халькогенідному склу, з якого виконано сенсорний світловод, притаманна лінійна залежність показника переломлення від температури навколишнього середовища. Таким чином, зміна температури буде викликати адекватну зміну співвідношень показників переломлення оболонки та серцевини світловода, тобто порушувати у ньому умови повного внутрішнього відбивання світла. За таких умов, частина випромінювання, що уведене до сенсорного світловоду, буде виводитися за його межі. Частина світла, що залишилася, буде відбиватися від дзеркального торця та повертатися по лінії зв'язку до пристрою обробки інформації. Інтенсивність зареєстрованої частки світла буде пропорційна величині вимірюваної температури. Порушення умов повного відбивання світла у світловоді знаходить своє відображення у зміні величини інтенсивності світлового випромінювання на визначеній довжині хвилі. Таким чином визначається не тільки величина виникаючої зміни температури, але й стає можливим точне позиціонування по азимуту джерела, що ініціює порушення теплового поля.

Застосування нової технічної реалізації первинного перетворювача температури може принести відчутні вигоди як у суднових умовах, так і взагалі в плані складних енергетичних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голиков, В.А., Цюпко, Ю.М. Управление судовым микроклиматом в системах кондиционирования воздуха. //Автоматизация судовых технических средств: науч. – техн. сб. -2004 – Вып.9 – Одесса: ОНМА. – С.16-25
2. Цюпко, Ю.М., Сандлер, А.К. Температурный контроль процессов термоадаптации // Автоматизация судовых технических средств. – Одесса: ОНМА. – 2006. – Вып.11. – с. 94-100.

УДК 621.317:621.314.1

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ РЕАКТИВНОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАГРУЗКИ В ЦЕПЯХ ТРЕХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В.Н.Захарченко, д.т.н., профессор

С.С. Павленко, аспирант

И.В.Гельман, курсант

Одесская национальная морская академия

Расчет реактивной проводимости нагрузки b требует определения текущих действующих значений напряжения генератора $U(t)$, тока нагрузки $I(t)$ и угла $\varphi(t)$ между векторами напряжения \bar{U} и тока \bar{I} .

В трехфазной сети мгновенные значения напряжения $u(t)$ и тока $i(t)$ в каждой фазе изменяются по гармоническому закону. Обобщенные вектора напряжения \bar{U} и тока \bar{I} вращаются с частотой ω относительно неподвижных обмоток статора генератора. Проекция этих векторов на геометрические оси фазных обмоток определяют мгновенные значения переменных $u_a(t)$, $u_b(t)$, $u_c(t)$ и $i_a(t)$, $i_b(t)$, $i_c(t)$:

$$u_a(t) = U_m \sin(\omega t); u_b(t) = U_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}); u_c(t) = U_m \sin(\omega t + \frac{4\pi}{3});$$

$$i_a(t) = I_m \sin(\omega t); i_b(t) = I_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}); i_c(t) = I_m \sin(\omega t + \frac{4\pi}{3}),$$

где U_m , I_m - модули (длины) обобщающих векторов напряжения и тока.

При гармонических формах мгновенных значений переменных $u(t)$ и $i(t)$ действующие значения переменного напряжения $U(t)$ и тока $I(t)$ пропорциональны их амплитудным значениям $U_m(t)$ и $I_m(t)$:

$$U(t) = \frac{U_m(t)}{\sqrt{2}} \text{ и } I(t) = \frac{I_m(t)}{\sqrt{2}}.$$

На основании этого величину реактивной проводимости в цепях с малыми нелинейными искажениями можно вычислять, определяя длины векторов напряжения и тока:

$$b = \frac{I(t) \sin \varphi(t)}{U(t)} = \frac{I_m(t) \sin \varphi(t)}{U_m(t)}.$$

Длины векторов напряжения и тока удобно определять по их проекциям на перпендикулярные оси α и β , рис. 1:

$$|\bar{U}| = U_m = \sqrt{u_\alpha^2 + u_\beta^2} \text{ и } |\bar{I}| = I_m = \sqrt{i_\alpha^2 + i_\beta^2}.$$

В реальных цепях трехфазного тока для измерений нам доступны фазные напряжения и токи фаз А, В и С, которые можно рассматривать как проекции векторов на пространственные оси трехфазных обмоток, смещенные друг относительно друга на $\frac{2\pi}{3}$ радиан. Рассмотрим возможности вычислений проекций векторов на оси α и β , используя фазные величины по осям А, В и С. При этом ось α будем считать совпадающей с осью фазы А, т.е. $u_\alpha = u_a$ и $i_\alpha = i_a$.

Рассмотрим три возможности для вычисления проекций векторов напряжения на ось β .

1. По известным величинам двух фазных напряжений u_a и u_b определить величину проекции на ось β , рис. 1, а.

Введем вспомогательные проекции u_1 и u_2 . Из рис. 4, а следуют соотношения:

$$u_\beta = u_1 + u_2 = \frac{u_b}{\cos(\pi/6)} + u_a \operatorname{tg}(\pi/6) = \frac{2u_b}{\sqrt{3}} + \frac{u_a}{\sqrt{3}} = \frac{u_a + 2u_b}{\sqrt{3}}.$$

2. Если известны напряжения u_a и u_c , то проекция вектора напряжения на ось β может быть определена из рис.1, б:

$$u_1 = -u_c - u_2; \quad u_\beta = u_1 \cos(\pi/6); \quad u_2 = (u_a - u_\beta \operatorname{tg}(\pi/6)) \sin(\pi/6).$$

Откуда получим $u_\beta = (-u_c - (u_a - u_\beta \operatorname{tg}(\pi/6)) \sin(\pi/6)) \cos(\pi/6).$

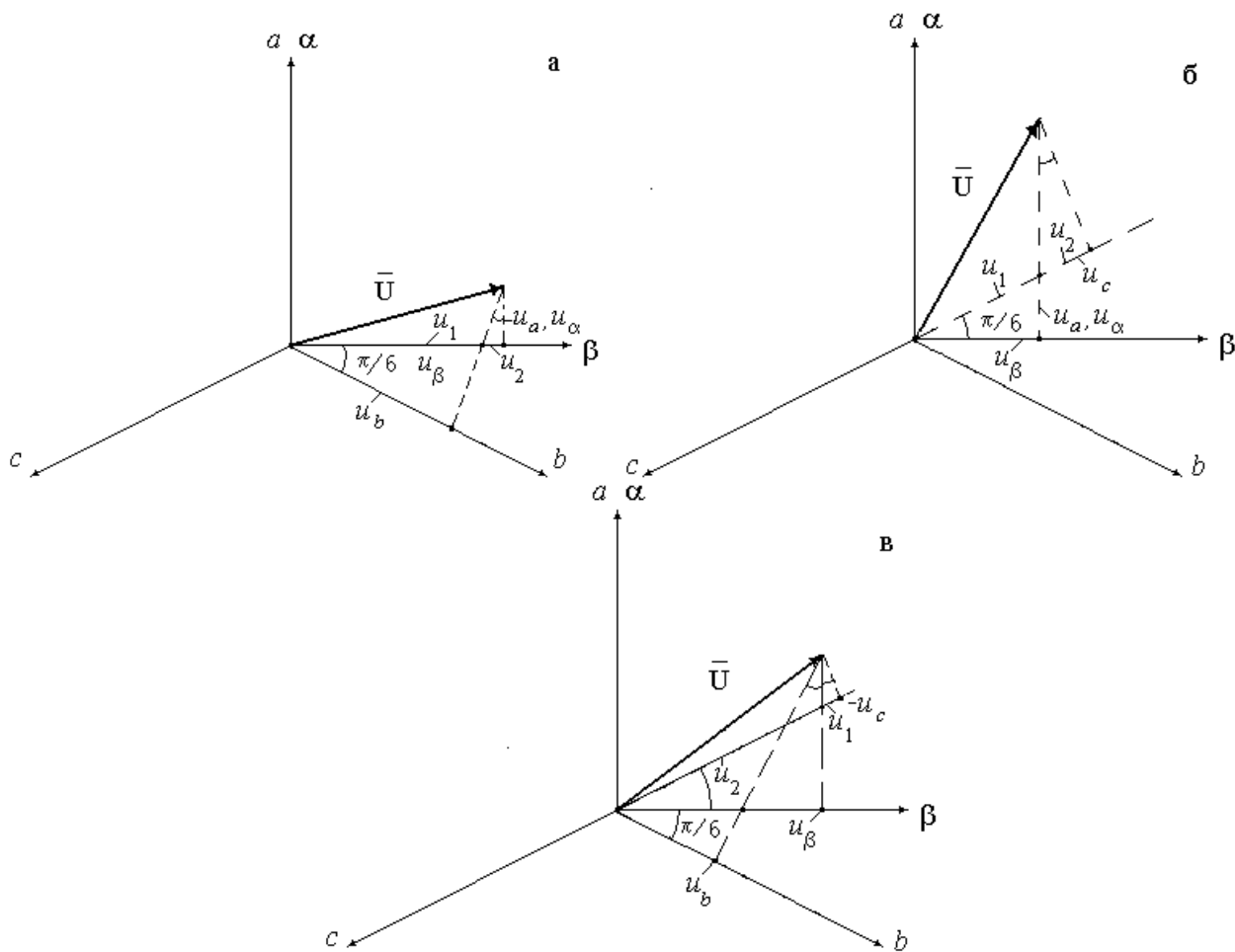


Рис. 1 Определение проекции вектора напряжения \bar{U} на ось β

Подставим значения тригонометрических функций аргумента $\frac{\pi}{6}$:

$$u_\beta = (-u_c - (u_a - u_\beta \frac{1}{\sqrt{3}}) \frac{1}{2}) \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ или } 4u_\beta = -2\sqrt{3}u_c - (u_a \sqrt{3} - u_\beta);$$

$$u_\beta = (-2u_c - u_a) / \sqrt{3}; \quad u_\beta = -\frac{u_a + 2u_c}{\sqrt{3}}.$$

3. По известным фазным напряжениям u_b и u_c определим проекцию u_β , рис.1, в:

$$u_1 = -u_c - u_2 = -u_c - \frac{u_\beta}{\cos(\pi/6)} = -u_c - \frac{2u_\beta}{\sqrt{3}};$$

$$u_1 = \left((u_\beta - \frac{u_b}{\cos(\pi/6)}) \operatorname{ctg}(\pi/6) - u_\beta \operatorname{tg}(\pi/6) \right) \sin(\pi/6) =$$

$$= \frac{1}{2} \left(u_\beta - \frac{2u_b}{\sqrt{3}} \right) \sqrt{3} - u_\beta \frac{1}{2\sqrt{3}} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2\sqrt{3}} \right) u_\beta - u_b;$$

$$\text{Откуда получим } \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2\sqrt{3}} \right) u_\beta - u_b = -u_c - \frac{2u_\beta}{\sqrt{3}};$$

$$u_b - u_c = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} + \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2\sqrt{3}} \right) u_\beta = \sqrt{3} u_\beta \text{ и } u_\beta = \frac{u_b - u_c}{\sqrt{3}}.$$

Итак, в зависимости от измеряемых фазных напряжений, проекции обобщенного вектора напряжения на перпендикулярные оси α и β равны:

$$u_\alpha = u_a; \quad u_\beta = -\frac{u_a + 2u_c}{\sqrt{3}} \quad u_\beta = -\frac{u_a + 2u_c}{\sqrt{3}} \quad u_\beta = \frac{u_b - u_c}{\sqrt{3}} = \frac{u_{bc}}{\sqrt{3}}.$$

Аналогичные выражения связывают проекции обобщенного вектора тока \bar{I} на оси α и β :

$$i_\alpha = i_a; \quad i_\beta = -\frac{i_a + 2i_c}{\sqrt{3}} \quad i_\beta = -\frac{i_a + 2i_c}{\sqrt{3}} \quad i_\beta = \frac{i_b - i_c}{\sqrt{3}} = \frac{i_{bc}}{\sqrt{3}}.$$

По проекциям векторов напряжения и тока на перпендикулярные оси α и β легко определить их длины U_m и I_m , а также угол между ними, рис. 2:

$$\varphi(t) = \varphi_u(t) - \varphi_i(t) = \operatorname{arctg}\left(\frac{u_\beta}{u_\alpha}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{i_\beta}{i_\alpha}\right).$$

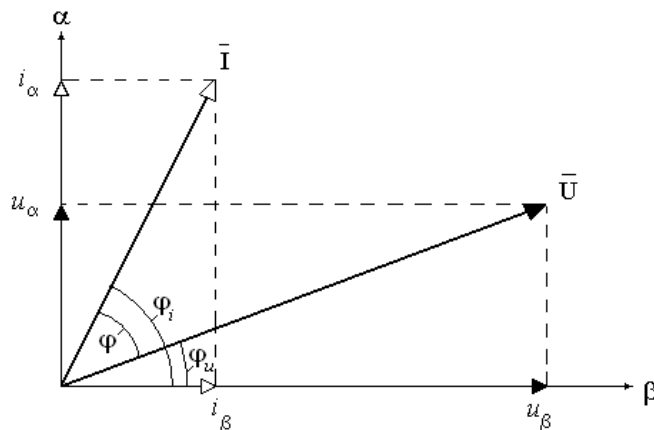


Рис. 2 Определение угла между векторами напряжения и тока

Зная текущие значения длин векторов напряжения $U_m(t)$ и тока $I_m(t)$, а также угла между ними $\varphi(t)$, можно рассчитать мгновенное значение реактивной проводимости цепи переменного тока $b(t)$.

Расчетное значение текущей проводимости b и среднее значение проводимости b_{dat} за период переменного тока приведено на рис. 3.

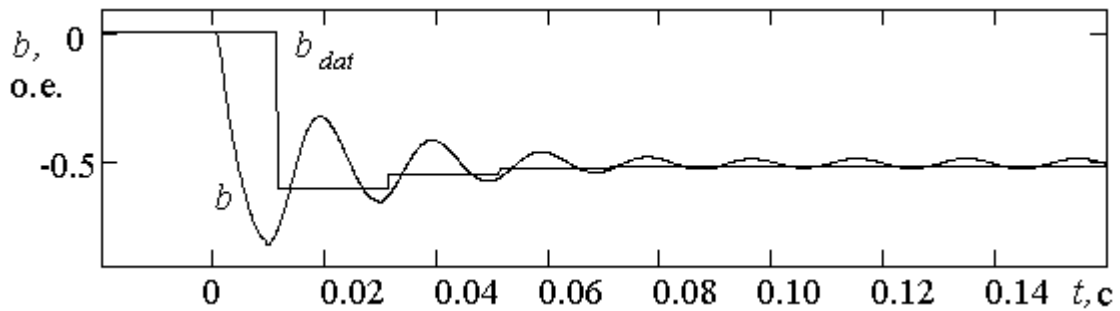


Рис. 3 Изменение текущей и средней проводимости пускаемого электродвигателя в начальный момент пуска

Вывод.

Для обработки информации, необходимой для измерений, контроля и управления реактивной мощностью в цепи трехфазного переменного тока возможно использование контролера с четырьмя аналого-цифровыми преобразователями двух фазных напряжений и двух фазных токов, знание которых позволяет по приведенным выше выражениям вычислить текущее значение проводимости b и ее среднее значение за период переменного тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новгородцев А.Б. Теоретические основы электротехники. 30 лекций по теории электрических цепей: Учебное пособие. 2-е издание. – СПб.: Питер, 2006.-576 с.: ил.
2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник. - 10-е изд. – М.: Гардарики, 2002.- 638 с.:ил.

УДК [62–83 ≅ 62–58]: 621.313.33

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНО - РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА КОМПЛЕКСУ ВИВАНТАЖЕННЯ БАЛКЕРА

В.С. Петрушин, д.т.н., професор
Д.О. Васютін, курсант
Одеська національна морська академія

Дослідження частотно-регульованого електродвигуна комплексу вивантаження балкера водотоннажністю 40000 тонн.

На судах в системах вивантаження балкерів використовуваний двошвидкісний електропривід не може забезпечити повноцінну механізацію та автоматизацію процесів вивантаження. Складні умови роботи таких електроприводів (велика різноманітність вантажів і необхідних швидкостей руху) вимагають плавного регулювання швидкості робочого органа. Тому доцільно використовувати частотне регулювання АД по системі «перетворювач частоти – асинхронний двигун».

Розроблено комплексну математичну модель всіх елементів електромеханічної системи, виконано моделювання системи за допомогою програмного забезпечення DimasDrive [3].

Проаналізовано різноманіття режимів роботи конвеєра. З метою апробації програми DimasDrive були проведені експериментальні та теоретичні дослідження роботи асинхронного двигуна АИР71АУ3 і отримані розрахункові робочі характеристики розімкнутої системи транзисторний «ПЧ – АД» з законом $U / f = \text{const}$ [4].

Зняті експериментально залежності на вході АД – $U_1, I_1, P_1, Q_1, n = f(M)$ і на вході транзисторного ПЧ – $U', I', P', Q', \cos\phi_1' = f(M)$ в розімкнутій системі транзисторний ПЧ-АД при наступних частотах: 25, 45, 65 Гц (рис.1).

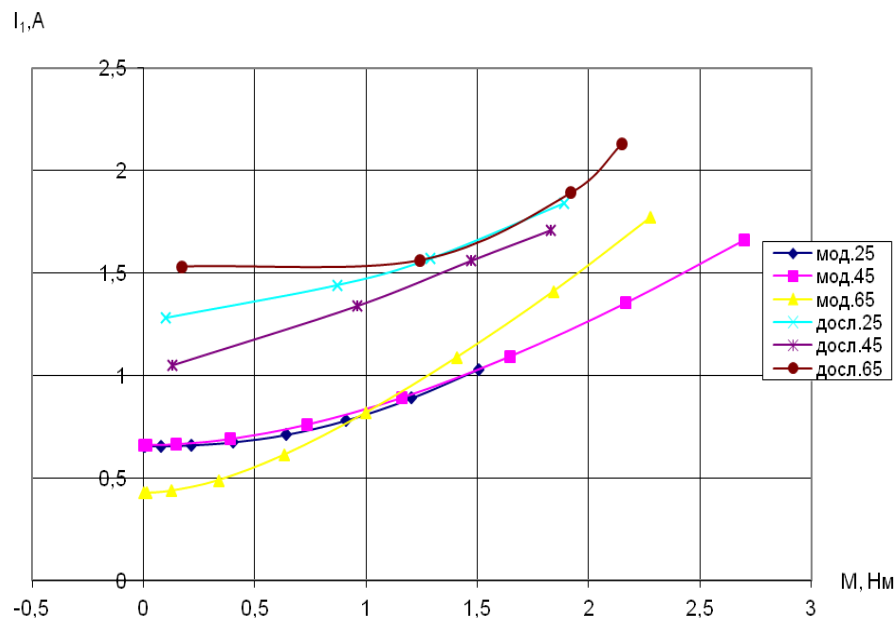


Рис.1. Робоча характеристика $I_1 = f(M)$

За результатами досліджень були розраховані і побудовані сімейства робочих характеристик АД – $P_1, I_1, P_2, \eta, \cos\phi_1, \chi, n = f(M)$ для заданих частот (рис.2,3).

Сімейства робочих характеристик $P_1, I_1, P_2, \eta, \chi, \cos\phi_1 = f(M)$ для різних значень коефіцієнта зміни частоти k_f зображені у тих же системах координат, що й експериментальні робочі характеристики.

За результатами досліджень і моделювання можна зробити висновок, що застосування частотного регулювання АД по системі «перетворювач частоти – асинхронний двигун» в системах вивантаження балкерів забезпечить енергоємність, ресурсомісткість, а також підвищить продуктивність та автоматизацію процесів вивантаження.

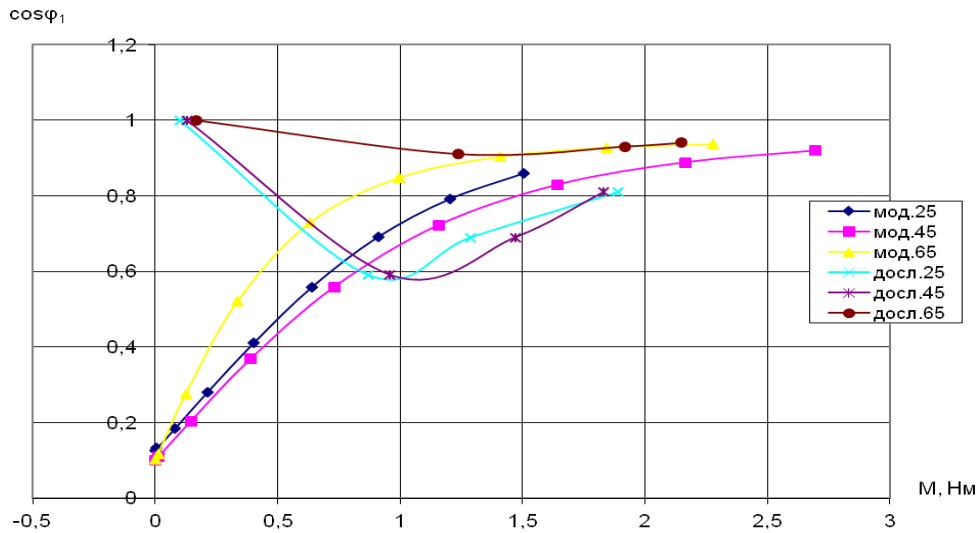


Рис.2. Рабочая характеристика $\cos \varphi_1 = f(M)$

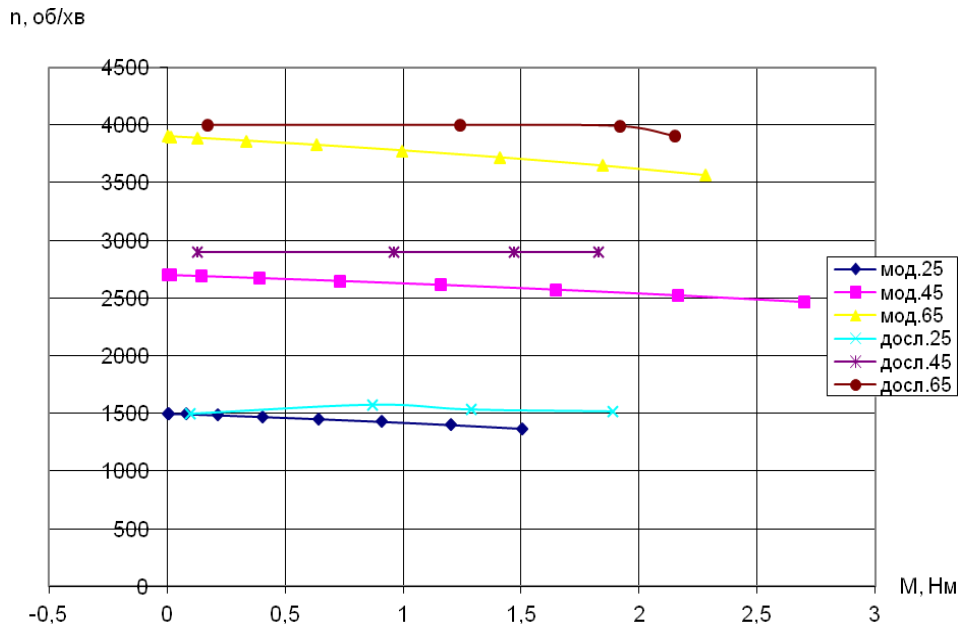


Рис.3. Рабочая характеристика $n = f(M)$

ЛІТЕРАТУРА

1. Герман – Галкин С. Г. Силовая электроника. Лабораторные работы на ПК / Учитель и ученик, КОРОНА принт, 2002. – 304 с.
2. Горбань Р. Н., Янукович А. Т. Современный частотно-регулируемый электропривод / Санкт – Петербургская Электротехническая Компания, 2002. – 94 с.
3. Петрушин В.С., Рябинин С.В., Якимец А.М. Программный продукт “DIMASDrive”. Программа анализа работы, выбора и проектирования асинхронных короткозамкнутых двигателей систем регулируемого электропривода (свидетельство о регистрации программы ПА №4065). Киев: Министерство образования и науки Украины, Государственный департамент интеллектуальной собственности, 26.03.2001.
4. Петрушин В.С. Учебное пособие "Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе" / Одесса: Наука и техника, 2006. – 320 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАВНОГО ПУСКУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЯКІРНО-ШВАРТОВНОГО ПРИСТРОЮ УНІВЕРСАЛЬНОГО СУХОВАНТАЖНОГО СУДНА

В.С. Петрушин, д.т.н., професор

Р.І. Куделькін, курсант

Одеська національна морська академія

Дослідження плавного пуску електродвигуна якірно-швартовного пристрою універсального суховантажного судна водотоннажністю 20 тис. тонн.

В даний час в деяких судових електромеханічних системах доцільно здійснювати плавний пуск асинхронних короткозамкнених двигунів. Одним з найбільш ефективних і дешевий перетворювачів, що дозволяють здійснювати плавний пуск, є, тиристорний перетворювач напруги (ТПН).

У роботі розглядається плавний пуск двигуна приводу якірно-швартовного пристрою універсального суховантажного судна водотоннажністю 20 тис. тонн. Модернізований за рахунок використання ТПН якірно-швартовні пристрій включає в себе елементи, математичні моделі яких складають комплексну математичну модель. За допомогою отриманої комплексної математичної моделі розраховуються різні експлуатаційні характеристики асинхронного двигуна. Дослідження були проведені при аналізі плавного пуску електродвигуна 4АХ80А6У3.

На рис.1 представлені результати теоретичних (суцільною лінією) і експериментальних (пунктиром) досліджень - струму, споживаного двигуном, і розрахункового електромагнітного моменту при пуску двигуна.

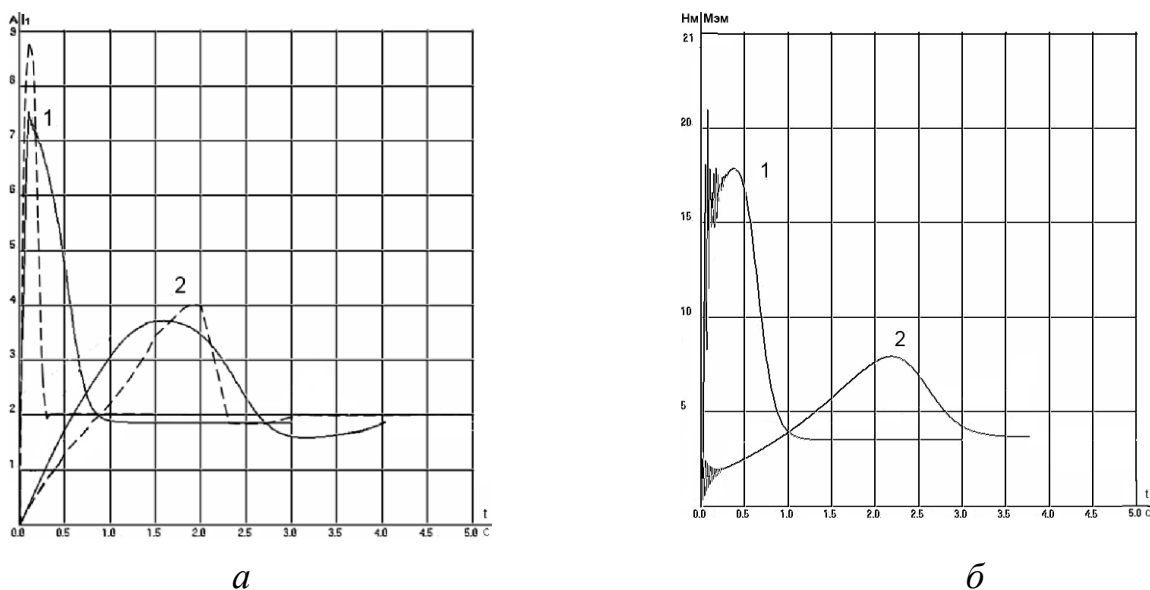


Рис.1. Струм, споживаний двигуном (а) і розрахунковий електромагнітний момент (б) двигуна при пуску: 1 - прямий пуск; 2 - плавний пуск за допомогою ТПН.

На рис.2, а, б представлені результати теоретичних та експериментальних досліджень - ККД і споживаної потужності двигуна при пуску.

Отримані залежності споживаної потужності і ККД дозволяють розрахувати значення втрат електричної енергії, витраченої за час пуску.

Результати розрахунків втрат, визначених на основі моделювання, представлені в таблиці.

Модернізований якірно-швартовний пристрій в порівнянні з існуючим має ряд переваг, у тому числі і енергозберігаючі.

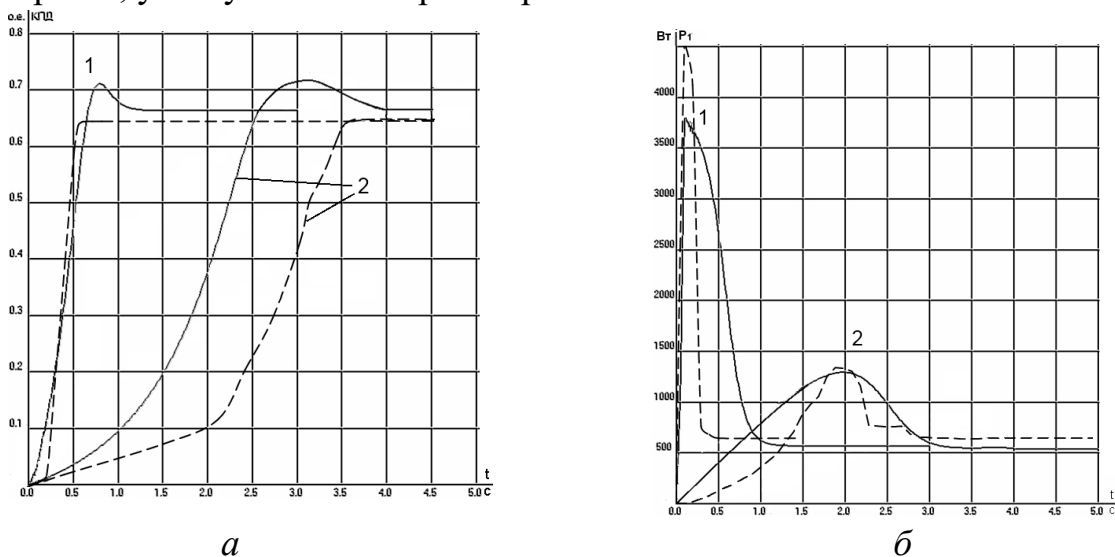


Рис.2. Зміни ККД і споживаної потужності двигуна при пуску:
1 - прямиий пуск; 2 - плавний пуск за допомогою ТПН.

Таблиця 1 - Енергетичні показники різних способів пуску

Показники	Спосіб пуску АД	Прямий	За допомогою ТПН
Середнє значення споживаної двигуном потужності, Вт		1605	985
Середнє значення ККД двигуна, о.е.		0,422	0,263
Втрати електричної енергії, Вт·с		928	725

ЛІТЕРАТУРА

1. В.С. Петрушин, А.М. Якимец, В.В. Ермолаев. Сравнительный анализ различных способов пуска асинхронного короткозамкнутого двигателя // Проблемы автоматизованого електропривода. Теория й практика. – Кременчук: КрНУ, 2012 – Вип. 3/2012 (19). – С. 242-245.
2. Петрушин В.С., Рябинин С.В., Якимец А.М. Программный продукт „DIMASDrive”. Программа анализа работы, выбора и проектирования асинхронных короткозамкнутых двигателей систем регулируемого электропривода (свидетельство о регистрации программы ПА№4065). Киев: Министерство образования и науки Украины. Государственный департамент интеллектуальной собственности, 26.03.2001.
3. Петрушин В.С. Учебное пособие "Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе" // Одесса, Наука и техника, 2006, 320 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ МАРКИРОВОЧНЫХ НАДПИСЕЙ

А.О. Дранкова, к.т.н., доцент

Е.В.Ткаченко, к.т.н., доцент

Одесская национальная морская академия

Разработки в области распознавания символов в настоящее время все чаще ведутся с использованием нейросетевых технологий. Созданное многообразие структур современных нейронных сетей и алгоритмов их обучения в данной области подтверждают актуальность разработок [1,2]. Основной проблемой в области распознавания символов является проблема распознавания искаженных символов в исходном пространстве. Под искаженным символом понимается символ с наличием помех различного типа и интенсивности, а также символ с неполным описанием (рис. 1).

Основное внимание данной работы сосредоточено на исследовании эффективности сети обратного распространения и иерархического нейросетевого метода для распознавания контейнерных маркировочных надписей в реальных условиях.

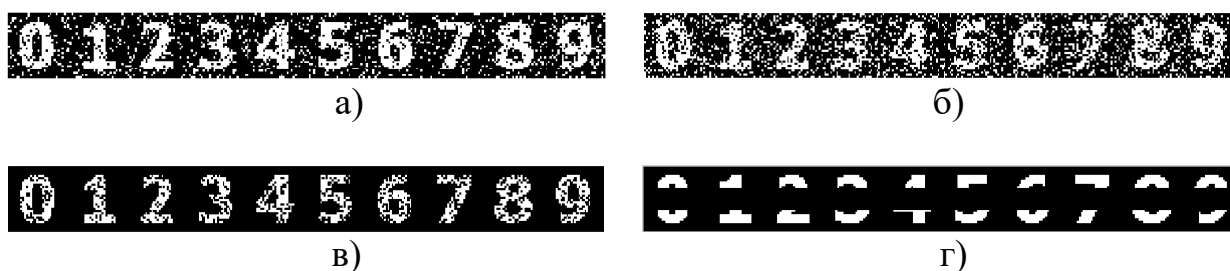


Рис. 1. Искаженные символы при: а – наличии нормального гауссовского шума ($c/w=5$); б – наличии импульсной помехи ($c/w=5$); в – наличии мультипликативного шума ($c/w=5$); г – удалении средней трети символа

В рассматриваемой задаче сеть обратного распространения выступает как классификатор искаженных символов. Моделирование процедуры классификации проводилось на 2-х слойной нейронной сети (НС), с сигмоидальными функциями активации в скрытом и выходном слоях. Для подстройки весовых коэффициентов использовался алгоритм сопряженных градиентов Полака-Рибейры [3]. Так как сеть обратного распространения обладает хорошей обобщающей способностью, то она была обучена на нескольких копиях искаженных символов при различном отношении сигнал/шум.

Результаты распознавания искаженных символов при использовании сети обратного распространения позволили сделать выводы, что данную сеть целесообразно использовать при наличии шумов не более 20% (табл. 1) и удалении не более 10% символа.

Для уменьшения вероятности ошибки распознавания при наличии шумов большей интенсивности предлагается использовать иерархический нейросетевой метод, основанный на совместном применении сети Хопфилда и сети обратного распространения. В данном методе сеть Хопфилда выступает как блок предобработки для восстановления символа по его неполной или зашумленной версии [4].

Таблица 1 – Вероятность ошибки распознавания в процентах при использовании сети обратного распространения

Отношение сигнал/шум	10	9	8	7	6	5
Вид шума						
Нормальный гауссовский шум	3	4	7	9	11	13
Импульсная помеха	6	9	11	17	21	25
Мультипликативный шум	0	0	0	2	4	5

Для моделирования иерархического нейросетевого метода создано программное обеспечение, реализующее предлагаемый метод по следующему алгоритму распознавания [4]:

1-й этап – предварительная обработка. Входные изображения символов преобразуются в двумерные (бинарные) числовые массивы, где точке символа, ставится в соответствие значение «1», а точке фона – значение «0» (рис. 2). Эти массивы используются в качестве эталонов для обучения сети Хопфилда и сети прямого распространения;

2 –й этап – создание дискретной НС Хопфилда. Количество входов и выходов сети соответствуют размеру входного изображения символа;

3 – й этап – создание НС обратного распространения. Число входов равно размеру входного изображения символа, а число выходов – количеству распознаваемых классов символов. Число нейронов в скрытом слое устанавливается экспериментальным путем;

4 – й этап – этап распознавания. Искаженный символ подается на входы обученной сети Хопфилда. В результате на выходе сети получаем символ с минимальными искажениями. Этот символ в свою очередь подается на входы обученной сети обратного распространения. На выходе сети получаем номер класса символа.



Рис. 2.Эталонные изображения символов

Результаты распознавания искаженных символов при использовании иерархического нейросетевого метода позволили значительно уменьшить вероятность ошибки распознавания (табл. 2), а также получить вероятность ошибки распознавания при удалении 30% символа не более 2%.

Таблица 2 – Вероятность ошибки распознавания в процентах при использовании иерархического нейросетевого метода

Отношение сигнал/шум	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Вид шума										
Нормальный гауссовский шум	0	0	0	0	0	0	0,03	0,25	0,86	6,44
Импульсная помеха	0	0	0	0	0,05	4,76	11,35	18,48	27,12	40,06
Мультипликативный шум	0	0	0	0	0	0	0,005	0,011	0,023	0,037

В данной работе в качестве примера для иллюстрации результатов распознавания с помощью иерархического нейросетевого метода использованы изображения контейнеров, и соответственно их маркировочные надписи, полученные в реальных условиях с контейнерного терминала порта Роттердам (рис. 3). На зашумленность и искажения маркировочных надписей контейнеров влияли разрешающая способность регистрирующего устройства, освещенность, погодные условия, качество маркировочной надписи [5].



Рис. 3. Изображение контейнера (а) и маркировочная надпись (б)

На этапе предварительной обработки изображения маркировочной надписи контейнера было проведено корректное выделение отдельных символов маркировочной надписи, с последующими нормализацией (приведение к единому размеру) и бинаризацией символов (рис. 4).

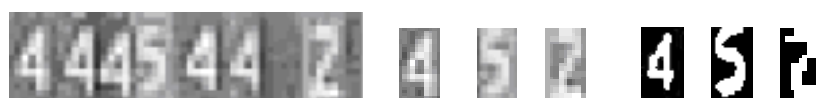


Рис. 4. Нормализованные и бинаризованные символы

Использование вышеописанного иерархического нейросетевого метода для распознавания маркировочных надписей контейнеров позволило получить вероятность правильного распознавания не менее 97% при различной зашумленности входного изображения.

Полученный результат распознавания позволяет рекомендовать данный метод для распознавания различных символов при наличии шумов значительной интенсивности. Такой результат распознавания стал возможен за счет применения на первом этапе сети Хопфилда, которая позволяет получать на выходе образ максимально приближенный к эталону, что говорит о высокой инвариантности сети к искажениям. При этом время распознавания не увеличивается, так как сеть прямого распространения обучается только на эталонных представителях классов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского.– М.: Финансы и статистика, 2004.– 344 с.
2. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ.– М.: издательский дом «Вильямс», 2006.– 1104 с.
3. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. В.Г. Потеемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.
4. Дранкова А.О., Голубенко А.В., Ткаченко Е.В. Применение нейронной сети Хопфилда для распознавания символьных знаков.– Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій: Матеріали науково-практичної конференції. Том 1.– Херсон: Видавництво Херсонського морського інституту, 2006.– С.62-66.
5. Дранкова А.О., Ткаченко Е.В. Моделирование иерархической системы распознавания для автоматизации процесса регистрации контейнерных номеров.– Радіоелектроніка. Інформатика, Управління. ЗНТУ, Запорізький національний технічний університет.– 2006.– Випуск 3.– С.74-78.

УДК 629.5.064.5+629.5.035.5-83

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГЭУ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

В.С. Петрушин, д.т.н., профессор

С.В. Дариенко, курсант

Одесская национальная морская академия

На некоторых судах специализированного назначения (ледоколы, буксиры, рыболовецкие, гидрографические) применяются гребные электрические установки (ГЭУ) с преобразователем частоты (ПЧ), работающие на гребные асинхронные двигатели (АД).

Для детального анализа работы АД в ГЭУ необходимо создать комплексную математическую модель [1], включающую модели всех составляющих. С помощью математической модели требуется выполнить поверочный расчет выбора двигателя и преобразователя с использованием моделирования нагрузочного устройства – гребного винта специализированного судна, а также исследовать многовариантную комбинацию ПЧ-АД с соответствующими настройками ПЧ. Целесообразно также рассмотреть безредукторное исполнение ГЭУ.

В результате анализа будут получены регулировочные характеристики двигателя для разных эксплуатационных режимов, представляющие собой зависимости электрических, энергетических, тепловых, механических величин от частоты в требуемом диапазоне регулирования. Кроме того, целесообразно рассмотреть динамические режимы работы АД. Проведенные исследования дадут возможность оценить технико-экономические показатели ГЭУ переменного тока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе: Учеб. Пособие / В.С. Петрушин. – О.: Наука и техника, 2006. – 320 с.

УДК 681.518.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОЙ СЕТИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В.А. Завадский, к.т.н., профессор
Р.Ю. Харченко, ст. преподаватель
Одесская национальная морская академия

Научные исследования [1] показали, что применение пассивных методов идентификации объекта управления в САУ не всегда эффективно, поэтому практически во всех реально работающих интеллектуальных системах управления используются методы активной идентификации. Применение подобных методов связано с определенным ухудшением точности управления во время проведения процедур идентификации и адаптации. Соответственно возникает научная проблема оптимизации самой процедуры идентификации, что сводится к повышению степени адекватности полученной математической модели. Предложена система интеллектуального управления представленная на рисунке 1 и состоит из идентификатора, производящего аппроксимацию переходной характеристики, и оптимизатора, в котором производится расчет значений настроечных параметров регулятора.

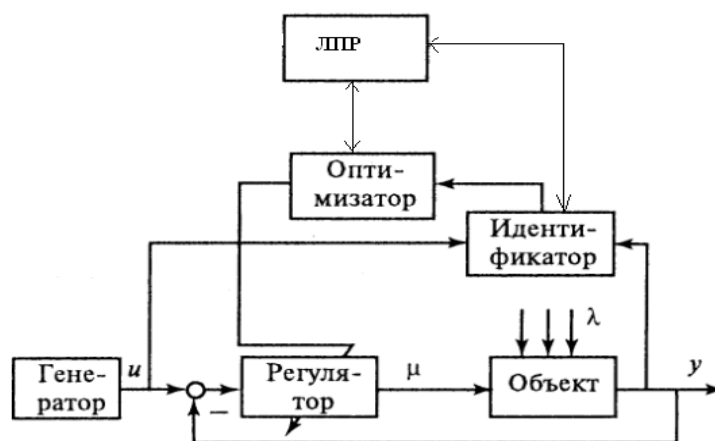


Рис.1 Структура интеллектуальной системы управления

Для облегчения процесса настройки идентификатора и оптимизатора, а также возможности введения адаптации всего процесса управления, рекомендуется воспользоваться математическим аппаратом систем искусственного интеллекта.

Для решения поставленной задачи предлагается применить апробированный научный подход – теорию гибридных сетей [2] (адаптивных сетей с нейро-нечетким выводом), наличие в ней нечеткой логики, реализованной алгоритмом Сугено, позволит ЛПР проводить настройку идентификатора и оптимизатора, используя опыт и интуицию в прогнозировании траектории переходного процесса (кривой разгона).

Для апробации предложенного подхода применяется редактор ANFIS программы MatLab [2,3]. При наличии обучающей выборки значения выходного параметра объекта регулирования (y) по времени (t) представлены на рисунке 2.

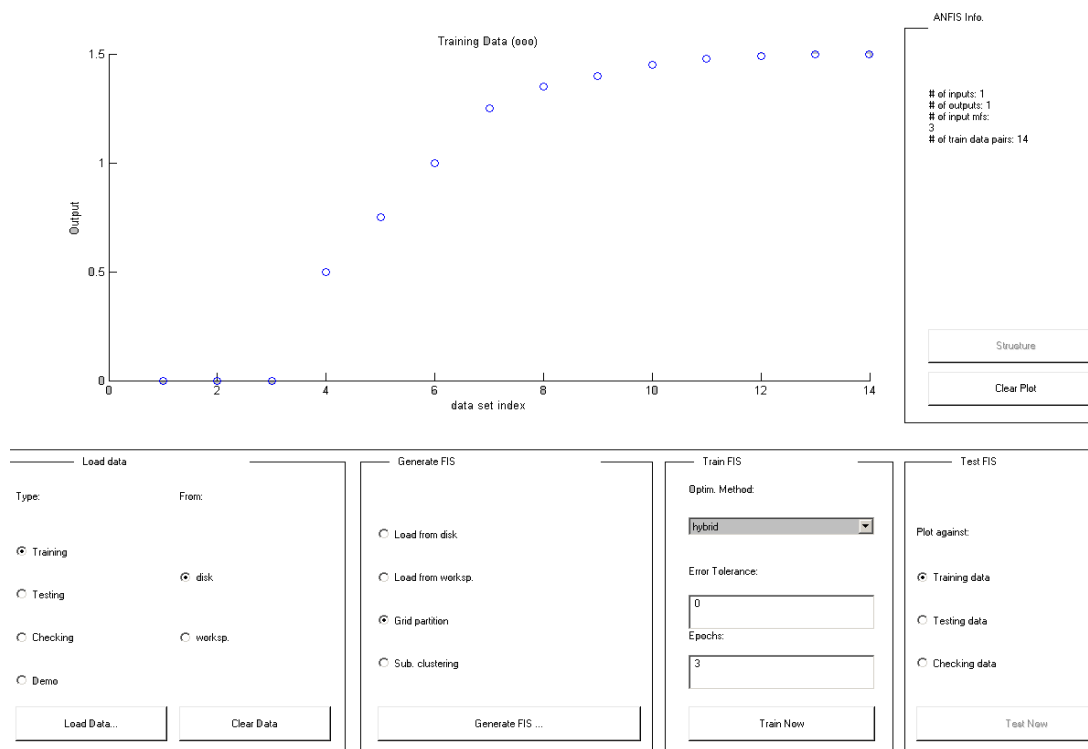


Рис. 2 Кривая разгона в интерфейсе ANFIS

Использование аппарата гибридных сетей, в которых выводы производятся на основе теории нечетких множеств, успешно позволяют провести идентификацию объектов даже функционирующих в условиях неопределенности. В качестве дальнейшего исследования можно предложить реализацию оптимизатора также на основе аппарата ГС. Интеллектуальный оптимизатор будет производить подстройку регулятора. А регулятор, в свою очередь, может использовать как типовые законы (ПИ, ПИД), так и нейронную сеть или нечеткий алгоритм Мамдани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ротац В.Я. Теория автоматического управления. М.: МЭИ, 2008 – 396 с.
2. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. – С. – Птб.: БХВ, 2003. – 720 с.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ И КПД ИСТОЧНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА

О.В. Глазева, к.т.н., доцент

А.В. Очеретный, курсант

Одесская национальная морская академия

Основными характеристиками источников постоянного тока являются электродвижущая сила (ЭДС) E , внутреннее сопротивление r , полезная мощность $P_{\text{полезн.}}$ и коэффициент полезного действия (КПД) η .

Измерение ЭДС источника тока с помощью вольтметра, подключенного к его полюсам, неизбежно сопровождается погрешностью, обусловленной падением напряжения на внутреннем сопротивлении источника:

$$U_{AB} = I \cdot R = E_x - I \cdot r \quad (1)$$

где U_{AB} – показание вольтметра, R – его сопротивление, r – внутреннее сопротивление источника тока.

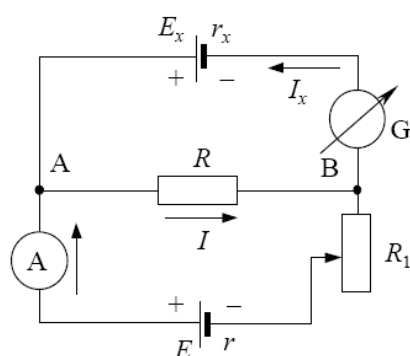


Рис.1

Таким образом, для определения истинного значения ЭДС необходимо, чтобы ток в цепи источника отсутствовал. Использование компенсационного метода измерения (рис.1), при наличии чувствительного гальванометра (нуля) позволяет достичь точности до 0,1% от измеряемой величины. С помощью переменного сопротивления R_1 добиваются того, что ток I_x , текущий через участок цепи $AExB$ становится равным нулю.

Тогда, получим:

$$E_x = I \cdot R \quad (2)$$

Когда показания гальванометра равны нулю, искомая ЭДС компенсируется падением напряжения на участке ARB и может быть определена по формуле (2). При таком методе измерения ЭДС источника тока, его внутреннее сопротивление не оказывает влияния на точность измерения.

При замыкании ЭДС E с внутренним сопротивлением r на внешнюю цепь с сопротивлением R , полная мощность электрического тока в цепи, будет состоять из мощностей, выделяемых на внешней и внутренней её частях.

$$P = E \cdot I = R \cdot I^2 + r \cdot I^2 \quad (3)$$

При практическом использовании источника тока важна не только мощность, но и его коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн.}}}{P} = \frac{R \cdot I^2}{R \cdot I^2 + r \cdot I^2} = \frac{R}{R + r} \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что коэффициент полезного действия источника тока монотонно возрастает от нуля до единицы при увеличении сопротивления

нагрузки R от 0 до ∞ . Следовательно, оптимальный режим источника тока должен быть откорректирован по максимальному значению полезной мощности. Один из способов такой коррекции заключается в экспериментальном исследовании зависимости полезной мощности и коэффициента полезного действия источника от сопротивления нагрузки R .

Для экспериментального определения ЭДС и КПД источника была разработана измерительная установка на основе компенсационного метода измерения, электрическая схема которой приведена на рис.3. В качестве переменного сопротивления использован магазин сопротивлений. Дополнительным источником тока служит регулируемый источник стабилизированного постоянного напряжения (РИСПН). Конструктивно установка выполнена в виде панели (рис.3), на поверхности которой расположены гальванометр G , миллиамперметр mA , магазина сопротивлений, клеммы для подключения источника тока с неизвестной ЭДС, ручка переменного сопротивления РИСПН и переключатель вида измерений «ЭДС–КПД».

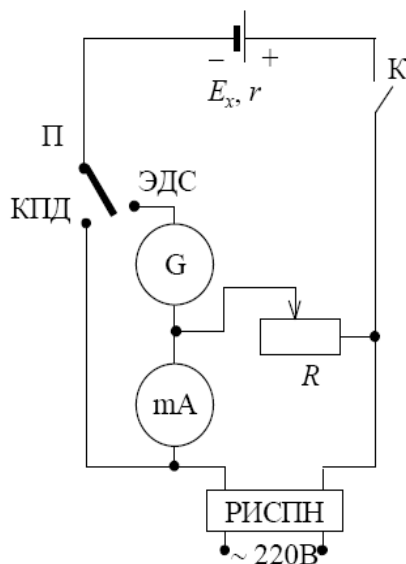


Рис.2



Рис.3

Разработанный лабораторный стенд на основе компенсационного метода измерения может быть использован при изучении основных свойств электрических цепей в дисциплинах «Основы электротехники», «Теоретические основы электротехники».

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические измерения: Учебник для вузов /Байда Л.И., Добротворский Н.С., Душин Е.М. и др.; Под ред. А.В.Фремке и Е.М.Душина.- 5-е изд., перераб. и доп.- Л.:Энергия. Ленинград. отд-ние, 1980.-392 с.; ил.
2. Мейзда Ф.Электронные измерительные приборы и методы измерений: Пер. с англ.- М.: Мир, 1990.-535 с., ил.

УДК 621.396

СИНТЕЗ ОДНОКАНАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

В. М. Кошевой, д.т.н., профессор

Ю. В. Андриященко, курсант

Одесская национальная морская академия

Главной задачей морской радиолокации всегда являлось улучшение разделяющей способности при идентификации быстро движущихся объектов, примерами которых могут быть небольшие суда, движущиеся с большими скоростями.

Для решения данной задачи обычно использовалось большое количество фильтров, которые генерировали сразу несколько сигналов для выделения целей, движущихся на разных скоростях. На сегодняшний день мы имеем возможность отказаться от большого количества фильтров в составе радиолокатора путем применения сигналов, которые являются одноканальными по доплеровской частоте.

Далее приведем пример нескольких одноканальных сигналов. Из предыдущей статьи («Синтез составных многофазных сигналов») известно, что составной многофазный сигнал состоит из базовой и внешней последовательности, а квадратичная функциональная зависимость для этих последовательностей выглядит следующим образом:

$$s_{n_0}^B = \exp \left\{ \frac{\pi \alpha T_0^2}{4N_B^2} (2n_0 - (N_B + 1))^2 \right\}$$

$$s_{n_1}^B = \exp \left\{ \frac{\pi \beta (N_B T_0)^2}{4N_B^2} (2n_1 - (N_B + 1))^2 \right\}$$

Коэффициенты α и β можно задать в виде нормированных значений, которые равны:

$$\alpha' = -1/N_B$$

$$\beta' = N_B^2/N^2$$

$$N_B = N_B \quad (N = N_B^2)$$

Фаза всего сигнала при значениях α' и β' имеет следующий вид:

$$\varphi_n = -\frac{\pi}{4N_B} \left[2 \left(n + 1 - E \left[\frac{n}{N_B} \right] N_B \right) - (N_B + 1) \right]^2 + \frac{\pi}{4N_B^2} \left[2 \left(E \left[\frac{n}{N_B} \right] + 1 \right) - (N_B + 1) \right]^2$$

$$n = \overline{0, N - 1}$$

Для обеспечения одноканальных свойств сигнала, исходя из его общих свойств, необходимо использовать фазовую модуляцию, состоящую или из первого или из второго слагаемого суммы, т. е. использовать только базовую или только внешнюю последовательность. Далее рассмотрим на примере математическое решение данной задачи путем моделирования в среде MATLAB функций неопределенности для сигнала базовой ($N_B = 20$, $N_V = 1$) и внешней ($N_B = 1$, $N_V = 20$) последовательностей.

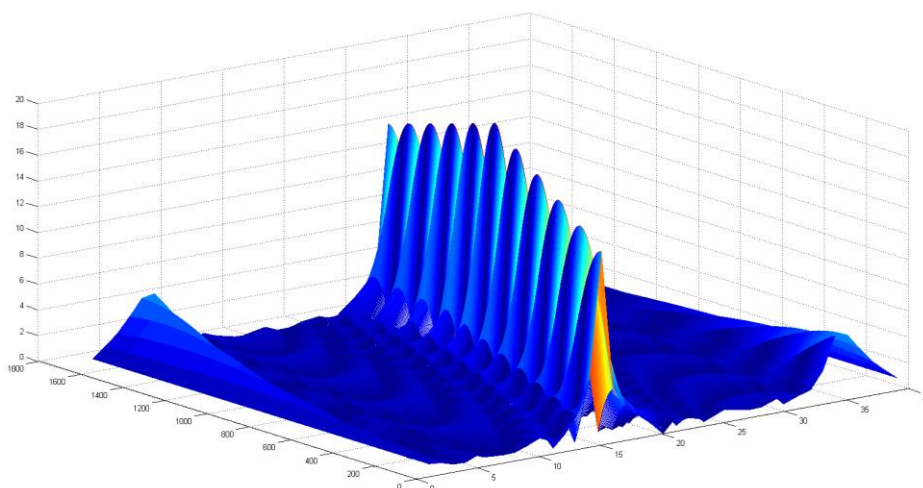


Рис. 1 Функция неопределенности для сигнала базовой последовательности при заданных $N_B = 20$, $N_V = 1$

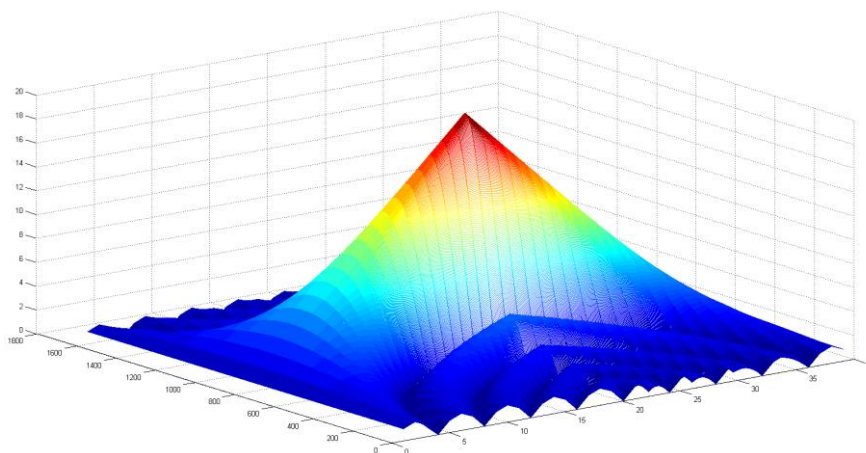


Рис. 2 Функция неопределенности для сигнала внешней последовательности при заданных $N_B = 1$, $N_V = 20$

По данным графикам можно заметить, что оба сигнала имеют общие черты, а именно у них есть узконаправленные гребни пиков, которые находятся примерно на одной частоте и также они имеют сравнительно небольшой уровень боковых лепестков.

Таким образом, можно сделать вывод, что путем использования в радиолокации одноканальных сигналов, состоящих из нескольких импульсов, можно в

значительной мере улучшить разделяющую способность при определении целей, движущихся с различными скоростями (по отношению к случаю, когда использовался единичный импульс).

В случае если же не требуется одноканальных свойств сигнала, можно путем произведения двух сигналов такого типа получить составной многофазный сигнал, который будет иметь еще больше преимуществ, т. к. при перемножении двух сигналов большие значения будут умножаться на большие, а малые на малые. И таким образом в итоге мы получим сигнал с еще большим значением главного пика и еще меньшим уровнем боковых лепестков, что на сегодняшний день не мало важно для решения задач морской радиолокации. Но при использовании составного многофазного сигнала уже требуется наличие нескольких фильтров в структуре радиолокатора.

В итоге использование одноканального сигнала дает возможность упрощения устройства радиолокатора путем отказа от большого количества фильтров, а применив весовую обработку можно еще больше подавить уровень боковых лепестков сигнала, что будет исследовано в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Варакин Л. Е.* Теория систем сигналов.—М.: Сов. радио, 1978.—303 с. 2. *Кук Ч., Бернфельд М.* Радиолокационные сигналы: Теория и применение.— М.: Сов. радио.— 1971.
2. *Кошевой В. М., Кононов А. А.* Синтез оптимальных одноканальных дискретных сигналов и фильтров//Радиоэлектроника.— 1984,— № 8.— С. 62—65. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Гонтаренко В. П., Кошевой В. М.* Исследование свойств взаимной функции не определенности импульсных последовательностей с частотной манипуляцией // Радио техника и электроника.— 1977.—Т. 22.—№ 6,—С. 1187—1194.
4. *Кошевой В. М., Гонтаренко В. П., Лавриненко В. П.* Об одном методе построения . не адаптивной системы, использующей принцип когерентной обработки // Репорт, ВИМИ.— М.: 1975.— № 15.— С. 35.

УДК 621.391.83

РАЗРАБОТКА ЦИКЛА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО РАСЧЕТУ ФУНКЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ И ФИЛЬТРОВ

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор

И.Я. Горишная, курсант

Одесская национальная морская академия

Фазоманипулированные (ФМ) сигналы представляют собой последовательность радиоимпульсов, начальные фазы которых изменяются по заданному закону. [1] Комплексная огибающая таких ФМ сигналов представляет собой последовательность положительных и отрицательных видеоимпульсов. Практически всегда форма импульсов одинакова и в большинстве случаев она явля-

ется прямоугольной. Прямоугольный импульс $p_0(t)$ с единичной амплитудой и длительностью амплитудой и длительностью τ_0 записывается как:

$$p_0(t) = 1 \text{ при } 0 \leq t \leq \tau_0. \quad (1)$$

Пусть амплитуда S_n n -го импульса в видео-ФМ сигнале равна +1 или -1, что соответствует начальным фазам 0 или π в радио-ФМ сигнале. При таком определении ФМ сигнал записывается следующим образом:

$$S(t) = \sum_{n=1}^N S_n p_0[t - (n-1)\tau_0]. \quad (2)$$

Функция неопределенности (ФН) соответствует частотно-временной функции отклика, наблюдаемой на выходе согласованного фильтра. [2] Для обоих этих подходов ФН является мерой способности радиолокатора к различию сигналов, если они отличаются по времени поступления и/или по частотному сдвигу.

Одной из важных характеристик ФН является уровень боковых лепестков, который в большинстве случаев стараются уменьшить. Выражение для ВФН фазоманипулированного радиоимпульса при весовой обработке можно записать:

$$\chi(\tau_0, f) = \sum_{n=1}^N S_n W_{n+k}^* e^{j2\pi f n \tau_0}, \quad (3)$$

где W_{n+k}^* - комплексная амплитуда фильтра весовой обработки.

Выбор формы ФН, т.е. фактически формы зондирующего сигнала, зависит в первую очередь от назначения РЛС, помеховой обстановки, формы и характера целей, параметров ее движения и т.д.

В общем виде выражение для ФН фазоманипулированного радиоимпульса можно записать:

$$\chi(\tau_0, f) = \sum_{n=1}^N W_n^* S_{n-k} e^{j2\pi(n-k)f\tau_0}, \quad (4)$$

где $S_{n-k} = e^{j\varphi_{n-k}}$ - комплексная амплитуда сигнала;

$W_n^* = e^{-j\varphi_n}$ - комплексная амплитуда фильтра;

Анализ ФН фазоманипулированных сигналов с различными законами фазовой модуляции позволяет заключить, что уровень боковых лепестков ФН многопиковой или многогребневой структуры без применения специальных мер имеет значительную величину, соизмеримую, порой, с максимальным значением ФН. Применение весовой обработки с использованием квазиоптимальных весовых коэффициентов позволяет, уменьшить уровень боковых лепестков между пиками, но при этом неизбежно происходит расширение пиков, это, в свою очередь, ухудшает показатели точности и однозначности оценки координат целей и надежности их разрешения. Выражение для ФН фазоманипулированного радиоимпульса можно записать:

$$\chi(\tau_0, f) = \sum_{n=0}^{N-1} W_n^* S_{n-k} e^{-j2\pi \frac{ln}{4N}}. \quad (5)$$

Расчет произведен вручную и была составлена программа в среде Matlab, результаты которых совпали.

При $s = [1 - 1 1], w = [1 0 1]; l = 0, k = -2$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 0;$$

$$\begin{aligned}
& k = -1 \\
& \sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 0; \\
& k = 0 \\
& \sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 2; \\
& k = 1 \\
& \sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 0; \\
& k = 2 \\
& \sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 0;
\end{aligned}$$

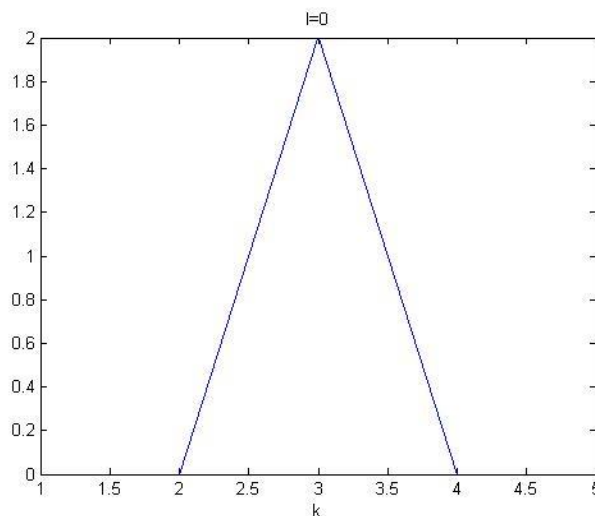


Рис.1 Сигнал на выходе рассогласованного фильтра при $l = 0$.

$$\begin{aligned}
& l = 1, k = -2 \\
& \sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) \\
& \quad = 0,5 + j0,866; \\
& k = -1 \\
& \sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) \\
& \quad = -0,5 + j0,866; \\
& k = 0 \\
& \sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) \\
& \quad = 1,5 + j0,866; \\
& k = 1
\end{aligned}$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= 0,5 - j0,866;$$

$$k = 2$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= -0,5 - j0,866;$$

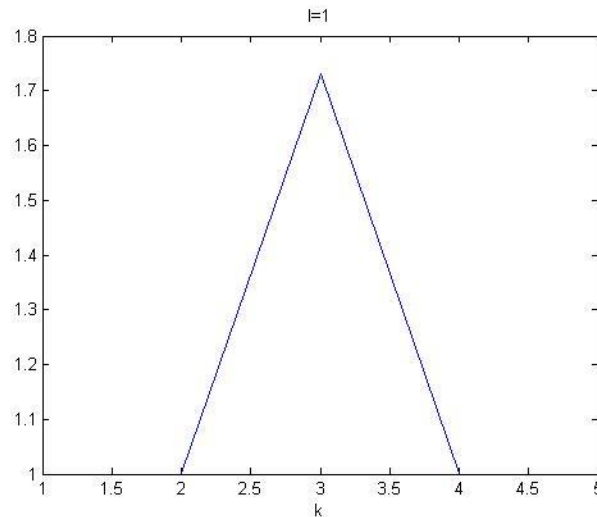


Рис. 2 Сигнал на выходе рассогласованного фильтра при $l = 1$.

$$l = 2, k = -2$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= 1,5 + j0,866;$$

$$k = -1$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= -1,5 - j0,866;$$

$$k = 0$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= 0,5 - j0,866;$$

$$k = 1$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= 1,5 + j0,866;$$

$$k = 2$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= -1,5 - j0,866.$$

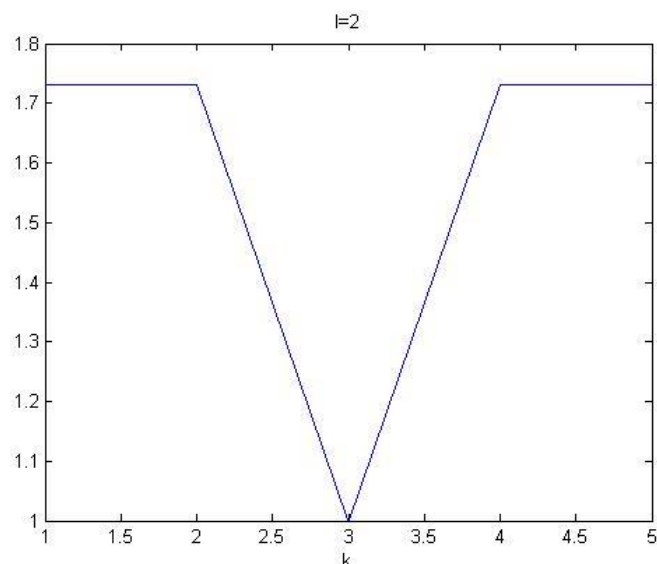


Рис.3 Сигнал на выходе рассогласованного фильтра при $l = 2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Е. Варакин. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985, 384 с.
2. В. И. Купровский. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Учебное пособие. – Одесса, 2004, 44 с.

УДК 621.391.83

РАЗРАБОТКА ЦИКЛА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО РАСЧЕТУ ВЗАИМНОЙ ФУНКЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ И ФИЛЬТРОВ

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор
И. А. Дзюбюк, курсант
Одесская национальная морская академия

Целью работы является разработать цикл лабораторных работ, которые позволяют рассчитывать функции неопределенности и взаимные функции неопределенности сложных сигналов.

В современной радиолокации ФН является основой при систематических поисках оптимальных сигналов для специальных применений. Выбор формы функции неопределенности, то есть фактически формы зондирующего сигнала, зависит в первую очередь от назначения РЛС, помеховой обстановки, формы и характера целей, параметров ее движения.

Усложнение задач, решаемых современными РЛС, ужесточение требований их экологической безопасности, существенно ограничивающих их импульсную мощность, требует использования широкополосных сигналов. Разновид-

ностью широкополосных сигналов является фазоманипулированные радиоимпульсы с различными законами фазовой модуляции.

Применение сложных сигналов большой базы позволяет снять многие ограничения, обеспечив выполнение ряда новых задач, к которым можно отнести:

- увеличение дальности РЛС при ограниченной пиковой мощности передатчика;
- повышение обнаруживаемости малоразмерных целей за счет улучшения их селекции по частоте Доплера(Fd);
- улучшение распознавания целей по распределению блестящих точек вдоль луча распространения радиоволн и по доплеровскому спектру;
- решение перечисленных задач в условиях изменчивости помеховой обстановки;

Практическое использование фазоманипулированных сигналов требует знания тонкой структуры и свойств их взаимной функции неопределенности (ВФН). Выражение для ВФН фазоманипулированного радиоимпульса при весовой обработке можно записать:

$$\chi(\tau_0, f) = \sum_{n=1}^N S_n W_{n+k}^* e^{j2\pi f n \tau_0}, \quad (1)$$

где W_{n+k}^* - комплексная амплитуда фильтра весовой обработки.

В общем виде выражение для ФН фазоманипулированного радиоимпульса можно записать:

$$\chi(\tau_0, f) = \sum_{n=0}^{N-1} W_n^* S_{n-k} e^{-j2\pi \frac{ln}{4N}}. \quad (2)$$

Расчет произведен вручную и была составлена программа в среде Matlab, результаты которых совпали с рассчитанными.

При $s = [1 - 1 - 1], w = [1 - 1 - 1]; l = 0, k = -2$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = -1;$$

$$k = -1$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{1+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = -1;$$

$$k = 0$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 3;$$

$$k = 1$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = -1;$$

$$k = 2$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{0 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = -1;$$

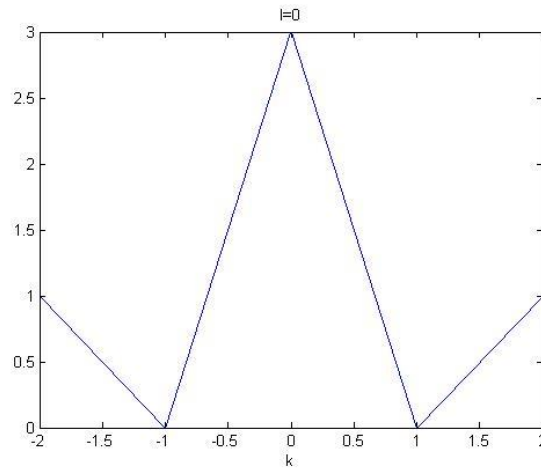


Рис.1 Сигнал на выходе согласованного фильтра при $l=0$.

$$l = 1, k = -2$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= -0,366 + j1,366;$$

$$k = -1$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= -1,366 - j0,366$$

$$k = 0$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= 2,366 - j1,366;$$

$$k = 1$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= -0,366 + j1,366;$$

$$k = 2$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{1 \cdot 2}{4 \cdot 3}})$$

$$= -1,866 - j0,366;$$

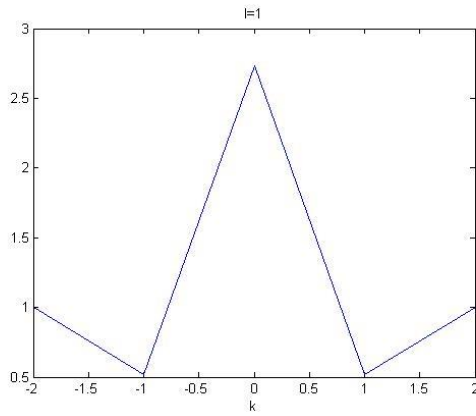


Рис.2 Сигнал на выходе согласованного фильтра при $l=1$.

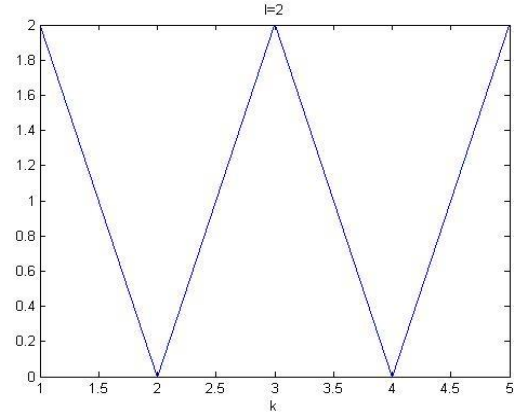


Рис.3 Сигнал на выходе согласованного фильтра при $l=2$.

$$l = 2, k = -2$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 1;$$

$$k = -1$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2+1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = -2;$$

$$k = 0$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-0} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 1 - j1,732;$$

$$k = 1$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-1} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = 0;$$

$$k = 2$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} (W_0^* \cdot S_{0-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 0}{4 \cdot 3}}) + (W_1^* \cdot S_{1-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 1}{4 \cdot 3}}) + (W_2^* \cdot S_{2-2} \cdot e^{-j2\pi \frac{2 \cdot 2}{4 \cdot 3}}) = -2.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Е. Варакин. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985, 384с.
2. В. И. Купровский. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Учебное пособие. – Одесса, 2004, 44 с.

СИНТЕЗ ЧАСТОТНО-МАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

В.М. Кошевой д.т.н., профессор

О.В. Кушниренко, курсант

Одесская национальная морская академия

В настоящее время в радиолокационных и навигационных радиотехнических системах обнаружение и измерение параметров отраженного сигнала, а также улучшение характеристик радиолокационных станций (РЛС) является традиционной и в то же время актуальной задачей, стоящей при разработке современных РЛС [1].

Одно из главных достоинств многочастотных РЛС — это их высокая помехозащищенность, что обусловлено, прежде всего, высокой помехоустойчивостью самого метода многочастотной радиолокации.

Многочастотный сигнал представляет собой совокупность нескольких сигналов с различными несущими частотами и одинаковыми или разными законами модуляции.

В данной работе будут рассмотрены сигналы типа импульсная последовательность с частотной манипуляцией от импульса к импульсу. Для анализа разрешающей способности сигналов по дальности и радиальной скорости в радиолокации будет рассмотрена функция неопределенности (ф.н.) этих сигналов.

Общий вид ф.н., для данных сигналов, представляется таким образом:

$$\chi_{sw}(\tau, f) = \sum_{n=1}^N W_n^* S_n e^{-i2\pi(c_n x + y T_n)} \quad (1)$$

У ф.н. есть свойство для подкласса составных частотных последовательностей, у которых некоторая базовая последовательность повторяется через каждые N_1 позиций с неизменяющимися начальной фазой, амплитудой и частотой заполнения по закону внешней последовательности.

Частотные коды базовой и внешней последовательностей равны:

$$c_n = an, \quad c_k = a_1 k \quad (2)$$

где $a = N/N_1$, $a_1 = N_1^2/N$ — параметры соответствующих линейных зависимостей [2].

В качестве наглядного примера на рис.1 приведена ф.н. с использованием таких параметров:

$$a = 5, \quad a_1 = -1, \quad N = 81, \quad N_1 = 9.$$

Так как уровень боковых лепестков между основными пиками определяются уровнем боковых лепестков ф.н. базовой и внешней последовательностей то, выбрав соответствующим образом весовые коэффициенты W_n , можно уменьшить боковые лепестки этих функций.

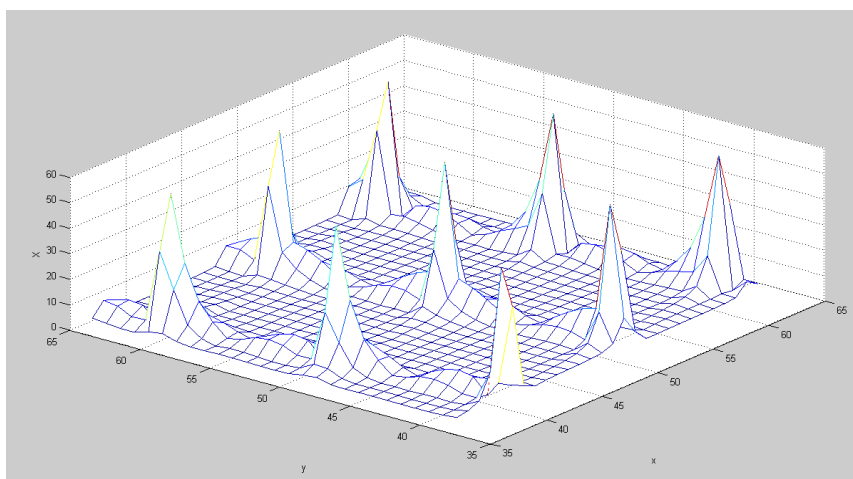


Рис.1 Функция неопределенности частотно-манипулированного сигнала

Исходя из этого рисунка видно, что уровни боковых лепестков имеют низкий уровень. Это является очень важным для задач радиолокации, где при очень близком расположении целей будет обеспечиваться их разделение, даже если близко расположены друг от друга. Использование частотно-манипулированных последовательностей демонстрируют нам реализацию высокой разрешающей способности по дальности и скорости, что дает нам возможность повысить помехозащищенность полезных сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. И. Попов, А. Г. Белокрылов .Анализ систем обнаружения-измерения многочастотных сигналов // Известия вузов. Радиоэлектроника. - № 12 -2004 С- 20-27.
2. В.П. Гонтаренко, В.М.Кошевой. Исследование свойств взаимной функции неопределенности импульсных последовательностей с частотной манипуляцией // Радиотехника и электроника - №6 – 1976. С – 1187-1194.

УДК 621.396.969.3

СИНТЕЗ СОСТАВНЫХ МНОГОФАЗНЫХ СИГНАЛОВ

В.М.Кошевой, д.т.н., профессор

Е.А.Кравченко, курсант

Одесская национальная морская академия

Сигналом называется изменяющаяся физическая величина, отображающая сообщение. Сигнал u , являющийся функцией времени t , может быть записан в виде

$$u = u(t) \quad (1)$$

Разновидностью широкополосных сигналов являются составные дискретно-кодированные сигналы и составные многофазные. В таком классе сигналов имеется возможность гибкой перестройки законов модуляции за счет изменения сравнительно небольшого числа параметров, что особенно

важно при адаптивном управлении ими. В общем случае составные многофазные сигналы представляют две последовательности дискретно-кодированных импульсов, одна из которых (внешняя), является модулирующей по отношению к другой (базовой). При этом $N_0 T_0 = T_0^B$, а $N_B T_0^B = N_b N_B T_0 = T$, где N_B , N_b — количество импульсов в базовой и внешней последовательностях; T_0 , T_0^B — длительность импульсов базовой и внешней последовательностей; T — длительность составного сигнала. Комплексная огибающая составного дискретно-кодированного сигнала может быть записана [1, с.66; 2, с.43] в виде

$$S(t) = \sum_{n_1=1}^{N_B} \sum_{n_0=1}^{N_b} S_{n_0}^B p[t - (n_0 + (n_1 - 1) N_b) T_0] S_{n_1}^B, \quad (2)$$

где $S_{n_0}^B, S_{n_1}^B$ — комплексные амплитуды базовой и внешней последовательностей; $p(t) = 1$ при $0 \leq t \leq T_0$; $p(t) = 0$ при $t < 0$ и $t > T_0$.

Для квадратичных законов фазовой модуляции базовой и внешней последовательности их функции неопределенности (ФН) имеют гребнеобразную структуру. Уравнения линий, определяющих поведение гребней ФН базовой и внешней последовательности, имеют вид

$$y/N = a'x + l + m/(N_6 - |x|), \quad m, l = 0, \pm 1, \pm 2 \dots; \quad (3)$$

$$y/N = \beta' x/N_6^2 + l_1/N_6 + m_l/(N_6 N_B - |x|), \quad m_l, l_1 = 0, \pm 1, \pm 2 \dots \quad (4)$$

где $a' = a T_0^2$, $\beta' = \beta (T_0 N_6)^2$, a, β — параметры, определяющие заданное направление гребней ФН базовой и внешней последовательности соответственно; $x = \tau/T_0$, $y = fNT_0$; $N = N_6 N_B$. Выражение для кода фазовой модуляции составного сигнала в этом случае можно записать

$$\varphi_n = (\pi/4) \{ \alpha' (2(n - E[(n - 1)/N_6] N_6) - (N_6 + 1))^2 + \beta' (2(E[(n - 1)/N_6] + 1) - (N_B + 1))^2 \}, \quad (5)$$

где $E[x]$ — целая часть X .

В презентации рассмотрено влияние на структуру ВФН составного многофазного сигнала значения параметров a' и β' при фиксированных $N_6 = N_B = 8$.

С возрастанием β' при неизменном a' происходит разворот ВФН относительно осей координат плоскости неопределенности без заметного искажения ее формы. Незначительно уменьшается площадь пиков, возрастает уровень боковых лепестков. Существенно изменяется автокорреляционная функция (АКФ), которая при значениях $a' = -1/N_6$, $\beta' = 1$ приобретает ярко выраженный многопиковый характер. Уровень боковых лепестков между пиками имеет порядок $1/N_6$. Выражение для кода фазовой модуляции в этом случае, в соответствии с (5) [1, с.117; 2, с.88] может быть записано

$$\varphi_n = -(\pi/4 N_6) (2(n - E[(n - 1)/N_6] N_6) - (N_6 + 1))^2 + (\pi/4) (2(E[(n - 1)/N_6] + 1) (N_B + 1))^2. \quad (6)$$

При дальнейшем увеличении β' происходит деформация ВФН и нарушение ее регулярной многопиковой структуры. С уменьшением β' площадь пиков ВФН несколько возрастает, площадь свободной зоны убывает, уровень боковых лепестков уменьшится. При достижении

$\beta'=1/N_6^2$ ($\alpha'=-1/N_6$) структура ВФН и форма АКФ приближаются к изображенным на рис. 1. Выражение для кода фазовой модуляции [2,с.124] принимает вид

$$\varphi_n = -(\pi/4/N_6) (2(n-E[(n-1)/N_6])N_6 - (N_6 + 1))^2 + (\pi/4N_6^2) (2(E[(n-1)/N_6] + 1) - (N_6 + 1))^2. \quad (7)$$

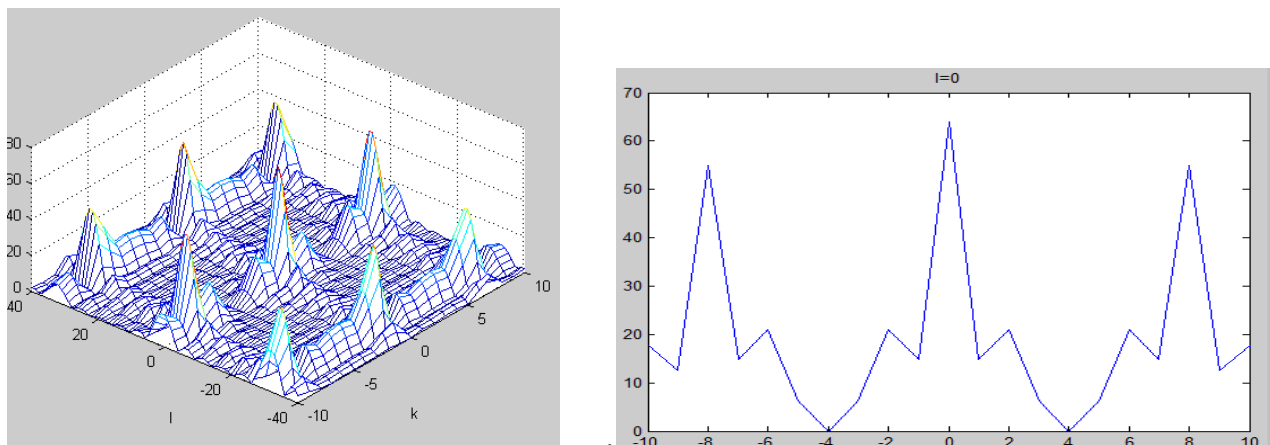


Рис.1. ВФН и АКФ составного сигнала

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов.- М.: Сов. радио, 1978.-303 с.
2. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы: Теория и применение - М.: Сов. Радио.- 1971.

УДК 621.395

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В УКВ РАДИОТЕЛЕФОНИИ

А. В. Шишкин, к.т.н, доцент

А.А. Ляшко, аспирант

Одесская национальная морская академия

В ультракоротковолновом (УКВ) диапазоне (156 - 174) МГц морской подвижной службы при проведении обмена в режиме радиотелефонии производится идентификация судна голосом. Однако, голосовая идентификация является ненадежным способом, что может самым серьезным образом сказаться на безопасности мореплавания в целом.

Настоящая работа посвящена развитию системы скрытной передачи информации на подшумовом уровне радиотелефонных сигналов. Система базируется на предложенном в [2] применении OFDM технологии для ЦВЗ и известном алгоритме ISS (Improved Spread Spectrum) [3]. В работе предложены 1) но-

вый алгоритм нормировки вносимых искажений для повышения слуховой невосприимчивости мультиплексированных данных и 2) алгоритм обнаружения и обработки в целом всего пакета данных ЦВЗ на основе вычисления хеш-функции. Приведены результаты экспериментальных испытаний в реальном УКВ радиоканале.

Одним из алгоритмов, устраняющих мешающее влияние сигнала-носителя на ЦВЗ и в то же время являющимся устойчивым к искажениям амплитудного масштаба, является улучшенный алгоритм расширения спектра (ISS) [3]. Следует отметить, что данный алгоритм основан не на расширении спектра сигнала, как это принято в классических широкополосных системах связи [4], а на распределении во времени энергии сигнала ЦВЗ. Сигнал ЦВЗ в данном алгоритме формируется на основе встраиваемого бита данных $m = \{\pm 1\}$ и результата скалярного произведения сигнала-носителя и некоторой бинарной псевдослучайной последовательности (ПСП) $\mathbf{u}: u_i = \{\pm 1\}$. Стегосигнал представляется формулой:

$$\mathbf{s} = \mathbf{x} + \mathbf{w}(\tilde{x}, m), \quad (1)$$

где $\mathbf{s}, \mathbf{x}, \mathbf{w}$ - векторы длины L - последовательностей отсчетов стегосигнала, носителя и сигнала ЦВЗ соответственно; $\tilde{x} = (\mathbf{x}, \mathbf{u})$ - скалярное произведение.

В качестве сигнала носителя используются амплитуды преобразования Фурье. Координаты вектора \mathbf{w} в общем случае определим формулой:

$$w_i = \tilde{w} \left(|x_i| / \|\mathbf{x}\|_p \right)^p u_i, \quad (2)$$

где $\|\mathbf{x}\|_p = \left(\sum_{i=1}^L |x_i|^p \right)^{1/p}$ - p -норма вектора \mathbf{x} , а значение \tilde{w} вычисляется по формуле:

$$\tilde{w} = \begin{cases} 0, & m\tilde{x} \geq \rho, \\ m\rho - \tilde{x}, & m\tilde{x} < \rho, \end{cases} \quad \begin{matrix} (3 \text{ а}) \\ (3 \text{ б}) \end{matrix}$$

Выбор оптимального значения параметра нормы p в формуле (2) должен определяться из субъективного восприятия вносимых искажений в звуковой сигнал. В общем случае $p > 0$. При $p \rightarrow 0$ \tilde{w} распределяется равномерно на все отсчеты \mathbf{x} .

Многоканальная обработка на основе OFDM технологии позволяет минимизировать влияние межсимвольной интерференции (МСИ).

Испытания проводились в реальном УКВ радиоканале на частоте 156,850 МГц (17-й канал) в off-line режиме с использованием двух комплектов судовой радиостанции RT-2048 Sailor и USB-модуля АЦП-ЦАП типа E14-140 L-CARD. Результаты эксперимента при отношении сигнал-шум в канале $SNR=12$ дБ сведены в табл. 1, где обозначены: WSR - Watermark-to-Signal Ratio, L - длина ПСП, R - скорость данных ЦВЗ. Все блоки ЦВЗ на длине речевого фрагмента 27000 отсчетов детектировались устойчиво верно.

Таблица 1 - Результаты эксперимента

WSR, дБ	-16,5	-14,6	-12,1
L	31	15	7
R, бит/с	60	125	268

Слуховая невосприимчивость ЦВЗ достигается распределением его энергии в частотно-временной плоскости сигнала-носителя и оптимальным заданием параметра p нормы сигнала.

Обнаружение ЦВЗ осуществляется путем обработки в целом всего пакета отсчетов на основе сравнения хеш-функций.

Практическая реализация системы может быть осуществлена без каких-либо замен основных блоков существующей аппаратуры УКВ радиосвязи. УКВ трансивер может быть дополнен микросхемой с прошивкой данных идентификации, установленной в телефонную трубку и мини-дисплеем, подключенным к стандартному низкочастотному выходу звукового сигнала приемника для визуализации идентификатора передающей станции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cox I.J., et al. Digital watermarking and steganography. Se-cond Edition – Morgan Kaufmann Publishers, 2008. – 594 p.
2. Шишкин А. В., Ляшко А.А. Применение OFDM модуляции для идентификации радиотелефонных передач в морской радиосвязи // 21-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2011). Севастополь, 12 - 16 сент. 2011 г.: материалы конф. - Севастополь: Вебер, 2011. Т. 1. С. 398 - 399.
3. Malvar H.S., Florencio D.A. Improved Spread Spectrum: A New Modulation Technique for Robust Watermarking // IEEE Trans. on Signal Processing. 2003. Vol. 51, No. 4. P. 898 – 905.
4. Ипатов В. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения. – М.: Техносфера, 2007. – 488 с.

УДК 621.372.54

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ БИХ-ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор

О. В. Барицкая, курсант

Одесская национальная морская академия

Дискретные фильтры, равно как и аналоговые, выполняют преобразование спектра сигнала за счет различного коэффициента передачи для разных гармонических составляющих. Фильтры классифицируются как фильтры верхних частот (ФВЧ), фильтры нижних частот (ФНЧ), и полосовые - пропускающие и задерживающие.

Цифровой фильтр - в электронике любой фильтр, обрабатывающий цифровой сигнал с целью выделения и/или подавления определённых частот этого сигнала. В отличие от цифрового, аналоговый фильтр имеет дело с аналоговым сигналом, его свойства не дискретны, соответственно передаточная функция зависит от внутренних свойств составляющих его элементов.

Виды цифровых фильтров

КИХ - фильтры

Фильтр с конечной импульсной характеристикой (нерекурсивный фильтр, КИХ - фильтр) - один из видов электронных фильтров, характерной особенностью которого является ограниченность по времени его импульсной характеристики (с какого-то момента времени она становится точно равной нулю). Знаменатель передаточной функции такого фильтра - некая константа.

БИХ - фильтры

Фильтр с бесконечной импульсной характеристикой (рекурсивный фильтр, БИХ - фильтр) - электронный фильтр, использующий один или более своих выходов в качестве входа, то есть образует обратную связь. Основным свойством таких фильтров является то, что их импульсная переходная характеристика имеет бесконечную длину во временной области, а передаточная функция имеет дробно-рациональный вид. Такие фильтры могут быть как аналоговыми так и цифровыми.

Найдем импульсный отклик для RC цепи:

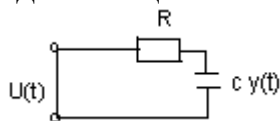


Рис.1. RC цепь

$$U(t) = RC \frac{dy(t)}{dt} + y(t), y(t) = \mu(t)v(t) \quad (1)$$

$$U(t) = RC \mu(t) d v(t) + v(t) \mu(t) + v(t) d \mu(t),$$

$$U(t) = v(t) d \mu(t); u(t) = c_1 e^{-\frac{1}{RC}t} d \mu(t),$$

$$y(t) = c_1 e^{-\frac{t}{RC}} \cdot \left(\int U(t) e^{\frac{1}{RC}t} dt + c \right),$$

$$U(t) = \delta(t)$$

$$\int U(t) e^{\frac{1}{RC}t} dt = \int_{t_0}^t U(t) e^{\frac{1}{RC}t} dt,$$

$$\text{Получим: } h(t) = e^{-\frac{1}{RC}t} \quad (2)$$

$$h_n \int_{-\infty}^{\infty} h(t) p_n(t) dt, h(t) = c_1 e^{-\frac{t}{RC}}, RC = \alpha T_0, h(t) = 1 e^{-\frac{n}{\alpha}}, \quad (3)$$

Для не рекурсивны цифровых фильтров: При $\alpha = 0,8$

$$h(0) = 1; h(T_0) = 1 e^{-\frac{1}{0,8}} = 0,2865; h(2T_0) = 1 e^{-\frac{2}{0,8}} = 0,082, h(3T_0) = 1 e^{-\frac{3}{0,8}} = 0,0235;$$

$$h(4T_0) = 1 e^{-\frac{4}{0,8}} = 0,0067.$$

$$\text{При } \alpha = 1 h(0) = 1; h(T_0) = 0,36; h(2T_0) = 0,14; h(3T_0) = 0,0498; h(4T_0) = 0,018.$$

При $\alpha = 3$ $h(0) = 1; h(T_0) = 0,717; h(2T_0) = 0,514; h(3T_0) = 0,368; h(4T_0) = 0,264$.

При $\alpha = 5$ $h(0) = 1; h(T_0) = 0,8; h(2T_0) = 0,67; h(3T_0) = 0,55; h(4T_0) = 0,44$.

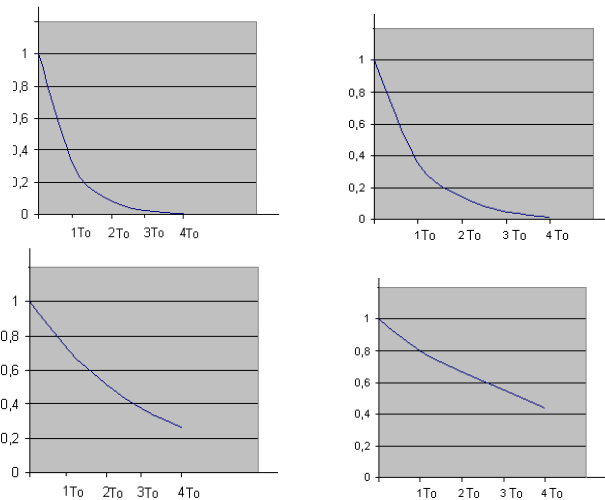


Рис.2. Зависимость h от T_0 для пяти значений α

Получим нерекурсивный цифровой фильтр

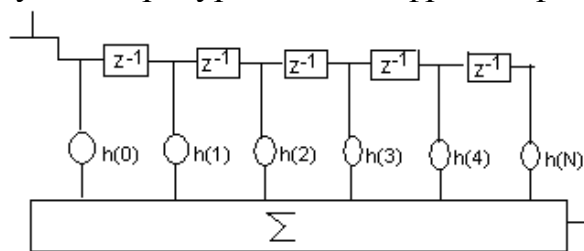


Рис.3. Нерекурсивный цифровой фильтр

Эту цепочку реализуем с помощью рекурсивного цифрового фильтра.

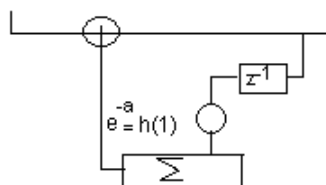


Рис.4. Рекурсивный цифровой фильтр

Мы делаем пять циклов, чтобы получить рекурсивный цифровой фильтр. Время работы одинаковое. Число элементов схемы меньше. Согласованный цифровой фильтр имеет вид:

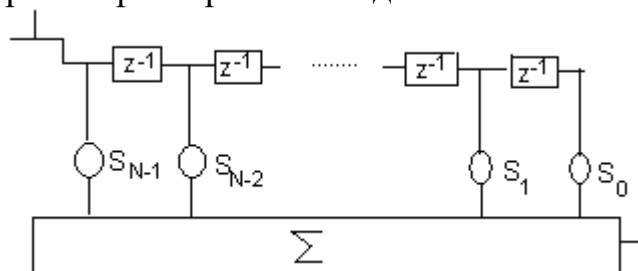


Рис.5. Рекурсивный цифровой фильтр для согласованной обработки сигнала

Нерекурсивный цифровой фильтр вставляем в обратную связь и получаем рекурсивный цифровой фильтр. Для согласованного фильтра нужно в обратную связь включать N элементы.

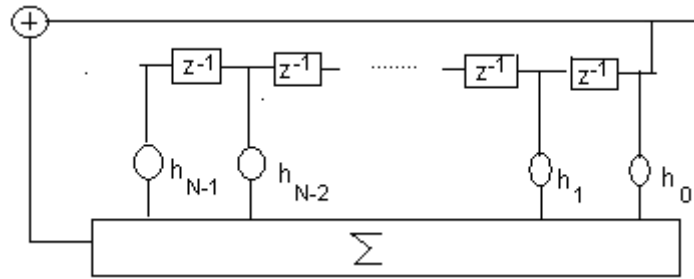


Рис.6. Рекурсивный цифровой фильтр для согласованной обработки сигнала

Для RC цепи предпочтителен рекурсивный цифровой фильтр. Порядок рекурсивного и нерекурсивного фильтров такой же. Но рекурсивный фильтр проще выполнить, чем нерекурсивный. Для согласованной обработки бифазного сигнала предпочтителен нерекурсивный цифровой фильтр. В нем происходит усложнение, прибавляется обратная связь.

Найдем частотную характеристику фильтров используя преобразование Фурье

$$H(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} \sum_{n=0}^{N-1} h_n p_n(t) e^{-i2\pi ft} dt = \sum_{n=0}^{N-1} h_n e^{-i2\pi fnT_0} \int_{-\infty}^{\infty} p(t_1) e^{-i2\pi ft_1} dt_1 = \sum_{n=0}^{N-1} h_n e^{-i2\pi fnT_0} p(f) = \sum_{n=0}^{N-1} h_n p_n(f) \quad (4)$$

$$p(f) = e^{-i\pi f T_0} \frac{e^{i\pi f T_0} - e^{-i\pi f T_0}}{i2\pi f} = e^{-i2\pi f T_0} \frac{2i \sin \pi f T_0}{i2\pi f}, \quad p(f) = \int_0^{T_0} e^{-i2\pi f t_1} dt_1 = T_0 e^{-i2\pi f t_0} \frac{\sin df T_0}{\pi f T_0}$$

$$H(l) = p(f) \sum_{n=0}^{N_0} h_n e^{-i2\pi \frac{nl}{4NT_0}} = p(f) \sum_{n=0}^{N-1} h_n \left(\cos 2\pi \frac{nl}{4N} - i \sin 2\pi \frac{nl}{4N} \right) \quad (5)$$

Истинная частотная характеристика RC цепи:

$$H(f) = \frac{1}{j2\pi fc} \frac{1}{R + \frac{1}{j2\pi fc}} = \frac{1}{1 + \alpha_1^2 (2\pi f)^2} - j \frac{2\pi f \alpha_1}{1 + \alpha_1^2 (2\pi f)^2}; \quad |H(f)| = 2 \frac{\sqrt{1 + (2\pi f \alpha_1)^2}}{(1 + \alpha_1^2 (2\pi f)^2)}$$

$$\text{Получим : } H(l) = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi l}{4N_0} \alpha\right)^2}}{1 + \left(\alpha \frac{2\pi l}{4N_0}\right)^2} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\alpha 2\pi}{4N_0} l\right)^2}} \quad (6)$$

При $\alpha = 0,8$: $H(0)=1$; $H(1)=0,969$; $H(2)=0,893$; $H(3)=0,799$; $H(4)=0,705$.

При $\alpha = 1$: $H(0)=1$; $H(1)=0,955$; $H(2)=0,848$; $H(3)=0,729$; $H(4)=0,624$.

При $\alpha = 3$: $H(0)=1$; $H(1)=0,728$; $H(2)=0,469$; $H(3)=0,333$; $H(4)=0,256$.

При $\alpha = 5$: $H(0)=1$; $H(1)=0,537$; $H(2)=0,303$; $H(3)=0,207$; $H(4)=0,157$.(см. рис.6)

Графики имеют вид:

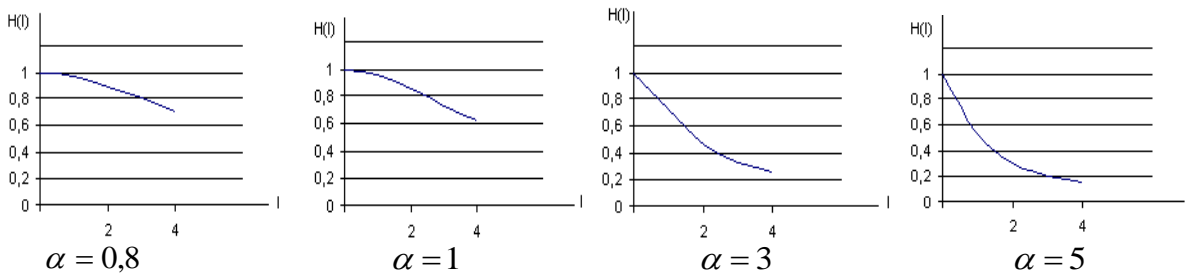


Рис.6. Графики зависимости $H(l)$ от l

ЛИТЕРАТУРА

1. Солонина А.И. Основы цифровой обработки сигналов. БХВ-Петербург, 2-е издание, 2005, 725с.

УДК 621.396.969.3

СИНТЕЗ БИФАЗНЫХ СИГНАЛОВ

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор

О.А. Папкевич, курсант

Одесская национальная морская академия

Решение задачи синтеза в целом значительно зависит от выбора исходного сигнала. Наибольший практический интерес представляют равномерные фазоманипулированные сигналы с импульсами одинаковой длительности и со значениями фазы 0 или π – т.е. бифазные сигналы.

Широкое практическое применение бифазных сигналов объясняется, во-первых, тем, что два одинаковых импульса, сдвинутые по фазе на π , взаимно компенсируют друг друга, в результате чего получаются малые остатки автокорреляционной функции, и, во-вторых, тем, что сигналы такого рода сравнительно просто формировать (коммутируя «полярность» в нужные моменты времени) [1].

В данной работе рассмотрены бифазные сигналы типа

$$s_n = \{ \overbrace{e^{i\pi} ; e^{0\pi} ; e^{0\pi} ; \dots ; e^{0\pi}}^N \} = \{ a ; b ; b ; \dots ; b \},$$

с «плавающей» a , где $a = -1$ перемещается последовательно с нулевой позиции сигнала на первую, вторую и т.д. до позиции $(n-1)$.

Синтез бифазных сигналов с «плавающей a » проводится методом рекуррентных вычислений.

Исходя из общего выражения для функции корреляции периодического и аperiodического сигнала рассчитываются функции корреляции для каждого типа сигналов с различным числом элементов (для $N=3$; $N=4$; $N=5$; ...). Синтезируя полученные результаты, выводятся общие формулы для расчета функции корреляции для периодического и аperiodического сигналов при различном положении -1 в последовательности сигнала.

Синтез бифазных сигналов с «плавающей» a строится на расчетах функций корреляции для каждого типа сигналов и выбирается тот сигнал, корреляционная функция которого лучше.

Для периодической функции значение главного пика функции корреляции при любом количестве элементов последовательности равняется N , а все боковые лепестки функции принимают одинаковое значение, равное $N-4$.

Для аperiodической функции главный пик функции корреляции также определяется числом N последовательности сигнала, и с увеличением числа N элементов сигнала уровень боковых лепестков увеличивается так же, как и в случае периодической функции.

Бифазные сигналы находят практическое применение в радионавигационных (GPS, ГЛОНАСС) и в частности в радиолокационных системах (с непрерывным излучением), предназначенных для наблюдения за различными целями, когда требуется высокая разрешающая способность системы. Поэтому и важна разработка методов синтеза рассмотренных сигналов.

Еще одно практическое применение бифазных сигналов - это возможность создания систем передачи информации с высокой помехоустойчивостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. «Теория систем сигналов», М. – 1978г.
2. Варакин Л.Е. «Теория сложных сигналов», М. – 1970г.

УДК 621.396.969.3

ВЛИЯНИЕ ДОПЛЕРОВСКОЙ ЧАСТОТЫ НА УРОВЕНЬ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ СЕЧЕНИЯ ФУНКЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПО ВРЕМЕНИ

В.М.Кошевой, д.т.н., профессор
Е.Л.Пашенко, курсант
Одесская национальная морская академия

В статьях [1], [2] были исследованы свойства взаимной функции неопределенности составных многофазных сигналов. Используя эти подходы, рассмотрим ситуации, когда функция корреляции сложных сигналов имеет определенную область нулевых значений. В качестве таких сигналов можно использовать сигналы, в которых базовая последовательность представляет собой код

Баркера для различных n , а внешняя последовательность описывается кодом Баркера для $n=4$ [1 1 -1 1]. Представляет интерес изучение динамики изменения уровня боковых лепестков для таких сигналов при смещении по доплеровской частоте.

Были рассмотрены следующие 5 сигналов (табл.1):

Таблица 1

№	Базовая последовательность	Внешняя последовательность	Количество импульсов бифазного сигнала (N)
1	[1]	[1 1 -1 1]	4
2	[1 -1]	[1 1 -1 1]	8
3	[1 -1 -1]	[1 1 -1 1]	12
4	[1 1 -1 1]	[1 1 -1 1]	16
5	[1 1 1 -1 1]	[1 1 -1 1]	20

Все расчеты выполнялись в среде MatLab. Полученные результаты представляют собой сечения функции неопределенности для различных эквивалентов частоты l , которые равны $[0 \ 1/(32*N) \ 1/(16*N) \ 1/(4*N) \ 1/(2*N) \ 1/(1*N)]$, где N - количество импульсов полученного сигнала. Рассмотрим подробнее область вдоль оси частот l (рис.1),

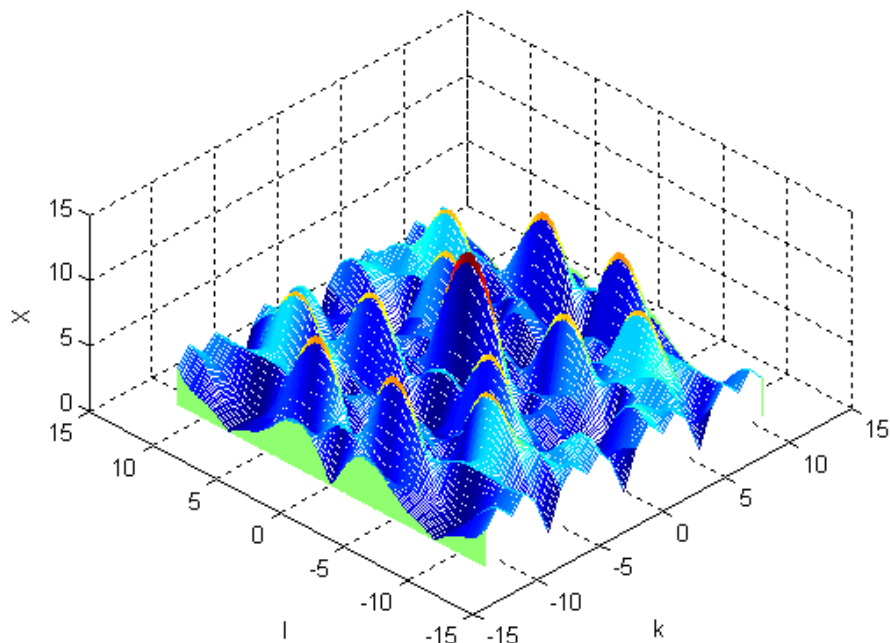


Рис.1. Функция неопределенности для сигнала из 12 импульсов

ширина которой не превышает значения $1/N$. Расчеты ограничились этими значениями, т. к. дальнейшее исследование не имеет практического значения. Уровень боковых лепестков достаточно высок и не обеспечит раздельное обнаружение близкорасположенных целей.

Ниже приведены полученные результаты для различных эквивалентов частот.

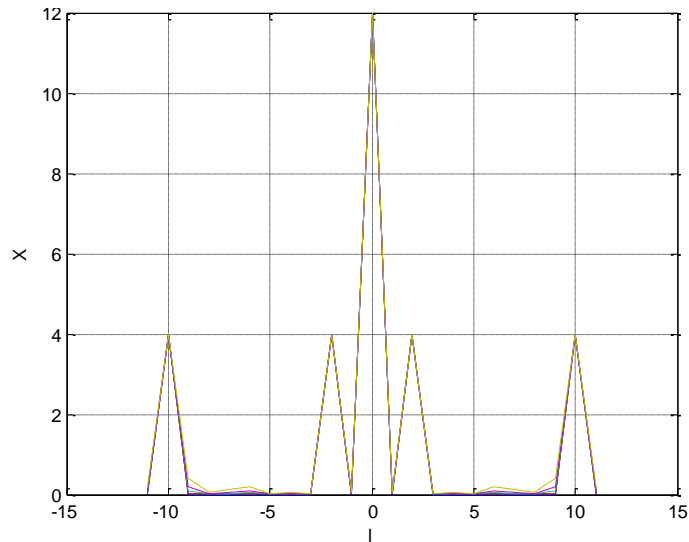


Рис. 2. Сечения функции неопределенности для $l=[0 \ 1/(32*N) \ 1/(16*N) \ 1/(4*N) \ 1/(2*N) \ 1/(1*N)]$

Результаты расчетов для всех исследуемых сигналов сведены в таблицу 2. С увеличением количества импульсов в сигнале, наблюдается стабилизация уровня боковых лепестков бифазного сигнала.

Таблица 2

N	0	$1/32N$	$1/16N$	$1/4N$	$1/2N$	$1/N$
4	0	0,0123	0,0245	0,0982	0,1962	0,3916
8	0	0,0068	0,014	0,049	0,099	0,1965
12	0	0,006136	0,01227	0,04909	0,0982	0,196228
16	0	0,006136	0,012272	0,049087	0,098167	0,196281
20	0	0,006136	0,012272	0,049087	0,098169	0,196306

Можно сделать вывод, что по мере отдаления от нулевой частоты Доплера, уровень боковых лепестков увеличивается. Полуширина предельной области от $l=0$ до $l=1/16*N$ для различных сигналов дает область с достаточно малым уровнем боковых лепестков для обеспечения раздельного обнаружения судов. Скорость судов, для радаров 3 см диапазона, при этом может составлять до 25 узлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошевой В.М. Синтез составных многофазных сигналов// Радиоэлектроника.-1988.-№ 8.- с.56-58.
2. Кошевой В.М., Купровский В.И. Исследование свойств составных многофазных сигналов// Радиоэлектроника.-1991. - №8.- с. 63-66.

SIMPLIFICATION OF VHF DSC RADIOCOMMUNICATION AND INCREASING DSC EFFICIENCY

V.M. Koshevoy, DoTSc, Professor
D.A. Stavertii, cadet
Odessa national maritime academy

Digital Selective Calling (DSC) is one of the basic features of GMDSS radio communication subsystems. In accordance with Recommendation ITU - R M.493 "Digital Selective - Calling System for Use in the Maritime Mobile Service" all radio-telephone transmissions of any priority (distress, urgency, safety and routine) must be preceded by the proper digital selective call. Nevertheless, the procedures of radio communication with the use of DSC are often neglected either in cases of distress or with other priorities.

The reasons for such neglect were analyzed in detail in document COMSAR 8/4/1 "Simplification of DSC equipment and procedures", submitted by Finland on 27 November 2003.

An important objective of the VHF radio communication improvement is the development and implementation of such technical improvements which could give certain abilities to:

1. Simplify the process of providing DSC radio communication.
2. Select the called/calling vessel among others which are displayed on the electronic navigational chart.

The completion of these two tasks can be achieved within the frames of the currently used vessel equipment through the integration of the VHF DSC controller and the navigation equipment composed of the Automatic Identification System (AIS) and the Electronic Chart Display and Information System (ECDIS).

Currently AIS is an obligatory equipment to be carried on board all vessels ECDIS has been mandated recently, nevertheless even now it is widely used as a supplement to the traditional paper charts. AIS provides for the exchange of information which includes an identification number (MMSI).

The combination of the VHF DSC equipment with the AIS-ECDIS system allows:

1. To eliminate, practically, the procedures of DSC forming while substituting manual operations by a computer mouse "click" on the ECDIS display.
2. To provide the authentication of a calling vessel on the electronic chart and thus to make the process of attachment of the called/calling vessel to the navigation situation automatically.

During the manual preparation of the call procedure, as it is provided in the existing system, an operator has to make an individual call to a vessel/coast station and for this purpose has to enter a nine-character long digital identifier (MMSI) and working channel number. While doing this, about 20 pressings of the DSC controller keyboard buttons are required. More difficult calls require more key pressing. The

proposed method gives the ability to form a call through a mouse click only on the chosen vessel (or the coast station).

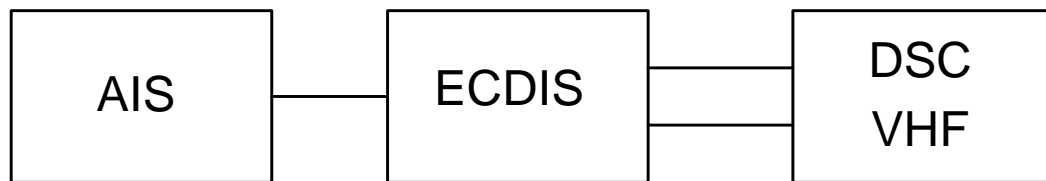


Fig. 1 DSC VHF - ECDIS connection by means of bidirectional interface

Integration of the DSC-VHF and AIS-ECDIS may be realized through a separate interface block connected to the DSC equipment of any equipment manufactures. Replacement of the DSC equipment is thus not required. Appropriate scheme is presented in the figure below. Connection of DSC VHF equipment and ECDIS is implemented by means of bidirectional interface.

Integration of the DSC-VHF and AIS-ECDIS requires no changes to the existing radio communication operational procedures. All regular DSC forming and viewing functions are saved. What is essential is that the present manual method of forming/viewing calls will be preserved as a supplementary means to the automatic method of forming/viewing calls in the AIS-ECDIS system.

VHF DSC integration with the AIS-ECDIS will ensure further enhancement of safety of navigation while simplifying the navigator's interface with radio communication and navigational equipment and accelerating actions of operator.

This suggestion is fully compatible with the electronic navigation development strategic direction which envisages further development of means of radio communication and navigation and the implementation of modern digital information technologies in navigation.

LITERATURE

1. COMSAR 8/4/1.
2. COMSAR 11/14/1.
3. COMSAR 14/7.
4. NAV 53/14/1.
5. Resolution MSC.74 (69).
6. TransNav 2011. Increasing Maritime Safety: Integration of the Digital Selective Calling VHF Marine Radiocommunication System and ECDIS. Mykhaylo V. MIYUSOV, Vitaliy M. KOSHEVOY, Aleksandr V, SHISHKIN. Paper printed in: Navigational System and Simulators.

ФОРМИРОВАНИЕ НУЛЕВЫХ ЗОН КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ СОСТАВНЫХ МНОГОФАЗНЫХ СИГНАЛОВ

В.И. Купровский, к.т.н., доцент

А.А. Шершнёва, курсант

Одесская национальная морская академия

Решение большинства задач, связанных с обработкой информации в системах радиосвязи, радиолокации, радионавигации в значительной мере зависит от вида и структуры сигнала, применяемого в качестве носителя обрабатываемой информации. В последнее время в указанных информационных системах находят широкое применение сложные (большебазовые) сигналы, формируемые за счет модуляции одного или нескольких информационных параметров. Разновидностью сложных сигналов являются фазомодулированные, и в частности, составные многофазные сигналы (СМС) с параболическим законом изменения фазы:

$$\varphi_n = \frac{nT_0^2}{4} \left\{ \alpha [2n_0 - (N_B + 1)]^2 + \beta N_B^2 [2n_1 - (N_B + 1)]^2 \right\} \quad (1)$$

где $n_0 = n - E[(n-1)/N_B]N_B$; $n_1 = n - E[(n-1)/N_B] + 1$; $E(x)$ – целая часть числа;

T_0 – длительность отсчета (дискрета);

N_B – количество отсчетов в базовой (модулирующей) последовательности;

N_B – количество отсчетов во внешней (модулируемой) последовательности;

α, β – коэффициенты, определяющие скорость изменения фаз от дискрета к дискрету базовой и внешней последовательностей соответственно;

$N_B \cdot N_B \cdot T_0 = T$ – длительность сигнала.

Однако в большинстве практических приложений возникает необходимость формирования сложных сигналов, имеющих нулевой уровень боковых лепестков в заданной зоне (по оси времени и частоте).

В работе предложен алгоритм формирования зон автокорреляционной функции с нулевым уровнем боковых лепестков. Он основан на подавлении боковых лепестков на выходе согласованного фильтра.

Подавление боковых лепестков реализуется в соответствии со схемой, приведенной на рис.1, которая реализует алгоритм, описываемый соотношением:

$$\sum_{i=1}^m A_{i+l-1} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{l+m-1} A_{|i+l-j-1|} \cdot k_j = 0 \quad (2)$$

где A_{i+l-1} – модуль i -го пика, пронормированный и задержанный на l ; m – количество подавляемых боковых лепестков; k_j – нормировочный коэффициент.

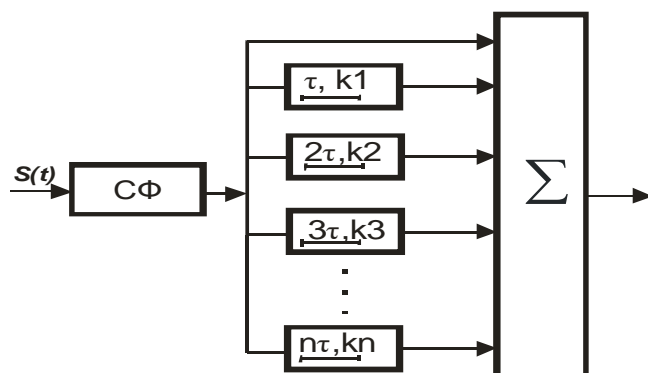


Рис.1 Структурная схема алгоритма квазиоптимальной обработки СМС

Рисунок 2 иллюстрирует возможность обнаружения и разрешения в пределах нулевой зоны двух полезных сигналов, амплитуда которых примерно в два раза меньше уровня боковых лепестков.

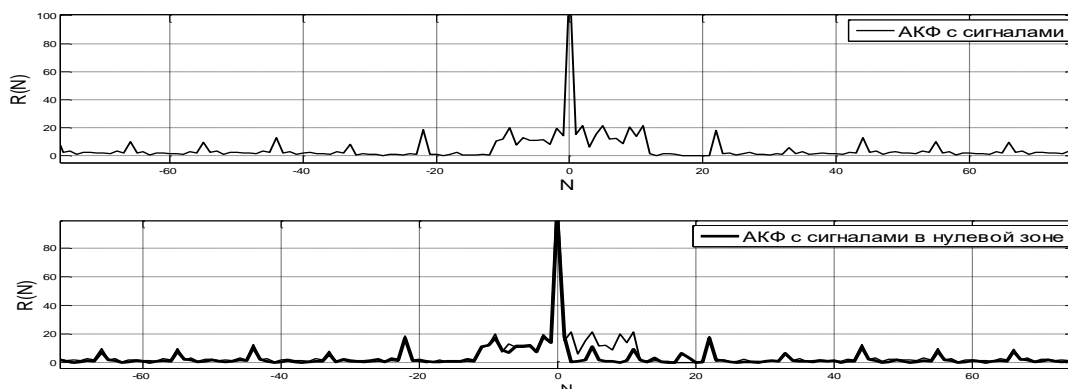


Рис.2 Обнаружение сигналов в пределах нулевой зоны на фоне БЛ

Рассмотренный способ квазиоптимальной обработки фазомодулированных сигналов и, в частности, бинарных фазоманипулированных последовательностей, дает возможность полного подавления БЛ практически в пределах всей длительности сигнала. Кроме того, данный метод достаточно прост с точки зрения аппаратной реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. - М. :Радио и связь, 1985.-384с.
2. Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. -М.: Техносфера, 2007.- 488с.
3. Кошевой В.М., Купровский В.И. Исследование свойств ВФН составных многофазных сигналов //Изв. Вузов СССР. Сер. Радиоэлектроника.- 1991.-Т.34.,N8.-С.-63-66.

СРЕДСТВА АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ РАДИОИМПУЛЬСОВ

В.А. Завадский, к.т.н., профессор
Д.А. Захарченко, аспирант
О.И. Дума, инженер
Одесская национальная морская академия

В радиотехнике имеет существенное значение визуализация импульсных радиосигналов, что позволяет глубже анализировать процессы, происходящие в электронных устройствах. В работе представлена программа (рис 1.), позволяющая облегчить проверку параметров импульса.

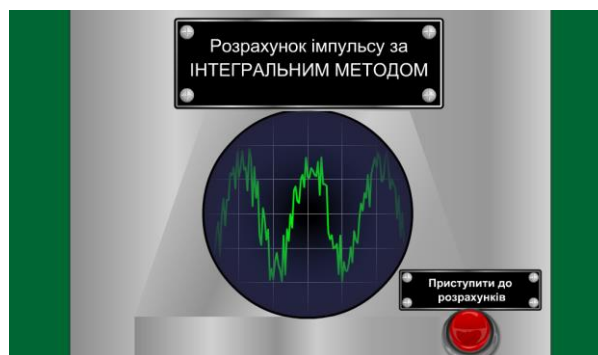


Рис. 1 Вид начального окна приложения

В качестве среды разработки выбран пакет Macromedia Flash MX (т.е. 6-я версия программы), то есть скриптового языка Action Script 1.0. Такой выбор был обусловлен такими факторами:

- плагин для воспроизведения Flash технологии свободно доступен и чаще всего включается в современные программы-обозреватели (браузеры);
- среда разработки предоставляет сравнительно более удобные инструменты для построения мультимедийных приложений, чем традиционные среды разработки (Microsoft Visual Studio, Borland C Builder, Borland Delphi и другие), что положительно влияет на скорость разработки приложения;
- нетребовательность платформы к ресурсам позволяет использовать полностью графический интерфейс, делая полученный продукт максимально дружелюбным пользователю с минимальной подготовкой, то есть продукт с по-настоящему «интуитивно-понятным интерфейсом».
- возможность кроме ввода параметров точек непосредственно с клавиатуры, использовать для этих целей манипулятор типа «мышь».

Описание алгоритма работы приложения

Одной из основных особенностей предложенного мной приложения является, несмотря на полную «линейность» процесса ввода параметров импульса интегральным методом, возможность возврата к предыдущей точке без потери

уже введенных амплитуд остальных точек. В остальном алгоритм расчета линейен и выглядит следующим образом:

1. Пользователь вводит параметры измерения сигнала(рис. 2):
 - a. Коэффициент отклонения [В/деление];
 - b. Шаг дискретизации [с];
 - c. Количество точек [отвлеченные единицы];
 - d. Максимальное отрицательное значение амплитуды импульса [отвлеченные единицы].



Рис. 2 Окно ввода параметров измерения сигнала

2. Переход к режиму конструктора(рис. 3), в этом режиме пользователь сам выбирает метод ввода значений амплитуд точек импульса:

- a. Ввод амплитуды с клавиатуры (числа с клавиатуры соответствуют амплитудам в относительных единицах, «клетках» миллиметровой бумаги)
- b. Ввод амплитуд с помощью манипулятора типа «мышь», для этого нужно нажать на кнопку-триггер «Триггер использования мыши» и делать необходимые нажатия *левой кнопкой «мыши»* на области построения.

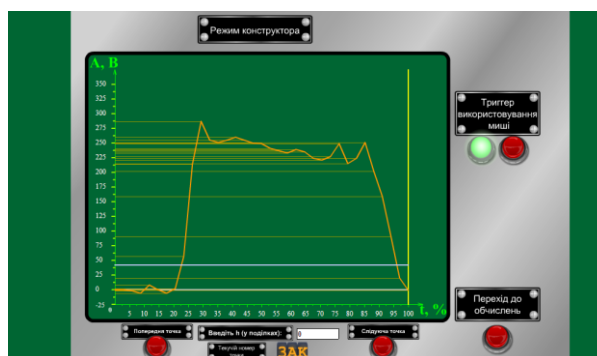


Рис.3 Режим конструктора

Важно заметить, что любой из методов заменим в любое время построения, для этого нужно лишь перевести кнопку-триггер в нужное состояние.

3. Нажать на кнопку «Переход к расчетам», этим самым перевести приложение в режим расчета таблицы степеней амплитуд точек импульса. Таблица строится с учетом совместимости с текстовым редактором Microsoft Notepad (рис. 4).

Рис. 4 Окно таблицы степеней амплитуд импульса

4. Получить расчет интегральных величин импульса (с первого по четвертый порядков), обобщенных амплитуды и длительности. Полученный текст расчетов также оптимизирован под получение всей информации одним текстовым блоком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Файл встроенной справки в Macromedia Flash MX.
2. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
3. English J. Macromedia Flash 8: Training from the Source, 652 с.
4. Бурлаков Е.В. Macromedia Flash 8. Самоучитель. – С.-Пб.: «Питер», 2005. – 486 с.

УДК 621.396.967:629.5

ОПТИМІЗАЦІЯ ФІЛЬТРІВ, ЩО ПРИГНІЧУЮТЬ БІЧНІ ПЕЛЮСТКИ ДЛЯ СИНГУЛЯРНИХ ВИПАДКІВ

В.М. Кошевий, д.т.н., професор

Н.Є. Ортіна, аспірант

Одеська національна морська академія

Як відомо, для витягання широкосмугової інформації, що міститься в сигналі вимагається використовувати складніші приймальні системи в порівнянні з системами для простого імпульсного радіолокатора. Такі приймальні системи отримали назву систем обробки сигналу за допомогою погоджених фільтрів або систем погодженої фільтрації сигналу. Але ідеальної періодичної АФК бічних пелюсток можна досягти шляхом відмови від погодженої фільтрації на користь спеціальної обробки, неузгодженої, дозволяє подавити бічні пелюстки на усьому періоді сигналу.

Існує послідовність на вході фільтру $\dots, a_{i-1}, a_i, a_{i+1}, \dots$ довжиною N , яка маніпулює фільтр як це показано на рис.1., де $b_i, i=0, 1, \dots, N-1$ - балансні коефіцієнти.

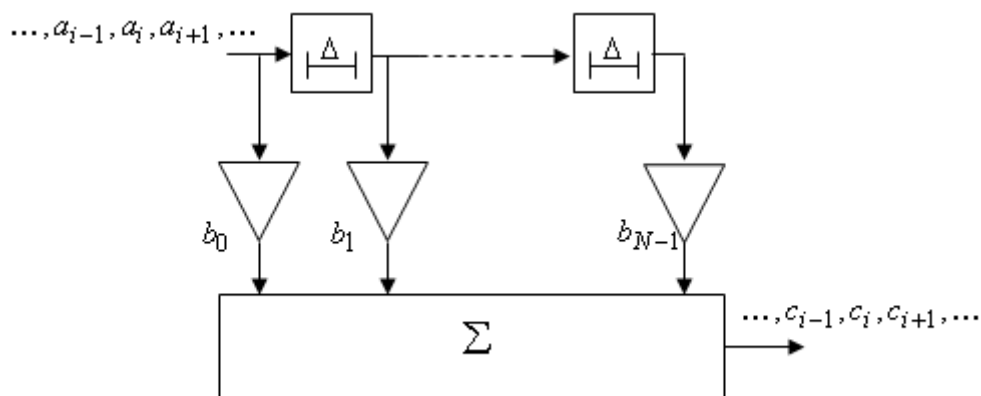


Рис.1 FIR фільтр для послідовності довжини N

У принципі, те, що представлено нижче, може бути застосоване до послідовностей довільного фільтру, проте представляється раціональним обмежитися тільки бінарним $\{\pm 1\}$ алфавітом, оскільки поза цим обмеженням існує безліч послідовностей з ідеальною періодичною АКФ, тим самим позбавляючи завдання пригнічення бічних пелюсток обґрунтованої мотивації.

Відповідно, покладемо, що коефіцієнти фільтру $b_i, i = 0, 1, \dots, N-1$ є речовими. При поданні послідовності $a_i, i = \dots, -1, 0, 1, \dots$ відгук фільтру описується послідовністю $c_i, i = \dots, -1, 0, 1, \dots$ елементи якої знаходяться операцією згортки.

$$c_i = \sum_{l=0}^{N-1} a_{i-l} b_l, \quad i = \dots, -1, 0, 1, \dots \quad (1)$$

При періодичній вхідній послідовності $a_i = a_{i+N}, i = \dots, -1, 0, 1, \dots$ вихідна також буде періодичною з тим же періодом N : $c_i = c_{i+N}, i = \dots, -1, 0, 1, \dots$. Тоді N елементів c_0, c_1, \dots, c_{N-1} повністю визначають вихідну послідовність, і c_i стає циклічною згорткою

$$c_i = \sum_{l=0}^{N-1} a_{i-l} b_l, \quad i = 0, 1, \dots, N, \quad (2)$$

де віднімання в індексі здійснюється по модулю N .

Пред'явимо до фільтру наступні вимоги

$$c_0 \neq 0, \quad c_i = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N-1, \quad (3)$$

фізичний сенс яких полягає в тому, що вихідний сигнал фільтру має ненульову основну пелюстку, що повторюється з періодом $N\Delta$ тоді як усі бічні пелюстки між ними дорівнюють нулю. Подібний фільтр, що називається надалі фільтром пригнічення бічних пелюсток (ФПБЛ) (sidelobe suppression filter (SLSF)), імітує своїм відгуком ідеальну періодичну АКФ. Оскільки для бінарних кодів ідеальна АКФ не досяжна (за винятком єдиного тривіального сигналу), то ФПБЛ є таким, що розузгоджує і, отже, поступається погодженому фільтру у відношенні сигнал-шум.

Зробимо розрахунок вагових коефіцієнтів W фільтру для $N=4$ і для сигналу $1 \ 1 \ -1 \ -1$.

$$S_0 = 1; \ S_1 = 1; \ S_2 = -1; \ S_3 = -1 \quad \Delta = 0,01$$

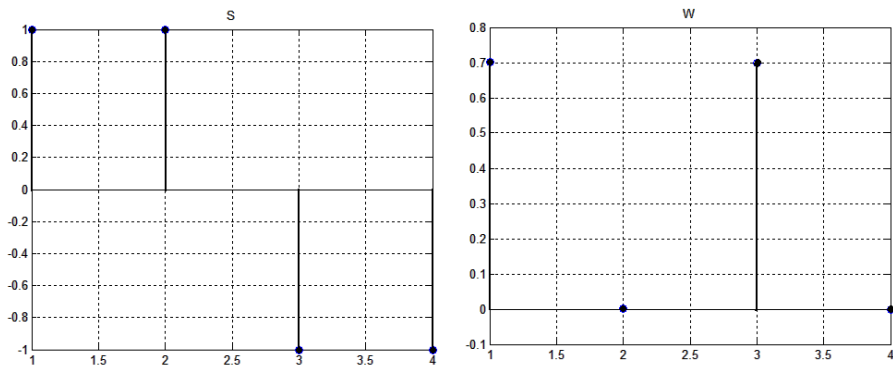


Рис.2 Сигнал S і вагові коефіцієнти фільтру для $N=4$

Для перевірки представимо вихідний сигнал з пригніченими бічними коефіцієнтами R_N

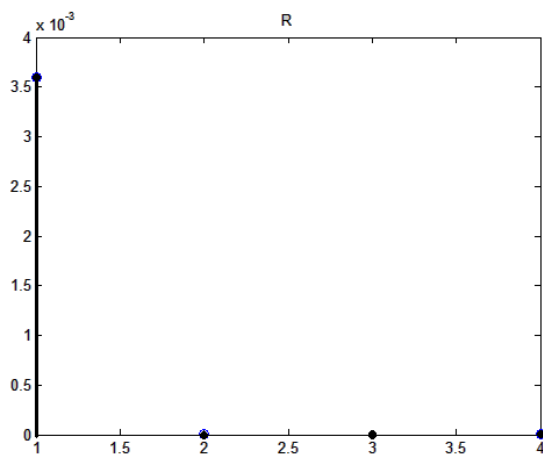


Рис.3 Вихідний сигнал фільтру

Втрати по шумах складають:

$$\rho = 0,125 \quad \Delta = 0,1$$

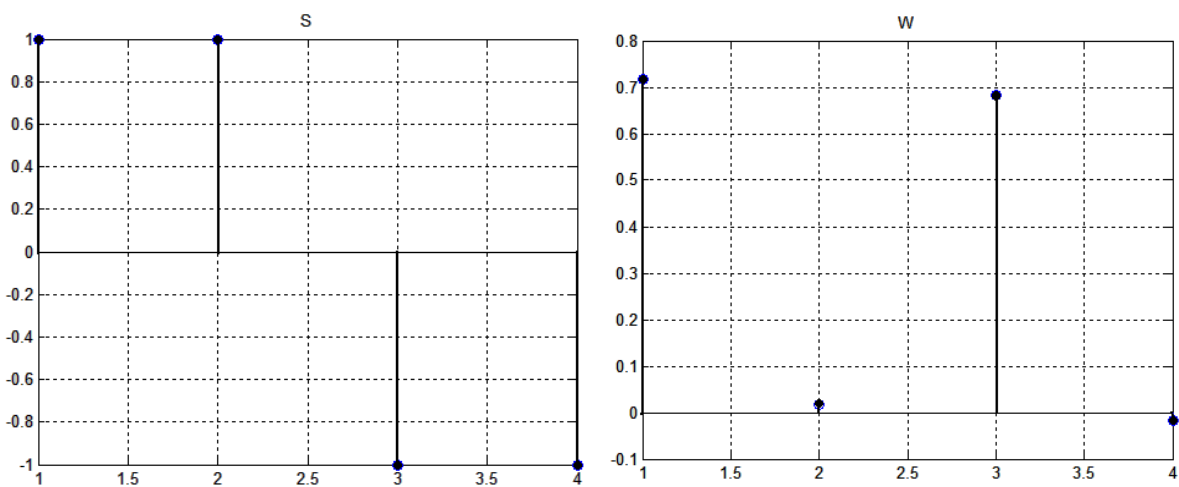


Рис.4 Сигнал S і вагові коефіцієнти фільтру для $N=4$

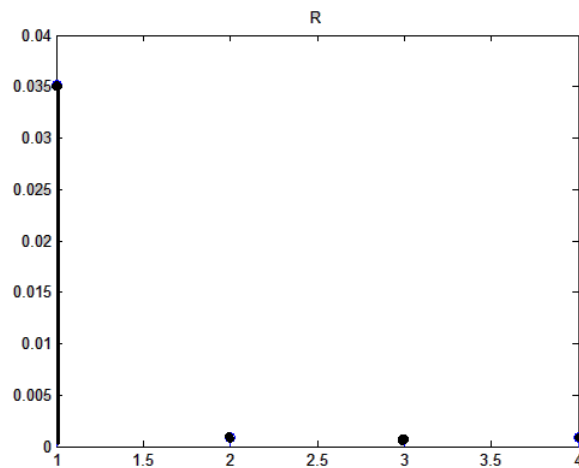


Рис.5 Вихідний сигнал фільтру

Втрати по шумах складають: $\rho = 0.131$

У висновку відзначимо, що використовуючи таку обробку сигналів можна значно підвищити ефективність виявлення об'єктів на морі і забезпечити більш вдосконалену роботу РЛС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цифровая обработка сигналов/ А.Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2003. – 604 с.: ил.
2. В.М.Кошевой, М.Б. Свердлик, Радиотехника и электроника ,1976,6,1227.
3. Теоретические основы радиолокации./ Под ред. Я.Д. Ширмана. Москва, 1970.560с.

Для нотаток

Наукове видання

Матеріали
науково-методичної конференції
"Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки"
12.12.2012 – 13.12.2012

Верстка Глазева О.В.

Підписано до друку 16.01.2013. Формат 60×84/16.
Обл.-вид. арк. 6,74. Наклад 300. Зам. № И13-01-38.

ОНМА, центр „Видавінформ”
Свідоцтво ДК № 1292 от 20.03.2003
65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8
тел./факс: (0482) 34-14-12
publish@ma.odessa.ua